

**PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARA LA CONTRATACIÓN  
DEL SUMINISTRO Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE UNIDADES DE MATERIAL MÓVIL  
EQUIPADAS PARA LA PRIMERA FASE DE LA RED TRANVIARIA UNIFICADA EN EL ÁREA  
DE BARCELONA**

**(EXP. C-24/2021)**

**Marzo 2022**

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>3</b>
1.1. ANTECEDENTES _____	3
1.2. SITUACIÓN ACTUAL _____	6
<b>2. OBJETO.....</b>	<b>7</b>
<b>3. ALCANCE DEL SUMINISTRO.....</b>	<b>8</b>
<b>4. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL MATERIAL MÓVIL.....</b>	<b>10</b>
4.1. DEFINICIONES, ABREVIATURAS Y REFERENCIAS _____	10
4.2. CONDICIONES PREVIAS _____	11
4.3. CARACTERÍSTICAS GENERALES _____	11
4.4. PRESTACIONES DEL MATERIAL MÓVIL ACTUAL DE REFERENCIA _____	45
4.5. ESPECIFICACIÓN DE LAS INTERFACES DEL MATERIAL MÓVIL. _____	48
4.6. GESTIÓN DE LAS UNIDADES MÚLTIPLES _____	52
<b>5. ORGANIZACIÓN EN LA EJECUCIÓN DEL CONTRATO EN LO QUE RESPECTA A LA INTERLOCUCIÓN, COORDINACIÓN Y SUPERVISIÓN.....</b>	<b>52</b>
<b>6. RECURSOS HUMANOS.....</b>	<b>54</b>
<b>7. CONDICIONES DE EJECUCIÓN.....</b>	<b>54</b>
7.1. LUGAR DE ENTREGA _____	54
7.2. PLAZOS DE ENTREGA _____	55
7.3. GARANTÍA Y FORMACIÓN _____	55
7.4. CALIDAD DEL SUMINISTRO Y CONDICIONES DE RECEPCIÓN _____	61
<b>8. CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN.....</b>	<b>68</b>
8.1. CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL _____	68
8.2. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES _____	68
8.3. SISTEMA DE CALIDAD _____	68
8.4. SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL _____	69
<b>9. PROPUESTA TÉCNICA.....</b>	<b>70</b>
9.1. ESPECIFICACIÓN DEL MATERIAL MÓVIL OFRECIDO _____	70
9.2. PLANOS/ESQUEMAS DE PRINCIPIO DEL VEHÍCULO PROPUESTO _____	71
9.3. PROCESO DE EJECUCIÓN DEL CONTRATO _____	71
9.4. PLAN DE CALIDAD _____	72
9.5. PLAN DE MANTENIMIENTO _____	72
9.6. PLAN DE ENSAYOS Y PRUEBAS _____	72
9.7. MEJORAS _____	73
<b>10. VISITAS A LAS INSTALACIONES Y FLOTA ACTUALES.....</b>	<b>73</b>
<b>ANEXO: TABLA RESUMEN REQUISITOS.....</b>	<b>74</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

La Disposición adicional tercera de la Ley 4/2006, de 31 de marzo, ferroviaria, establece que "La red tranviaria del Trambaix y el Trambesòs es de titularidad de la Generalitat. Esta red se planifica, se ordena y se concede de acuerdo con lo que establecen el Decreto 200/1998, de 30 de julio, por el que se delegan competencias para la implantación del sistema de tranvía/metro ligero en el corredor Diagonal-Baix Llobregat y se encarga la Gestión de determinadas funciones a la Autoritat del Transport Metropolità, y el Acuerdo del Gobierno de 9 de octubre de 2001, de delegación de competencias para la implantación del sistema de tranvía/metro ligero en el corredor Diagonal (plaza Glòries-Besos) en la Autoritat del Transport Metropolità".

Posteriormente, la Ley 5/2017, de 28 de marzo, de medidas fiscales, administrativas, financieras y del sector público y de creación y regulación de los impuestos sobre grandes establecimientos comerciales, sobre estancias en establecimientos turísticos, sobre elementos radiotóxicos, sobre bebidas azucaradas envasadas y sobre emisiones de dióxido de carbono, añadió un apartado, el 3, a la disposición adicional tercera de la Ley 4/2006, de 31 de marzo, ferroviaria, con el siguiente texto:

*"3. Las redes tranviarias definidas por el apartado 1 quedan integradas en el sistema tranviario unificado del área de Barcelona de titularidad de la Generalitat.*

*La ATM ejerce las funciones de planificación, ordenación, construcción y gestión en relación con dicha red unificada con el alcance y en los términos que le sean encomendados."*

Así pues, la ATM en ejercicio de estas funciones requiere 3 nuevas unidades de material móvil adicional para la operación de la primera fase de la conexión de las redes tranviarias e implantación de una red tranviaria unificada.

### 1.1. ANTECEDENTES

El Plan Director de Infraestructuras contempla, dentro de la actuación XT01, "Articulación de las redes tranviarias en Barcelona", la conexión de las dos redes actuales del tranvía (Trambaix y Trambesòs).

En fecha 1 de marzo de 2016, se suscribió el Protocolo de colaboración entre la Generalitat de Catalunya, el Ayuntamiento de Barcelona y la Autoritat del Transport Metropolità de Barcelona (ATM) para la articulación de las redes Trambaix y Trambesòs, y la implantación de una red tranviaria unificada y determinó los compromisos de las partes al respecto.

En fecha 30 de mayo de 2016, la Generalitat de Catalunya emitió una resolución mediante la cual se encarga a la ATM, el inicio de los trabajos preparatorios para el desarrollo del Protocolo de colaboración de fecha 1 de marzo de 2016, suscrito entre la Generalitat de Catalunya, el Ayuntamiento de Barcelona y la ATM para la articulación de las redes Trambaix y Trambesòs, y la implantación de una red tranviaria unificada.

La ATM y el Ayuntamiento de Barcelona formalizaron un Convenio de colaboración el 22 de julio de 2016 para la coordinación de la redacción del estudio informativo y del proyecto ejecutivo para la implantación de la red tranviaria unificada, que fue modificado mediante la adenda de fecha 5 de octubre de 2017.

En fecha 27 de junio de 2017, el Comité Ejecutivo de la ATM, acordó la aprobación inicial, afectos de tramitación administrativa, del estudio informativo para la conexión de los sistemas tranviarios del Trambaix y del Trambesòs, llevado a cabo por la ATM con la colaboración del Ayuntamiento de Barcelona.

De acuerdo con lo que establece el artículo 10.5 de la Ley 4/2006, de 31 de marzo, ferroviaria, se procedió a dar a conocer los documentos elaborados mediante el trámite de audiencia a los entes locales afectados, un trámite de información institucional en los departamentos de la Generalitat y las demás administraciones competentes con incidencia en el objeto del estudio y un trámite de información pública para que las personas interesadas pudieran formular alegaciones sobre el interés general de la infraestructura, la concepción global del trazado o la compatibilidad medioambiental.

En cumplimiento del artículo 10 de la Ley 4/2006, de 31 de marzo, ferroviaria, y del artículo 83 de la Ley 39/2015, de 1 de octubre, del Procedimiento Administrativo Común de las administraciones públicas, se procedió al trámite de audiencia e información pública. Este trámite se inició con la publicación en el *Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya*, en fecha 3 de julio de 2017 (DOGC número 7403), pudiendo ser consultado el citado Estudio Informativo en la sede de la ATM durante el plazo de dos meses desde la publicación del anuncio en el DOGC, ampliado posteriormente con un mes adicional.

El 4 de julio de 2017, la ATM tramitó el documento ambiental del estudio informativo en el Departamento de Territorio y Sostenibilidad de la Generalitat de Catalunya (DTES) en cumplimiento del artículo 10.2 de la Ley 4/2006, de 31 de marzo, ferroviaria, y según la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.

En fecha 10 de julio de 2017, el Comité de dirección para la redacción del proyecto constructivo para la articulación de las redes Trambaix y Trambesòs, y la implantación de una red tranviaria unificada acordó que, aunque el proyecto debía considerarse como una unidad, el proyecto se ejecutaría en dos fases sucesivas: la primera cubriendo el tramo Glòries-Verdaguer (“Primera Fase de la Red Tranviaria Unificada”) y la segunda el tramo Verdaguer-Francesc Macià (“Segunda Fase de la Red Tranviaria Unificada”).

Mediante Resolución de 30 de octubre de 2017 (DOGC número 7540, de 22 de enero de 2018), el DTES emitió el informe de impacto ambiental sobre el estudio informativo, por el que se determinaba que el Proyecto no debía someterse a una evaluación de impacto ambiental ordinaria, dado que la actuación prevista no tiene efectos significativos en el medio ambiente si se adoptan las medidas preventivas y correctoras incluidas en el documento ambiental. Eso sí, previamente al inicio de las obras, se constituirá una comisión mixta de seguimiento y control ambiental entre el promotor y el órgano ambiental. Esta comisión velará por el contenido, la periodicidad, la aplicación y la época de realización de las medidas preventivas, correctoras y complementarias que señalan el documento ambiental y la mencionada Resolución.

En fecha 6 de marzo de 2018, el Consejo de Administración de la ATM acordó aprobar el informe del equipo técnico de la ATM sobre las alegaciones presentadas en el estudio informativo para la unificación de las redes tranviarias; darse por enterado del escrito del Ayuntamiento de Barcelona en el que manifestaba que, en cuanto al trazado, se decantaba por la opción 1 del estudio informativo, y constaba que esta solución no tenía objeción técnica por parte del Área de Movilidad de la ATM, así como tomó en consideración las peticiones del Ayuntamiento de Barcelona efectuadas en el seno de la comisión mixta con la ATM, para que se implantara el sistema de alimentación continua por tierra ACT y se ejecutara el proyecto que debe considerarse como una unidad, en dos fases sucesivas: Glòries-Verdaguer y Verdaguer-Francesc Macià.

En la misma sesión del Consejo de Administración de la ATM de 6 de marzo de 2018, se facultó al Director general de la ATM para llevar a cabo las negociaciones que fueran necesarias con el Ayuntamiento de Barcelona o cualquier otro actor implicado para la redacción del acuerdo de colaboración previsto en el Protocolo de colaboración entre la Generalitat de Catalunya, el Ayuntamiento de Barcelona y la Autoritat del Transport

Metropolità de Barcelona para la articulación de las redes Trambaix y Trambesòs, y la implantación de una red tranviaria unificada de fecha 1 de marzo de 2016.

Una vez acordados los términos de este acuerdo de colaboración, se resolvió trasladar al Comité Ejecutivo de la ATM este acuerdo para su validación, así como una vez el Ayuntamiento de Barcelona aprobara formalmente el acuerdo de colaboración necesario, se facultó al Director general para que lo firmara en nombre de la ATM y aprobara definitivamente el estudio informativo para la unificación de las redes tranviarias en los términos presentados en el Consejo de Administración.

En fecha 18 de marzo de 2019, tuvo entrada en el registro de la ATM la comunicación del Ayuntamiento de Barcelona, adjuntando la notificación del acuerdo del Plenario del Consejo Municipal adoptado en la sesión del día 25 de enero de 2019, por el que se acordó, entre otros aspectos, avalar la conexión de la red tranviaria por la Diagonal y en superficie.

En fecha 22 de mayo de 2019, el Consejo de Administración de la ATM acordó facultar al Director general de la ATM a efectuar la aprobación definitiva del estudio informativo, de acuerdo con las necesidades operativas para la conclusión de los trabajos del proyecto constructivo de la unión de las redes tranviarias y crear un grupo de trabajo ATM-Ayuntamiento de Barcelona para analizar los aspectos planteados en el punto tercero del acuerdo del Plenario Municipal del Ayuntamiento de Barcelona del día 25 de enero de 2019, notificado a la ATM en fecha 18 de marzo de 2019.

En fecha 25 de junio de 2019, el Director general de la ATM aprobó de forma definitiva el estudio informativo, seleccionando la alternativa 1: Tranvía por la Av. Diagonal en superficie, a desarrollar en el proyecto ejecutivo.

En fecha 29 de julio de 2020, el Consejo de Administración de la ATM aprobó el proyecto ejecutivo de la “Conexión del Trambaix y del Trambesòs. Implantación de una red tranviaria unificada. Fase 1: Pl. Glòries - Verdaguer” con un presupuesto de 36.655.479,31 € (IVA excluido).

En cumplimiento de la legislación vigente, la ATM tramitó durante el pasado mes de febrero de 2020 el Proyecto en el Ayuntamiento de Barcelona, en Tramvia Metropolità del Besòs, SA y en el ADIF, que respondieron favorablemente o con consideraciones poco significativas en relación con el contenido de los Proyectos.

En paralelo, el Ayuntamiento de Barcelona procedió a la redacción de los proyectos de urbanización en el ámbito de la Diagonal de Barcelona entre la calle Bailen y la plaza Glòries Catalanes en torno al proyecto tranviario.

Dado que la implantación de la Red Tranviaria Unificada a la trama urbana tendrá impacto sobre peatones, bicicletas, vehículos privados y transporte público, el Ayuntamiento de Barcelona y la ATM consideraron adecuado por razones técnicas, de eficacia en la construcción, de disminución de las molestias a los ciudadanos, de mejora de los plazos de ejecución y de reducción de costos, formalizar un acuerdo a efectos de coordinar las competencias de ambas Administraciones y promover procedimientos de contratación conjunta de conformidad con lo previsto en el artículo 31.3 de la Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público.

En ejecución de todo lo expuesto anteriormente, el Ayuntamiento de Barcelona y la ATM han elaborado un convenio para establecer los mecanismos de colaboración interinstitucional para posibilitar la implantación y ejecución de la Primera fase de la Red Tranviaria Unificada y los proyectos de urbanización asociados y la finalización de los trabajos de planificación de la Segunda fase de la Red Tranviaria Unificada, con la finalidad de acordar los cometidos del Ayuntamiento de Barcelona y de la ATM.

En fecha 21 de diciembre de 2020, el Consejo de Administración de la ATM aprobó la prórroga de Convenio y facultó al Director general de la ATM para su suscripción, finalmente, en fecha 16 de febrero de 2021.

Los pactos del citado Convenio recogen que la ATM se responsabilizará de los proyectos correspondientes a sus competencias, entre ellos la adquisición de las nuevas unidades de material móvil necesarias para la nueva explotación.

## 1.2. SITUACIÓN ACTUAL

La red del tranvía Diagonal – Baix Llobregat (en adelante, Trambaix) fue inaugurada en una primera fase el 3 de abril de 2004. En los años 2006 y 2007, entraron en servicio dos fases adicionales, ampliando el servicio de tranvía a la Carretera Reial de Sant Just Desvern y hasta la entrada de Sant Feliu de Llobregat, hasta obtener la configuración actual. Actualmente, sobre una red de 15,1 km de longitud, una flota de 23 tranvías presta servicio a 3 líneas –T1, T2 y T3– y un total de 27 paradas de 6 municipios: Barcelona, L’Hospitalet de Llobregat, Esplugues de Llobregat, Cornellà, Sant Joan Despí y Sant Just Desvern.

La red de tranvía Sant Martí – Besòs (en adelante, Trambesòs) fue inaugurada en una primera fase el 9 de mayo de 2004 y no fue hasta junio de 2008, después de la entrada en servicio de 3 fases adicionales, que se obtuvo su configuración actual. Actualmente, la red Trambesòs tiene una longitud de 14,0 km y una flota de 18 tranvías, que presta servicio a 3 líneas –T4, T5 y T6– y un total de 29 paradas de 3 municipios: Barcelona, Sant Adrià de Besòs y Badalona.

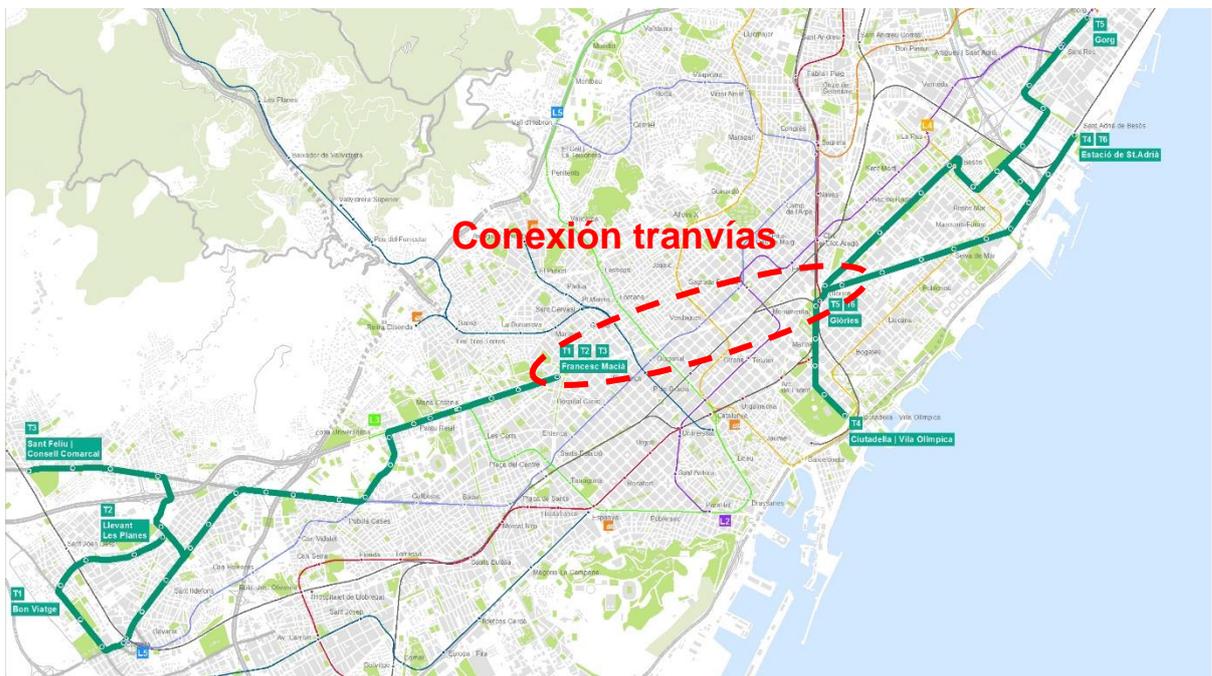


Fig. 1 Red tranviaria del Área de Barcelona en su configuración actual y ámbito de la conexión.

El éxito de la implantación del tranvía en el área de Barcelona ha sido rotundo, especialmente en el Trambaix, donde se incrementó en 2011 la flota inicial en 4 tranvías adicionales, hasta los 23 actuales, para poder servir el pico de demanda a la hora punta de la mañana.

TRAMBAIX	DATOS AÑO 2019	TRAMBESÒS
3 (T1-T2-T3)	N.º DE LÍNEAS	3 (T4-T5-T6)
15,1	LONGITUD RED (km)	14,0
29	PARADAS	27
23	FLOTA	18
15	TRAMOS/HORA PUNTA SENTIDO	8
1.512.195	VEHÍCULOS KM	1.030.952
17,63	VELOCIDAD COMERCIAL (km/h)	17,67
<b>20.219.502</b>	<b>VIAJES</b>	<b>9.543.665</b>

Fig. 2 Características e indicadores de las dos redes tranviarias. Año 2019.

Así pues, la flota actual está compuesta por 41 unidades, todas ellas del fabricante Alstom, del tipo Citadis 302, de 32,52 m de longitud, 2,65 m de ancho y 3,60 m de altura, con el pantógrafo bajado y una capacidad de 218 personas (64 plazas sentadas).

La flota, a pesar de ser construida en años diferentes (2003 para las 37 unidades iniciales y 2011 para las 4 últimas) y circular en dos redes independientes, es prácticamente idéntica con algunos matices distintos en los sistemas auxiliares embarcados.

Para la operación de la red tranviaria unificada, la ATM ha redactado un anteproyecto de explotación que prevé la necesidad de incorporar 18 nuevas unidades de tranvía, en las siguientes fases:

- 3 tranvías adicionales para la Fase 1, de Glòries a Verdaguer, con una previsión de funcionamiento en 2023.
- 15 tranvías adicionales para la Fase 2, de Verdaguer a Francesc Macià, con una previsión de funcionamiento en 2025.

Estas nuevas unidades, además de cumplir los requisitos para circular por el tramo de nueva construcción, tendrán que dar servicio también en las redes actualmente en funcionamiento, con sus preexistencias.

## 2. OBJETO

El objeto del presente Pliego de Prescripciones Técnicas es definir el alcance de los trabajos y fijar las condiciones técnicas que regirán el contrato de **suministro y puesta en funcionamiento de tres (3) unidades de material móvil** para la Fase 1 de la implantación de una red tranviaria unificada en el área de Barcelona.

Estas unidades son requeridas para la operación de la mencionada Fase 1, que es una ampliación de la red Trambesòs, actualmente en funcionamiento, por lo que irán destinadas a esta red. Sin embargo, está previsto que en el futuro (año 2025) circulen por toda la red tranviaria unificada, incluida la red Trambaix, por lo que en este Pliego se definen las características esenciales del material móvil de la red tranviaria unificada.

### **3. ALCANCE DEL SUMINISTRO**

El alcance comprende la totalidad de los trabajos necesarios para la fabricación, suministro y puesta en funcionamiento de tres (3) unidades de material móvil en la red tranviaria del área de Barcelona. Dentro del alcance también se incluye el transporte de las unidades al lugar de entrega indicado en la cláusula 7.1 del presente pliego de prescripciones técnicas.

Estas tres (3) unidades serán las necesarias para la operación de la Fase 1 (Glòries – Verdaguer) de la conexión del Trambaix y del Trambesòs e implantación de una red tranviaria unificada.

El material móvil a suministrar irá equipado con equipos a bordo que se instalarán por el subsistema "material móvil":

- Equipos del Sistema de Ayuda a la Explotación (SAE) embarcados
- Equipos del Sistema de Información al Viajero embarcados
- Equipos Radio embarcados
- Equipos de Señalización ferroviaria embarcados
- Equipos de Señalización viaria embarcados
- Equipos de billética embarcados
- Equipos relacionados con el conteo de pasajeros
- Equipos de videovigilancia (CCTV) embarcados
- Equipos del sistema de Alimentación Continua por Tierra (ACT) embarcados
- Otros equipos listados en estas especificaciones técnicas.

Los estudios de integración de estos equipos a bordo de los vehículos se gestionarán según interfaz por los distintos subsistemas y el material móvil.

El material móvil a suministrar debe ser compatible con ambas redes tranviarias (Trambaix y Trambesòs), con la conexión de ambas redes y, por lo tanto, deberá estar equipado de acuerdo a lo recogido en estas especificaciones técnicas.

Las características de la infraestructura tranviaria, que determinan el sistema de alimentación de las unidades de material móvil a suministrar, así como los equipos embarcados correspondientes, se regirán por lo establecido en este Pliego principalmente, pero también por los siguientes documentos:

- "Proyecto ejecutivo de transporte. Fase 1: Pl. Glòries – Girona. Conexión del Trambaix y Trambesòs. Implantación de una red tranviaria unificada".
- "Proyecto de sistemas y anteproyecto de explotación de la primera fase de la red tranviaria unificada"

Esta documentación estará a disposición de las empresas licitadoras en el siguiente [enlace](#).

Teniendo en cuenta que las tres (3) nuevas unidades circularán por el sistema tranviario Sant Martí-Besòs en primera fase y en un futuro, por el sistema tranviario Diagonal-Baix Llobregat y por su conexión por el centro de Barcelona, se cuidará el diseño de los vehículos de modo que, sin subestimar su funcionalidad, se integren en el entorno urbano de la red unificada tranviaria que se tendrá que operar y con las preexistencias existentes.

El alcance del presente contrato es el siguiente:

- Proyecto, fabricación, suministro (incluyendo la integración de los sistemas embarcados anteriormente mencionados), y puesta en servicio hasta la autorización de circulación con viajeros por parte del Servicio de Transporte Ferroviario y por Cable de la Generalitat de Catalunya de tres (3) unidades de material móvil tranviario.
- Listado de repuestos y herramientas especiales (incluida su valoración económica).
- El mantenimiento correctivo integral de las tres (3) unidades durante el período de garantía (ver apartado 7.3. ), adaptándose a las operativas de los talleres actuales. Cualquier extensión de la garantía que se ofrezca como mejora supondrá la extensión de igual forma del período de mantenimiento integral sin impacto en el precio final.
- Elaboración y entrega de manuales de mantenimiento y operación.
- Formación del personal de explotación que la ATM indique. (ver apartado 7.3.4. )
- Protocolos de pruebas y ensayos de materiales, equipos y sistemas.
- Entrega a la ATM de toda la documentación técnica necesaria para que sea autosuficiente en la adquisición de materiales no amparados por patentes de la empresa suministradora del vehículo y de sus equipos principales, por la que el adjudicatario se ve obligado a facilitar la documentación descrita y lista de empresas suministradoras de piezas y elementos empleados para la fabricación de los vehículos, así como los planos y esquemas eléctricos.
- Ejecución de pruebas estáticas y dinámicas de los vehículos, tanto en fábrica, como en talleres y cocheras como en las líneas en las que operarán, donde se probarán todas las funcionalidades con las que se equipen. Entrega de la documentación con los resultados obtenidos. Las pruebas serán las que se definan dentro del Plan de Aceptación/Plan Safety, que se realizarán con presencia de personal de la ATM o en quien esta delegue.
- Ejecución de todos los trámites necesarios hasta la obtención de los permisos de circulación necesarios tanto para el uso de las vías como para su uso ferroviario.
- Homologación de todos los componentes y sistemas que forman parte del vehículo, así como del mismo vehículo, de acuerdo con la normativa expuesta en el apartado 4.3.1.

## **4. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL MATERIAL MÓVIL**

En este punto se describen las especificaciones técnicas que debe tener el nuevo material móvil y, por lo tanto, los requisitos de obligado cumplimiento.

### **4.1. DEFINICIONES, ABREVIATURAS Y REFERENCIAS**

#### **4.1.1. Definiciones & Abreviaturas**

- MM: material móvil.
- SAE: sistema de ayuda a la explotación.
- CdV: circuito de vía.
- PIV: panel informativo del viajero.
- PMC: Centro de Control.
- PMR: Personas de Movilidad Reducida.
- US/UM: unidad simple/unidad múltiple.

#### **4.1.2. Referencias**

Los principales documentos de referencia aplicables para la determinación de los requerimientos son los siguientes:

- Condicionantes de trazado del tranvía de Barcelona.
- Descripción material móvil actual de referencia.
- Perfil de rueda a suministrar.
- Secciones de carril compatibles con las ruedas.
- Estudio de seguridad (Safety) genérico.
- Características de las líneas a operar.
- Proyectos ejecutivos fase 1 conexión tranvías, en particular el Proyecto de sistemas, garantizando la integración satisfactoria de los sistemas embarcados con la infraestructura.

Toda esta documentación de referencia se puede descargar haciendo clic en el siguiente [enlace](#).

## 4.2. CONDICIONES PREVIAS

En el diseño del material móvil se tendrán en cuenta, además de los requisitos y prestaciones definidos para el vehículo, los siguientes aspectos relacionados con el mantenimiento y la operación.

- **Mantenimiento:** se considerarán especialmente la modularidad, estandarización, intercambiabilidad y accesibilidad de los equipos y componentes para facilitar la disponibilidad de repuesto, reducir necesidades de almacén y disminuir el tiempo de mantenimiento, tanto en relación con la parada del vehículo como en relación con las necesidades de mano de obra.
- **Operación:** se tendrán que prever las medidas necesarias para que la utilización sea fácil y la operación segura y fiable.

Además, teniendo en cuenta que el nuevo material móvil circulará por las redes actuales, debe ser compatible con la infraestructura de vía, catenaria, sistemas, talleres y cocheras de las redes tranviarias actuales y considerar las mejoras aplicadas a la flota actual fruto del retorno de la experiencia, si estas no han sido solucionadas ya por la nueva configuración del material móvil.

## 4.3. CARACTERÍSTICAS GENERALES

- **Sistema de rodadura:** rueda de acero sobre carril de acero que evite el desgaste excesivo (ver en documentación de referencia tipos actuales de rueda y carril).
- **Tipo de vehículo:** la unidad básica será un vehículo autónomo, bidireccional, articulado, dos cabinas de conducción y con puertas a ambos lados.
- **Composición del tren:** la unidad básica permitirá la formación de trenes con una o dos unidades básicas, tanto entre las nuevas unidades como con las existentes. Para cualquiera de estas composiciones, el control de tracción-frenado, apertura/cierre de puertas, megafonía, red embarcada, etc., de las unidades integrantes de la composición se efectuará desde el puesto de conducción ocupado.
- **Vida útil:** la vida útil mínima del vehículo será de 30 años, con un recorrido anual aproximado de unos 75.000 km/año.
- **Lugar de conducción:** el vehículo llevará un puesto de conducción en cada frente.
- **Longitud:** la longitud de la unidad básica será aproximadamente de 32,52 m entre extremos de cabezas de enganche y la longitud de las unidades múltiples que se formarían deben poder ser accesibles desde la longitud de andén mínima de 62,4 m (sin rampas) de las redes tranviarias actuales (sin tener en cuenta la estación de Llevant|Les Planes), manteniendo la accesibilidad de las paradas en todas las puertas.
- **Ancho:** el ancho exterior de la unidad será de máximo 2.650 mm.
- **Altura del vehículo:** la altura de la unidad sobre la cabeza del carril, con pantógrafo bajado/plegado, no será mayor de 3.600 mm.
- **Altura del piso:** la totalidad del interior del vehículo tendrá el piso de la tipología 100 % piso bajo, para operar con andenes de 28 cm de altura sobre cota de cabeza de carril.

- Capacidad: la capacidad total mínima de la unidad básica será de 218 viajeros, con al menos 56 sentados (en asientos fijos y/o plegables), e incluirá dos zonas para personas con necesidades especiales de movilidad con espacio para sillas de ruedas/escúteres de movilidad reducida homologados y bicicletas. La capacidad se complementará con apoyos isquiáticos.
- Para calcular esta capacidad se considerará que todos los asientos están ocupados por viajeros sentados y el resto de espacio, incluyendo el disponible para sillas de ruedas, estará ocupado por 4 pasajeros de pie/m<sup>2</sup>.
- Pasajeros con movilidad reducida: el vehículo permitirá el fácil acceso de personas con movilidad reducida. Cada vehículo dispondrá al menos de dos áreas fácilmente accesibles y adecuadas para el posicionamiento seguro de pasajeros en silla de ruedas/escúteres de movilidad reducida homologados y según normativa vigente en el momento de aprobación del proyecto de material móvil.
- El peso por eje, considerando carga máxima (8 pasajeros/m<sup>2</sup> de pie, además de los sentados), no será superior a 120 kN. Se considera un peso de 70 kg por pasajero (incluyendo equipaje).
- Prestaciones:
  - Velocidad máxima de circulación: 70 km/h. Aunque en el momento de la entrega la tracción estará limitada a 50 km/h, según requerimiento de la explotación vigente.
  - Aceleración media entre 0 y 35 km/h en servicio normal con carga máxima (según EN 50215 y EN 13452) en tramo horizontal: 1,2 m/s<sup>2</sup>. Entre 35 y 70 km/h la aceleración media mínima será de 0,5 m/s<sup>2</sup>.
  - Desaceleración en servicio normal con carga máxima (según EN 50215 y EN 13452) en tramo horizontal: 1,3 m/s<sup>2</sup>, en todo el tramo de velocidades. Este valor será independiente de la tensión de la línea, carga del vehículo o modo de funcionamiento (normal o degradado).
  - Desaceleración en emergencia con carga máxima (según EN 50215 y EN 13452) en tramo horizontal: 2,5 a 3 m/s<sup>2</sup>, con el uso de patines electromagnéticos.
  - *Jerk*: En todas las condiciones de servicio normal el valor de *jerk* máxima será del orden de 0,8 – 1,0 m/s<sup>3</sup>. Es conveniente que pueda ser modificado, por personal de mantenimiento, entre 0,5 m/s<sup>3</sup> y 1,2 m/s<sup>3</sup>. Para el frenado de urgencia el valor del *jerk* será el que corresponda, sin sobrepasar 7 m/s<sup>3</sup>. Un equipo de antipatinaje y antideslizamiento asegurará la circulación de acuerdo con la adherencia real de cada momento.

La empresa suministradora deberá realizar los análisis necesarios para demostrar que el vehículo propuesto es adecuado para la función que debe prestar. Las prestaciones se calcularán con arreglo a las normas EN 50215 y EN 13452. Entre los análisis que realice la empresa suministradora estarán incluidos los siguientes:

- *Análisis de resistencia:* este análisis deberá demostrar que el vehículo tiene la capacidad resistente necesaria para soportar las cargas a las que estará sometido, sin sufrir deformaciones permanentes según la normativa correspondiente (ver apartado 4.3.1. ). En sus análisis, la empresa suministradora tendrá en cuenta y documentará los efectos de fatiga del metal en los distintos comportamientos en los que aplique durante la especificada vida útil de los vehículos. Para un diseño resistente se considerará la carga máxima (pasajeros sentados y 8 pasajeros de pie/m<sup>2</sup>), considerando un peso de 70 kg/pasajero.
- *Análisis del comportamiento dinámico del vehículo:* este análisis deberá demostrar la bondad del diseño en relación con la estabilidad de marcha, seguridad de rodadura, baja agresividad en la vía (manteniendo o mejorando el desgaste actual) y comodidad a los pasajeros desde el punto de vista de ruido, resonancias y vibraciones percibidas.
- *Análisis de prestaciones:* este análisis consistirá en el cálculo de itinerarios en condiciones de carga nominal (pasajeros sentados y 4 pasajeros de pie/m<sup>2</sup>) por las líneas en las que van a circular estos vehículos. Este cálculo se efectuará con las características de tracción y frenado del vehículo y considerando el trazado definitivo de estas líneas.
- *Prestaciones reducidas:* El proyecto de vehículos contemplará que con el 50 % de la potencia de tracción fuera de servicio, se pueda arrancar en la máxima pendiente y a plena carga (según normas EN 50215 y EN 13452) con una aceleración mínima admisible, de 0,01 g.
- En caso de fallar el 50 % de la capacidad de frenado, los vehículos podrán frenar a máxima prestación, limitándose automáticamente la velocidad máxima de circulación. Igualmente, se contemplarán las prestaciones de frenado de urgencia en condiciones de servicio degradadas.
- Elementos de ensamblaje en unidades múltiples: todos los vehículos dispondrán de elementos de ensamblaje en los frentes, con los elementos eléctricos necesarios para asegurar la transmisión de órdenes de mando, alumbrado, megafonía, etc., en el vehículo remolcado. En casos excepcionales, será posible remolcar un vehículo de forma totalmente pasiva. Su diseño debe hacer posible el remolque entre las nuevas unidades y, si es posible, con la flota actual.

Antes de empezar el proceso de suministro de la primera unidad, la empresa adjudicataria deberá presentar los resultados de estos análisis, junto con los otros planos de su diseño, para aprobación de la ATM, demostrando que el diseño propuesto es adecuado para la función que va a prestar. En algunos casos, la ATM podrá pedir comprobaciones adicionales, incluyendo pruebas de fatiga de algunos componentes o conjuntos que la empresa adjudicataria deberá satisfacer antes de terminar la fabricación de la primera unidad.

#### 4.3.1. Normativa aplicable y necesidades de homologaciones

Se tendrá en cuenta siempre que exista alguna norma de aplicación. Los elementos del suministro cumplirán con las normas EN, UNE, ISO, CEI, UIC, DIN, NF o con las especificaciones técnicas que ATM considere oportuno seguir en el desarrollo del proyecto o en el apartado de ensayos, y/o en caso de carencia, las que son propias del constructor que, previo acuerdo con la ATM, se especificarán y entregarán. Además de la normativa mencionada a lo largo del documento, se aplicarán, sin que la relación sea limitativa, las siguientes normas:

<b>Compatibilidad electromagnética</b>	
UNE-EN 50121-1:2017	Aplicaciones ferroviarias. Compatibilidad electromagnética. Parte 2: Emisión del sistema ferroviario completo en el mundo exterior.
UNE-EN 50121-3-1:2017	Aplicaciones ferroviarias. Compatibilidad electromagnética. Parte 3-1: Material rodante. Tren y vehículo completo.
UNE-EN 50121-3-2:2017	Aplicaciones ferroviarias. Compatibilidad electromagnética. Parte 3-2: Material rodante. Aparatos.

<b>RAMS</b>	
UNE-EN 50126-1:2018	Aplicaciones ferroviarias. Especificación y demostración de la fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad (RAMS). Parte 1: Procesos RAMS genéricos.
UNE-EN 50126-2:2018	Aplicaciones ferroviarias. Especificación y demostración de la fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad (RAMS). Parte 2: Aproximación sistemática para la seguridad.
<b>Equipos electrónicos</b>	
UNE-EN 50155:2018	Aplicaciones ferroviarias. Equipos electrónicos utilizados sobre material rodante.
IEC 1131	Controladores Lógicos Programables (para programas con tiempo de ejecución mayor que 100 ms)
UNE 20512-6:2001	Presentación y especificación de datos de fiabilidad de componentes electrónicos.
<b>Alta tensión</b>	
UNE-EN 50163:2005	Aplicaciones ferroviarias. Tensiones de alimentación de las redes de tracción.
UNE-EN 50206:2011	Aplicaciones ferroviarias. Material rodante. Pantógrafos: Características y ensayos. Parte 1: Pantógrafos para vehículos de línea principal.
<b>Condiciones ambientales</b>	
UNE-EN 50125-1:2014	Aplicaciones ferroviarias. Condiciones ambientales para el equipo. Parte 1: Material rodante y equipos embarcados.
UNE-EN 60529:2018	Grados de protección proporcionados por los envoltentes (Código IP).
UNE-EN 60068-1:2014	Ensayos ambientales. Parte 1: Generalidades y guía. (Ratificada por AENOR en octubre de 2014.)
<b>Riesgo eléctrico</b>	
UNE-EN 50153:2014	Aplicaciones ferroviarias. Material rodante. Medidas de protección relativas a riesgos eléctricos.
UNE-EN 60947: 2009	Emparejamiento de baja tensión
<b>Tracción y frenado</b>	
UNE-EN 13452-1: 2004	Aplicaciones ferroviarias. Frenado. Sistemas de freno para transportes públicos urbanos y suburbanos. Parte 1: Requisitos de funcionamiento.
UNE-EN 13452-2: 2004	Aplicaciones ferroviarias. Frenado. Sistemas de frenado para transportes públicos urbanos y suburbanos. Parte 2: Métodos de ensayo.
UNE-EN 50215:2011	Aplicaciones ferroviarias. Material rodante. Ensayos del material rodante al término de su construcción y antes de su puesta en servicio.

UIC 541-05	<i>Specifications for the construction of various brake parts - Wheel Slide Protection device (WSP)</i>
------------	---

<b>Comodidad</b>	
UNE-EN 14750-1: 2007	Aplicaciones ferroviarias. Aire acondicionado para material rodante urbano y suburbano. Parte 1: Parámetros de comodidad
UNE-EN 12299:2010	Aplicaciones ferroviarias. Comodidad de viaje para los pasajeros. Medición y evaluación.
<b>Ruido y vibraciones</b>	
UNE-EN ISO 3095:2014	Acústica. Aplicaciones ferroviarias. Medición del ruido emitido por vehículos que circulen sobre carriles. (ISO 3095:2013).
UNE-ISO 2631-1: 2008	Vibraciones y choques mecánicos. Evaluación de la exposición humana a las vibraciones de cuerpo entero. Parte 1: Requisitos generales.
UNE-ISO 2631-2: 2011	Vibraciones y choques mecánicos. Evaluación de la exposición humana a las vibraciones de cuerpo entero. Parte 2: Vibración en edificios (1 Hz a 80 Hz).
DIRECTIVA (UE) 2015/996 DE LA COMISIÓN DE LA COMISIÓN	DIRECTIVA (UE) 2015/996 DE LA COMISIÓN, de 19 de mayo de 2015, por la que se establecen los métodos comunes de evaluación del ruido en virtud de la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo,
ISO 3381:2021	<i>Railway applications — Acoustics — Noise measurement inside railbound vehicles</i>
UNE-EN 15892: 2012	Aplicaciones ferroviarias. Emisión de ruido. Medición del ruido en el interior de las cabinas de los maquinistas.
UNE-EN ISO 3381: 2011	Aplicaciones ferroviarias. Acústica. Medición del ruido en el interior de vehículos sobre carriles.
UNE-EN ISO 3095:2014	Acústica. Aplicaciones ferroviarias. Medición del ruido emitido por vehículos que circulen sobre carriles.
<b>Climatización</b>	
UNE-EN 14750-1: 2007	Aplicaciones ferroviarias. Aire acondicionado para material rodante urbano y suburbano. Parte 1: Parámetros de comodidad.
UNE-EN 14750-2: 2007	Aplicaciones ferroviarias. Aire acondicionado para material rodante urbano y suburbano. Parte 2: Ensayos de tipos.
UNE-EN 14813-1: 2007	Aplicaciones ferroviarias. Aire acondicionado para cabinas de conducción. Parte 1: Parámetros de bienestar.
UNE-EN 14813-2: 2007	Aplicaciones ferroviarias. Aire acondicionado para cabinas de conducción. Parte 2: Ensayos de tipos.

<b>Fuego</b>	
UNE-EN 45545-1:2013	Aplicaciones ferroviarias. Protección contra el fuego de vehículos ferroviarios. Parte 1: Generalidades.
UNE-EN 45545-2:2021	Aplicaciones ferroviarias. Protección contra el fuego de vehículos ferroviarios. Parte 2: Requisitos para el comportamiento frente al fuego de los materiales y componentes.
UNE-EN 45545-4:2013	Aplicaciones ferroviarias. Protección contra el fuego de vehículos ferroviarios. Parte 4: Requisitos de seguridad contra el fuego en el diseño de material rodante ferroviario.
UNE-EN 45545-5:2013	Aplicaciones ferroviarias. Protección contra el fuego de vehículos ferroviarios. Parte 5: Requisitos de seguridad contra el fuego en los equipos eléctricos, incluyendo los de los trolebuses, autobuses guiados por vías y vehículos de levitación magnética.
NF F 63-808	Cables con aislamiento de pared delgada
NF F 63-826	Cable de un solo núcleo
NF F 31-052*	Puertas de sala – Generalidades
NF F 31-054*	Puertas de sala – Características de operación
NF F 31-129	Cristal de seguridad templado
NF F 16-101	Comportamiento ante el fuego – Elección de materiales
NF F 16-102	Comportamiento ante el fuego – Elección de materiales. Aplicación a equipos eléctricos
NF F 16-103	Material móvil. Protección y extinción contra el fuego. Diseño.
<b>Comunicaciones</b>	
UNE-EN 50128:2012	Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de comunicación, señalización y procesamiento. Software para sistemas de control y protección del ferrocarril.
UNE-EN 50129:2020	Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de comunicación, señalización y procesamiento. Sistemas electrónicos relacionados con la seguridad para la señalización.
IEEE 802,11	<i>Wireless Local Area Networks Standards</i>
UNE-EN 61375-2-3:2015	Equipos Electrónicos para Ferrocarriles. Red de comunicaciones del tren (TCN). Parte 2-3: Perfil de comunicación de la red de comunicaciones del tren (Ratificada por AENOR en abril de 2017).
<b>Mecánica</b>	
UNE-EN 15227:2021	Aplicaciones ferroviarias. Requisitos de resistencia a la colisión para cajas de vehículos ferroviarios.

UNE-EN 12663-1: 2011	Aplicaciones ferroviarias. Requisitos estructurales de las cajas de los vehículos ferroviarios. Parte 1: Locomotoras y material rodante de viajeros (y método alternativo para vagones de mercancías).
<b>Sistema neumático</b>	
UNE 25200:1971	Lista selectiva de tubos de aluminio. Diámetros exteriores de 10 a 60 mm. Grosor de 1 a 3 mm.

<b>Accesibilidad</b>	
RD1544/2007	Condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso y utilización de los modos de transporte para personas con discapacidad.
<b>Puertas</b>	
UNE-EN 14752:2020	Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de puerta de acceso para material rodante.
<b>Cabina</b>	
UIC 651	<i>Layout of driver's cabs in locomotives, railcars, multiple-unit trains and driving trailers.</i>
UIC612	<i>Driver Machines interfaces for EMU/DMU, locomotives and driving coaches – Functional and system requirements associates with harmonised driver machine interfaces.</i>
UIC-513 R	<i>Guidelines for evaluating passenger comfort in relation to vibration in railway vehicles.</i>
UNE-EN 15152:2020	Aplicaciones ferroviarias. Parabrisas frontales de cabinas de tren.
UNE-EN 13272-2:2020	Aplicaciones ferroviarias. Alumbrado eléctrico para el material rodante de sistemas de transporte público. Parte 2: Sistemas de ferrocarril urbano.
DIN 5566-3	<i>Railway vehicles - Driver cabs - Part 3: Additional requirements for urban and suburban rolling stock.</i>
UIC 617-7 O	<i>Regulations concerning conditions of visibility from driving compartments of electric powered stock.</i>
<b>Sala de pasajeros</b>	
NF F 31 250: 2013	<i>Railway rolling stock – Laminated glass.</i>
NF F 31 119: 1995	<i>Railway rolling stock – Behaviour of rolling stock's seats at static stress, fatigue stress, vibrations stress and shock stress</i>
<b>Cableado</b>	
UNE-EN 50343:2014	Aplicaciones ferroviarias. Material rodante. Reglas para la instalación del cableado.
UNE-EN 50266	Métodos de ensayo comunes para cables sometidos al fuego. Ensayo de propagación vertical de la llama de cables colocados en capas en posición vertical.
UNE-EN 60754-1:2014	Ensayo de los gases desprendidos durante la combustión de materiales procedentes de los cables.

<b>Bogies</b>	
UNE-EN 13749: 2012	Aplicaciones ferroviarias. Ejes montados y bogies. Métodos para especificar los requisitos estructurales de los bastidores de bogie.
UNE-EN 13260:2021	Aplicaciones ferroviarias. Ejes montados y bogies. Ejes montados. Requisitos de producto.
UNE-EN 13261:2021	Aplicaciones ferroviarias. Ejes montados y bogies. Ejes. Requisitos de producto.
UNE-EN 13262:2021	Aplicaciones ferroviarias. Ejes montados y bogies. Ruedas. Requisito de producto.
UNE-EN 12080:2018	Aplicaciones ferroviarias. Cajas de grasa. Rodamientos.
UNE-EN 13103-1:2019	Aplicaciones ferroviarias. Ejes montados y bogies. Parte 1: Método de diseño de los ejes con manguitos exteriores.
UNE-EN 13979-1:2021	Aplicaciones ferroviarias. Ejes montados y bogies. Ruedas monobloque. Procedimiento de aprobación técnica. Parte 1: Ruedas forjadas y laminadas.
UNE-EN 13913: 2004	Aplicaciones ferroviarias. Componentes de suspensión de caucho. Piezas mecánicas a base de elastómeros.
UNE-EN 13597: 2004	Aplicaciones ferroviarias. Componentes de suspensión de caucho. Membranas de caucho para muelles de suspensión neumática.
<b>Equipo de potencia</b>	
UNE-EN 61287-1:2015	Aplicaciones ferroviarias. Convertidores de potencia instalados a bordo de material rodante. Parte 1: Características y métodos de ensayo.
UNE-EN 60349-2:2011	Tracción eléctrica. Máquinas eléctricas rotativas para ferrocarriles y vehículos de carretera. Parte 2: Motores de corriente alterna alimentados por convertidor electrónico.
UNE-EN 60322: 2001	Aplicaciones ferroviarias. Equipos eléctricos para material rodante. Reglas para resistencias de potencia de construcción abierta.
UIC 616-0	<i>Rules for electric traction equipment</i>
IEC-349	<i>Electric traction. Rotating electrical machines for rail and road vehicles.</i>

Además de las mencionadas anteriormente, serán de obligado cumplimiento las Euro Normas (EN), fichas de la *Union Internationale des Chemins de Fer* (UIC), o recomendaciones de la Unión Internacional de Transporte Público (UITP) y/o de la *Verband Deutscher Verkehrsbetriebe* (VDV) y *BOStrab* aplicables a este tipo de vehículos.

Cuando se utilicen otras normas, la empresa suministradora lo justificará e indicará explícitamente, indicando las ventajas así obtenidas.

Cualquier Tecnología de Sistema que se proponga, incluidos sus subsistemas principales críticos, tendrán que haber sido probados con éxito en servicio de transporte de pasajeros habitual o temporal durante un período de tiempo suficiente para demostrar la idoneidad para la operación, que es aproximadamente de dos años. Este período de tiempo es significativo porque proporciona experiencia suficiente para detectar deficiencias tecnológicas eventuales y de diseño que ocurren en servicio, y un período de tiempo para asegurar que se han realizado las correcciones adecuadas y se ha alcanzado un rendimiento estable.

Sin embargo, sujeta a la evaluación y determinación de la ATM, la experiencia del equipamiento a escala real integrada como sistema y operada en una vía de prueba y/o una generación precedente de la tecnología propuesta, que tenga una equivalencia del período de demostración de operación de pasajeros indicado anteriormente, será considerada como experiencia de operación de servicio de pasajeros. Esto puede incluir el desarrollo de un subsistema o componente principal que, en opinión de la ATM, no minore significativamente el éxito general del proyecto.

En cualquier caso, deberá determinarse que la operación con éxito está al alcance por la evidencia de que la Tecnología del Sistema propuesto puede cumplir con los requisitos de rendimiento operativo y de Disponibilidad de Servicio del Sistema, realizando las homologaciones pertinentes.

### 4.3.2. Arquitectura del material móvil

#### 4.3.2.1. Visión general

Los vehículos que se suministrarán en el proyecto tranviario tendrán dos cabinas de conducción. Cada unidad será autónoma, bicabina, articulada y 100 % de piso bajo. Está previsto que los vehículos sean alimentados o bien por catenaria o por tercer carril, con una tensión de 750 Vcc, y el correcto funcionamiento del material se puede mantener con una zona de tensión que varíe entre -30 %/+20 % del valor nominal, es decir 500 V y 900 Vcc (valores de la UIC).

El vehículo será modular, cuyos módulos estará unidos unos con otros por pasillos de intercurrencia articulados.

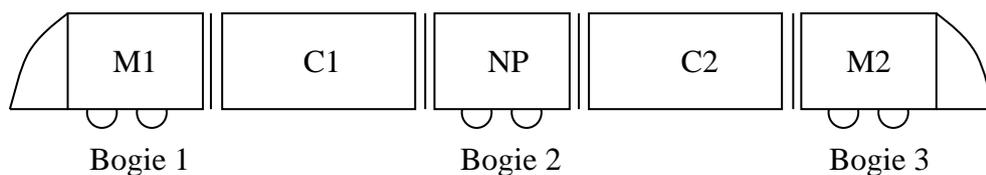


Fig. 3 Disposición en 5 módulos de la flota actual.

El vehículo dispondrá de puertas a ambos lados, siendo accesibles según normativa las que den acceso a los espacios destinados a personas con necesidades especiales de movilidad del interior del vehículo, que coincidirán preferentemente con las ubicaciones indicadas en los andenes actuales.

La cadena de tracción, el convertidor auxiliar, las conexiones y los equipos de aire acondicionado estarán situados en cajas de aparatos en el techo de los vehículos.

Las cabinas en cada extremo de una unidad simple serán idénticas.

Cada extremo de una unidad simple estará equipado con elementos mecánicos y eléctricos (enganche automático o semiautomático preferentemente), que permita el ensamblaje de dos

trenes para la operación en unidades múltiples (unidad doble) de forma cotidiana tanto entre las nuevas unidades como con las preexistentes.

En la siguiente tabla, a modo de ejemplo, se detallan los equipos montados en cada módulo en la flota actual:

M1	C1	NP	C2	M2
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cabina de conducción</li> <li>• Bogie motor</li> <li>• Enganche</li> <li>• A. Cabina de conducción</li> <li>• Panel frontal objetivo</li> <li>• Caja de baja tensión</li> <li>• Caja de tracción</li> <li>• Refrigeración motores</li> <li>• 2 puertas individuales o dobles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A/C pasajeros</li> <li>• Resistencias de freno</li> <li>• Caja de baterías</li> <li>• 4 puertas dobles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bogie remolque</li> <li>• Disyuntor y precarga</li> <li>• Pantógrafo</li> <li>• Paneles laterales de destino (1 a cada lado por lo menos)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A/C pasajeros</li> <li>• Resistencias de freno</li> <li>• Caja de baterías</li> <li>• 4 puertas dobles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cabina de conducción</li> <li>• Bogie motor</li> <li>• Enganche</li> <li>• A. Cabina de conducción</li> <li>• Panel frontal objetivo</li> <li>• Caja de baja tensión</li> <li>• Caja de tracción</li> <li>• Refrigeración motores</li> <li>• 2 puertas individuales o dobles</li> </ul>

La empresa suministradora podrá proponer cambios a esta configuración con su debida justificación.

### 4.3.3. Características físicas

#### 4.3.3.1. Condiciones ambientales y climáticas

El vehículo a suministrar en el marco del proyecto tranviario debe admitir las siguientes condiciones ambientales y climáticas:

- Temperatura mínima: -15 °C.
- Temperatura máxima: 45 °C.
- Altitud: de 0 a 500 m s.n.m.
- Humedad relativa: entre 5 y 95 %.
- Posibilidad de funcionamiento en caso de acumulación de nieve.
- Velocidad máxima del viento: 120 km/h.
- Ambiente marítimo.
- Entorno de alta contaminación industrial.
- Altura máxima de agua a partir del plano de rodadura: 100 mm
- Circulación en superficie (básicamente) y túnel (pasos inferiores 400 m y tramos enterrados de 2 km)
- Los tranvías se encuentran estacionados a la intemperie y su circulación es principalmente en superficie. Este aspecto debe tenerse en cuenta en cuanto a la incidencia de la radiación solar y los efectos del calor y el agua sobre ciertos equipos, especialmente los ubicados en techo, que deben garantizar su estanqueidad y evitar la corrosión.

#### 4.3.3.2. Dimensiones

A continuación, se describen las dimensiones principales que tendrán que tener los vehículos:

<b>Dimensión</b>	<b>Valor</b>
Longitud	32,517 m
Ancho	2,650 m
Altura máxima del vehículo (pantógrafo bajado)	3,600 m
Altura del suelo en la zona de pasajeros	0,350 m
Altura del suelo en la zona de acceso	0,320 m
Paso libre de las puertas dobles	≥ 1,300 m
Paso libre de las puertas simples	≥ 0,800 m
Distancia del bogie	≥ 1,850 m
Diámetro de la rueda (nueva/utilizada)	0,590/0,530 m

Estas dimensiones toman como referencia las dimensiones y distribución de los vehículos actuales que pueden verse en la descripción general del material móvil actual adjuntada en la documentación de referencia.

Cualquier propuesta diferente en relación con estas dimensiones, deberá ser validada por la ATM, previo análisis de compatibilidad del vehículo propuesto en el trazado por el que deben circular los vehículos, en especial en lo que respecta a la comprobación de gálibos, a realizar por las empresas licitadoras.

#### 4.3.3.3. Capacidad

La capacidad de pasajeros de los vehículos actuales, en función de la densidad de las personas de pie, se recoge en la siguiente tabla:

	<b>Sentadas</b>	<b>De pie</b>	<b>Total</b>
<b>Con 4 pax/m<sup>2</sup></b>	<b>64</b>	<b>154</b>	<b>218</b>
Con 6 pax/m <sup>2</sup>	64	230	294
Con 8 pax/m <sup>2</sup>	64	308	372

Como se ha mencionado anteriormente, la capacidad total mínima de los nuevos vehículos será de 218 viajeros, con al menos 56 sentados (en asientos fijos y/o plegables), incluyendo dos zonas para personas con necesidades especiales de movilidad con espacio para sillas de ruedas/escúteres de movilidad reducida homologados y bicicletas. Se valorará muy positivamente propuestas de vehículos que mejoren la capacidad de los vehículos existentes.

#### 4.3.3.4. *Peso*

La siguiente tabla indica el peso de referencia de los vehículos a suministrar en función de las diferentes cargas:

<b>Estado de carga</b>	<b>Peso (kg)</b>
<b>AW0</b>	39.900
<b>AW1</b>	44.700
<b>PERF.</b>	56.250
<b>AW2</b>	61.950
<b>AW3</b>	67.800

Variaciones respecto a las referencias de pesos de los vehículos actuales que deberían ser validadas técnicamente por la empresa suministradora del nuevo material móvil, atendiendo a los dimensionamientos estructurales preexistentes.

#### 4.3.3.5. *Estética*

Se garantizará la adecuación del material a las normas de imagen corporativa y de cualquier otro tipo establecidas o que se establezcan por la ATM.

El vehículo deberá tener un diseño exterior sencillo, uniforme y limpio. Las características exteriores y de la carrocería tendrán que permitir la limpieza completa y sencilla, incluido en dispositivos de lavado automático de los coches. Estas características deben prever también la aplicación de vinilos removibles sin dañar la pintura. La carrocería y las ventanas tendrán que estar selladas para evitar la entrada de aire, o agua en condiciones de operación normal y durante la limpieza por personal o en túneles de lavado automático de los coches.

El exterior e interior del vehículo tendrán que estar coordinados en diseño, materiales y colores. El esquema de color y diseño del vehículo deberá incluir un máximo de tres colores. Los logos y números tendrán que aplicarse al exterior pintado y tendrán que cumplir todos los requerimientos de durabilidad y asociados.

El exterior del vehículo deberá pintarse, total o parcialmente, de acuerdo con el esquema de colores y diseño aceptados por la ATM y con materiales que garanticen durabilidad frente a corrosión y la retirada de vinilos, incluyendo al menos logos, números y signos. No es necesario pintar la fibra de vidrio si los colores de acabado deseados son una parte integral de la capa de gel. El acero deberá imprimarse completamente y pintarse. El acero inoxidable deberá pintarse solo cuando sea necesario para cumplir requerimientos de diseño estético y temático. El aluminio deberá cubrirse completamente con imprimación de cromado de zinc, o imprimador sustitutivo que tenga propiedades equivalentes o mejores, y pintarse.

El diseño exterior y los interiores de los módulos frontales de cabinas de conducción, y la decoración exterior e interior se inspirarán en el diseño de las unidades de la flota actual, recogiendo las consideraciones de este Pliego.

#### 4.3.3.6. *Materiales*

Los materiales se elegirán teniendo en cuenta las exigencias funcionales y normativas, de resistencia y durabilidad, de seguridad y de mantenimiento. No se permitirá el uso de productos que contengan amianto.

#### 4.3.3.7. *Comportamiento frente al fuego*

Los materiales a utilizar se escogerán de forma que cumplan la normativa aplicable en cuanto a comportamiento frente al fuego y en base a los criterios de la UNE EN 45545.

El compartimiento de viajeros deberá separarse de los compartimentos que contienen la(s) unidad(s) de tracción, la(s) unidad(s) de control de la propulsión, y de todo equipo auxiliar accionado con tensión de nivel de propulsión. Su separación entre ellos deberá ser una barrera contra fuegos mediante la incorporación de materiales resistentes al fuego en su construcción. Estas barreras contra el fuego tendrán que retrasar la propagación de cualquier fuego del comportamiento de propulsión o del compartimiento de la unidad de control de la propulsión al interior del compartimiento de pasajeros.

#### 4.3.3.8. *Comodidad*

- Comodidad ante resonancias y vibraciones: el comportamiento dinámico del vehículo debe ser tal que garantice unas buenas condiciones de comodidad de los pasajeros. Los valores RMS ponderados según ISO 2631 de la aceleración media aritmética en cada tramo entre estaciones, en condiciones nominales de circulación, serán menores que el valor correspondiente al límite de comodidad reducido de una hora definido en la citada norma.
- Comodidad acústica: el vehículo estará diseñado para cumplir con la normativa existente en cuanto a nivel sonoro admisible en el interior y exterior de este tipo de vehículo.

#### 4.3.3.9. *Aislamiento térmico y acústico*

Los techos, laterales, frente, suelo del vehículo y bajo bastidor llevarán aislamiento térmico y acústico.

#### 4.3.3.10. *Vibraciones*

Las frecuencias propias de las vibraciones tendrán que apartarse lo máximo posible de las zonas de mayor sensibilización.

Se aplicará la norma NFE0.90.401

Asimismo, se tendrá cuidado de no pasar los valores máximos de aceleración:

- Vertical : 0,40 m/s<sup>2</sup> entre 0,5 y 20 Hz
- Longitud y transversal : 0,32 m/s<sup>2</sup> entre 0,7 y 10 Hz

#### 4.3.3.11. *Acústica*

Se aplicarán las normas NFS 31-019 por el exterior del vehículo y la NFS 31-028 por el interior. Los ruidos máximos se medirán en:

- Interior: a 1,5 m del suelo en la cabina y en el espacio destinado a pasajeros.
- Exterior: a 7,0 m del eje de la vía y a 1,5 m del suelo.

#### 4.3.3.12. *Gálibo del material móvil*

La distancia máxima entre el borde de la plataforma de acceso del vehículo y el borde del andén, en condiciones de posicionamiento estático centrado del vehículo, no será mayor de 70 mm en horizontal ni mayor de 30 mm en vertical, en estación en tramo recto.

Los gálibos se calcularán suponiendo las condiciones más desfavorables, incluyendo todas las posibles causas, entre ellas: errores de la suspensión, desgaste de ruedas, desgaste de carril, deformación de la vía, exceso o insuficiencia de peralte, etc.

Para el cálculo de gálibos en curva se considera que la velocidad máxima de circulación estará limitada a una aceleración centrífuga no compensada de  $1,0 \text{ m/s}^2$  en la caja. Este valor de aceleración no compensada solo se considerará a efectos de cálculo de gálibos, pero no como condición de circulación en la explotación real.

Los gálibos de los vehículos ofrecidos serán compatibles lo máximo posible con las infraestructuras existentes, cuyas características se recogen en los “Condicionantes de trazado del tranvía de Barcelona” adjuntos en la documentación de referencia.

El gálibo dinámico del vehículo será calculado en base a los siguientes parámetros:

- Inclinaciones de caja calculadas para dos tipos de cargas (en orden de marcha y con  $6 \text{ pax/m}^2$ ), en alineación y curvas, con una aceleración no compensada de  $1 \text{ m/s}^2$  en alineación recta y en curva, y con una aceleración no compensada de  $2 \text{ m/s}^2$  en el exterior de la curva.
- Ancho de vía: 1435 mm -0; +2 mm.
- Desgaste del carril: 5 mm.
- Desgaste lateral de la pestaña del bogie: 5 mm.

Los valores de gálibos obtenidos por la flota actual son los siguientes, que tendrán que servir de referencia para la nueva flota a suministrar.

Radio	Gálibo dinámico interior	Gálibo dinámico exterior	Gálibo dinámico total	Radio	Gálibo dinámico interior	Gálibo dinámico exterior	Gálibo dinámico total
<b>20</b>	1567	1709	3276	<b>280</b>	1446	1533	2979
<b>25</b>	1536	1673	3209	<b>300</b>	1447	1532	2979
<b>30</b>	1514	1649	3163	<b>350</b>	1449	1530	2979
<b>35</b>	1500	1631	3131	<b>400</b>	1450	1529	2979
<b>40</b>	1489	1617	3106	<b>450</b>	1451	1527	2978
<b>50</b>	1474	1598	3072	<b>500</b>	1452	1527	2979
<b>60</b>	1463	1585	3048	<b>700</b>	1454	1524	2978
<b>70</b>	1456	1576	3032	<b>1000</b>	1456	1523	2979
<b>80</b>	1450	1569	3019	<b>1200</b>	1457	1522	2979
<b>90</b>	1446	1563	3009	<b>1250</b>	1457	1522	2979
<b>100</b>	1442	1559	3001	<b>2000</b>	1458	1521	2979
<b>110</b>	1440	1555	2995	<b>5000</b>	1460	1519	2979
<b>120</b>	1437	1552	2989	<b>10000</b>	1460	1519	2979
<b>150</b>	1432	1546	2978	<b>20000</b>	1460	1519	2979
<b>160</b>	1434	1544	2978	<b>25000</b>	1460	1519	2979
<b>200</b>	1439	1539	2978	<b>30000</b>	1460	1519	2979
<b>250</b>	1444	1535	2979	<b>35000</b>	1460	1519	2979
<b>275</b>	1445	1533	2978	<b>AR</b>	1470	1470	2940

Atendiendo a estas características del material móvil, en estaciones con alineación recta (AR), la distancia entre la cara activa del carril más cercana al andén y la prolongación del andén será de 649,5 (+5; -0) mm.

El material móvil a suministrar, en cualquier caso, deberá ser apto para circular con los acondicionados de trazado del tranvía de Barcelona, adjuntos en la documentación de referencia.

#### **4.3.4. Retorno de experiencia de la flota actual**

Las nuevas unidades de material móvil a suministrar deberán tener en cuenta las mejoras introducidas a lo largo de la experiencia de 18 años operando la flota actual y que resultan necesarias en caso de que ya no sean incorporadas o se justifique adecuadamente su no necesidad. Estas mejoras se adjuntan con la documentación de referencia.

#### **4.3.5. Caja y Estructura**

La caja será de estructura autoportante.

La estructura deberá ser de un material resistente a la corrosión o estar debidamente protegido a tal efecto. Se pide a la empresa suministradora que valore técnicamente la necesidad de utilizar acero inoxidable en aquellos elementos sometidos a agentes externos.

Las cajas tendrán que poder ser levantadas con gatos y grúas en los talleres, sin que se produzcan daños o deformaciones permanentes en la estructura. Por eso, se instalarán los puntos de levantamiento y elevación necesarios, que irán debidamente marcados. Se valorará que existan puntos de levantamiento laterales integrados en la estructura para facilidad de levantamiento en descarrilamientos al poder levantarse directamente sin necesitar de colocación de una viga en la parte inferior.

Según la norma EN 12663, categoría V, la estructura delantera debe resistir los esfuerzos longitudinales de compresión o de tracción de 200 kN, cuando se aplican por separado. Las partes delanteras del vehículo y las cabinas de conducción estarán protegidas por un dispositivo que puede absorber sin deformación permanente lo siguiente:

- Los choques frontales y laterales hasta una velocidad de 8 km/hora contra los vehículos y camiones donde la altura del parachoques varíe de 390 a 700 mm.
- Los choques frontales hasta una velocidad de 3 km/h contra otro tranvía.
- Los paneles frontales deben ser fácilmente sustituibles.

La estructura de caja estará montada con tornillos y remaches.

Dispondrá de cierres con faldones frontales y laterales en los bogies y estos dispondrán de guardabarros que impidan que el agua y/o la grasa llegue a los equipos bajo bastidor.

El carenado frontal no deberá quedar por encima del cristal frontal, para minimizar la rotura del mismo en caso de colisión.

Las capotas interiores y exteriores irán con cierre a presión.

El diseño del carenado frontal evitará la entrada de agua en el equipo del limpia-parabrisas.

#### **4.3.6. Interior**

En el interior de la caja se colocarán, adecuadamente distribuidas, barras verticales y horizontales para sujeción de los pasajeros que viajen de pie, fabricadas en acero.

En cuanto al acabado interior, se valorará positivamente la presentación de diversas alternativas y se presentará una propuesta básica en la fase de oferta que se desarrollará durante el desarrollo del proyecto. Se valorará no solo su estética, sino también su funcionalidad, limpieza y facilidad de mantenimiento y la distribución y número de las barras para sujeción de los pasajeros. La propuesta deberá ser coherente con la seleccionada para el interior del material móvil de los sistemas tranviarios Diagonal-Baix Llobregat y Sant Martí-Besòs. En este sentido, los módulos que contengan los espacios para personas con necesidades especiales de movilidad tendrán que incorporar la tapicería diferenciada en los asientos reservados.

Incluirá 2 espacios reservados, en módulos diferentes, para bicicletas y PMR (dispuestos longitudinalmente a la marcha), con dos cinturones para la sujeción de las sillas de ruedas y escúteres para movilidad reducida homologados.

Cada módulo considerado accesible debe reservar un mínimo del 10 % de los asientos para personas con discapacidad no usuarias de sillas de ruedas, que deben cumplir las siguientes especificaciones:

- Tienen que estar situados cerca de las puertas de acceso.
- Tienen que estar señalizados con el pictograma correspondiente y deben ser de color diferente al resto.
- Deben tener el asiento a una altura entre 45 cm y 48 cm, y el perímetro con formas redondeadas, para evitar golpes a personas que puedan tropezar con ellos.
- Disponer de agarres en su diseño o en sus proximidades para ayudar en las operaciones de sentarse/levantarse y sujeción. Los apoyabrazos son válidos a efectos de proveer esta funcionalidad.
- Al menos dos de los asientos reservados deben disponer de apoyabrazos a un lado. El apoyabrazos debe ser abatible verticalmente cuando el asiento se dispone paralelo a la marcha y puede obstaculizar el acceso lateral al asiento desde el pasillo principal de circulación. Cuando el asiento se sitúa perpendicular al pasillo principal de circulación y tiene el acceso frontal, el apoyabrazos puede ser fijo.
- Pulsador para aviso de parada a conductor por PMR.

Los vehículos deben disponer de barras y asideros, repartidas por todo su interior, con los siguientes requisitos:

- Las barras y asideros se colocarán en los lugares necesarios para la seguridad de los pasajeros.
- El sistema de anclaje y tipos de material deben evitar oscilaciones.
- La superficie de barras, asideros y montantes de sujeción y ayuda en la circulación interior será de un material no deslizante, y de un color que contraste con el entorno, según la normativa de accesibilidad vigente.
- Se fijarán al menos en ambos lados de todas las puertas de acceso al vehículo.
- Se preverá aumentar la instalación de más barras de sujeción respecto a las unidades actuales, de forma convenientemente justificada y sin reducir la accesibilidad.

En los módulos considerados accesibles se considerará la instalación de asideros para evitar barras verticales que podrían restringir la maniobrabilidad de sillas de ruedas, escúteres de movilidad reducida o cochecitos infantiles.

En este sentido, las validadoras irán ubicadas en las barras verticales ubicadas en los extremos de las puertas y no en el eje como en los convoyes existentes. Su disposición en cada puerta será a tresbolillo.

#### **4.3.7. Cabina de conducción**

El vehículo llevará un puesto de conducción en cada frente, que estará preparado para que el vehículo sea conducido por un solo agente. El puesto de conducción dispondrá además de asiento para acompañante/formador, junto con los mandos de seguridad (aviso acústico y frenos de emergencia) a disposición del formador.

Una puerta de cristal deberá comunicar el puesto de conducción con el área de viajeros y será preferentemente corredera para facilitar la maniobra de apertura. Cada puesto de conducción deberá poder ser cerrado de forma segura y fiable para evitar el acceso de personal no autorizado cuando este no esté siendo utilizado.

El espacio destinado al puesto de conducción deberá ser minimizado, siempre teniendo en cuenta que deben garantizarse sus buenas características funcionales y ergonómicas. Los planos de diseños definitivos de estos elementos se entregarán a la ATM, para que esta los comparta con el operador tranviario, antes de la aprobación definitiva del diseño.

El detalle del diseño de los sistemas embarcados será coherente con el definido en el Proyecto Constructivo de Sistemas de la Red Unificada y las preexistencias que determine el operador tranviario de las redes Diagonal-Baix Llobregat y Diagonal-Besòs.

Sin perjuicio de lo anterior, la cabina de conducción incluirá los elementos/equipamientos con las especificaciones/los requisitos del listado siguiente:

- Ubicación de los pulsadores con una disposición similar o idéntica a la de los convoyes actuales.
- Incluirá mando de emergencia semáforos embarcado con selector vía 1 o vía 2.
- El velocímetro será analógico, aunque pueda visualizarse también en digital.
- Sistema Informático Embarcado. El vehículo irá equipado con un equipo automático de diagnóstico de averías que indicará en un panel de control el tipo de avería detectada al conductor, con posibilidad de forma remota en el PMC.
- Manipulador ergonómico.
- HM hombre-muerto con opciones para ser empleado con la mano o con el pie y por manipulador táctil. Parametrización temporal y posibilidad ajuste volumen aviso acústico.
- La ubicación de los pulsadores del conductor y la dureza del manipulador de tracción y el paso al neutro a tracción será la adecuada para poder realizar una cómoda conducción. Los cambios en la ubicación de pulsadores y en el funcionamiento a tipo rotativo del manipulador deberán ser validados por el operador tranviario o la ATM en última instancia.
- Cámaras de retrovisión con color y conmutación automática a modo visión nocturna, ubicadas a ambos lados de cada frente, en la parte exterior del vehículo. Conmutarán imágenes en paradas (intercambio viajeros) y retrovisión según sentido de la marcha, que se visualizarán desde el puesto de conducción en pantallas de tamaño superior a la flota actual.
- Pantalla con imágenes CCTV de la sala de viajeros.
- Radiotelefonía compatible red actual TETRA para comunicaciones con el PMC, que permitirá una comunicación continua de voz y datos con el Centro de Control desde cada una de las cabinas de conducción.
- Emisión mensajes sala pasaje.
- Micro cabina tipo botón.

- Consola del SAE. El pupitre dispondrá de un sistema de ayuda a la explotación (SAE) a través de una pantalla luminosa que, con visión directa, le irá indicando al conductor la situación de su vehículo en relación con la explotación, incluyendo el mando para accionar los aparatos de vía desde cada cabina.
- Consola del sistema de billética de acuerdo con las especificaciones del proyecto de la T-mobilitat.
- Pulsadores selección agujas.
- Asiento del conductor. El asiento del conductor será preferentemente el de la flota actual o similar. En caso de que no sea así tendrá en cuenta la ergonomía necesaria e incluirá la presencia de reposacabezas y de reposapiés. El operador tranviario de las redes Diagonal-Baix Llobregat y Diagonal-Besòs o la ATM en última instancia aprobarán la propuesta de asiento alternativo, si procede.
- Soporte estable de todos los elementos de cabina.
- Inclusión de botellero.
- Calentador de pies eficiente.
- Soporte sable asegurará su fijación.
- Radio integrada en cabina para conductores.
- Equipo de registro de eventos (caja negra). Se equipará de un equipo de registro que permitirá almacenamiento y documentación de parámetros y eventos que se presenten durante la operación del material móvil. Su capacidad mínima será de 7 días y debe incluir conectividad red IP por acceso remoto.
- Cargador USB

#### **4.3.8. Enganche**

En ambos extremos, la unidad básica llevará enganches ocultables que permita en frente una rápida conexión/desconexión para formar unidades múltiples.

Se valorarán soluciones para poder realizar maniobras de remolque/empuje con el enganche tipo Albert de la flota existente a pesar de la incompatibilidad de enganches que pueda existir.

La conexión eléctrica será para las señales de control y comunicaciones que son necesarias para garantizar un funcionamiento conjunto de dos unidades gobernadas desde un puesto de conducción, pero no por la transmisión de la energía de tracción (cada vehículo de un convoy múltiple recibirá su energía de tracción a través de su propio pantógrafo/captadores de tercer carril).

Para llevar a cabo la comunicación será necesaria la transmisión de datos entre los dos tranvías utilizando redes Ethernet y el bus de comunicación de datos redundado del tren.

El sistema de conexión eléctrica y/o hidráulica dispondrá de conectores simétricos o retráctiles para permitir el cambio de sentido de los tranvías a bucles o triángulos.

Se valorará la realización de las maniobras acoplamiento-desacoplamiento en línea en condiciones de seguridad y con el mínimo tiempo posible.

Los enganches deberán tener un dispositivo que permita su acoplamiento/desacoplamiento de dos unidades colocadas en curva de 20 m de radio.

Los enganches deberán llevar incorporados amortiguadores para que, en caso de choque de un tranvía formado por dos unidades, cargado con carga máxima (pasajeros sentados y 8 pasajeros derechos/m<sup>2</sup>) y circulando a 5 km/h, contra un límite fijo rígido, no se produzcan daños o deformaciones permanentes.

#### **4.3.9. Puertas**

El vehículo llevará a ambos lados 6 puertas oscilantes-correderas para el acceso de los pasajeros, siendo al menos 4 de ellas de doble hoja.

Las puertas serán automáticas, con accionamiento autorizado por el conductor y operado por los pasajeros. No obstante, deben poder abrirse automáticamente en cada parada, sin requerir que el pasajero accione ningún mando o botón de solicitud.

Cada puerta tendrá un dispositivo de orden de apertura en el interior y en el exterior. Los pulsadores de apertura de puertas estarán a la altura fijada de acuerdo con la normativa de accesibilidad (entre 0,90 m y 1,20 m), de color contrastado (preferentemente amarillo, como en la flota actual) y en relieve, aptos para personas con dificultad visual.

El cierre de las puertas se efectuará de forma centralizada por el conductor. Una vez cerradas las puertas, quedarán bloqueadas mecánicamente y permanecerán mientras el vehículo se esté moviendo. Ningún error en las puertas o en su sistema de control podrá dar lugar a su desbloqueo o apertura cuando el vehículo esté en movimiento. De igual modo, el vehículo no podrá ser puesto en marcha si alguna de las puertas no está cerrada y bloqueada. Una vez cerradas las puertas, no habrá ninguna holgura, proporcionando un cierre estanco en el agua.

En caso de error de una puerta, esta podrá ser cerrada y bloqueada desde dentro, en la posición cerrada, quedando fuera de servicio, pero permitiendo continuar la operación del tranvía. Este bloqueo se realizará con ayuda de una llave especial que estará a disposición del personal autorizado. El bloqueo físico de la puerta dará origen al encendido de la señal luminosa indicando dicha situación a los usuarios. Todas las puertas tendrán que tener un dispositivo manual que permitirá su desbloqueo y apertura en caso de avería o emergencia, tanto desde el interior como desde el exterior.

Los bordes laterales de cierre de las puertas serán blandos y sensibles a la presencia de objeto, por lo que si, durante su cierre, la puerta entra en contacto con un objeto, la puerta sigue la secuencia siguiente: parada, apertura y comienzo de nuevo del cierre. Cualquier objeto de 10 mm de diámetro o superior provocará este ciclo de reapertura. Solo la puerta que haya detectado la presencia del objeto seguirá esa secuencia. Sin embargo, existirá un dispositivo que, accionado por el conductor, permitirá la desactivación de este sistema y el consecuente cierre de la puerta en circunstancias especiales. Además, se tendrán que cumplir también el resto de requisitos de la norma EN 14752.

El sistema de apertura de puertas deberá permitir solo la apertura del lado programado por el SAE. El vehículo indicará de forma visible el lado de apertura de puertas en la sala de pasajero.

A tal efecto, en el interior de los vehículos, se instalarán indicadores luminosos que señalarán qué lateral de puertas se abrirá en la próxima parada, mediante flechas luminosas. Este indicador se iluminará con luz fija tipo LED antes de parar el tren en la parada correspondiente. Estos indicadores serán flechas luminosas situadas transversalmente en el eje de la vía, pudiendo instalarse a los lados de las pantallas de información a los pasajeros o integrarse en estas.

En cada una de las puertas, y visible desde el interior y el exterior, se colocará señalización luminosa que informará con código de colores/intermitencia del estado de las puertas (puerta abierta o en estado de apertura autorizada, puerta en cierre, bloqueo físico de la puerta o puerta anulada, etc.), además de facilitar su localización a personas con discapacidades visuales, auditivas e intelectuales. La señal luminosa será intermitente cuando la puerta empiece a cerrarse y durante todo el proceso de cierre. Se valorará positivamente la resolución de este punto con la inclusión de una barra LED vertical integrada en la goma que indicará el estado de la puerta.

Esta señal luminosa irá acompañada de aviso acústico en el caso de aviso de cierre de puertas. Las puertas consideradas accesibles incorporarán avisos acústicos para personas invidentes según normativa.

Las puertas deben tener una altura de 2,00 m y una anchura de paso, como mínimo, de 1,20 m (puertas dobles accesibles) y de 0,60 m para puertas sencillas. Todas deben disponer de varias células fotoeléctricas de detección en toda su altura (o continua) u otros sistemas con la misma funcionalidad que garanticen la seguridad de los usuarios y que impidan que puedan ser golpeados por la puerta mientras se cierra.

Las puertas deben tener un alto contraste cromático en relación con el correspondiente al resto del vehículo, con el objetivo de facilitar su identificación desde el exterior.

Las puertas consideradas accesibles deben estar señalizadas tanto en la parte exterior como en la interior con el símbolo internacional de accesibilidad (SIA).

Las empresas licitadoras documentarán la relación/interfaz entre los andenes de estaciones y el vehículo con puertas abiertas. Esta relación debe ser analizada por las situaciones óptimas, así como por las degradadas (ruedas desgastadas, errores en la suspensión, etc.). En ningún caso se admite el contacto de puertas con el andén.

Dado que no se proponen puertas de acceso directo a las cabinas de conducción desde el exterior, las puertas más cercanas a las cabinas dispondrán del dispositivo de bloqueo/desbloqueo de puertas mediante llave para la abertura desde el exterior.

El vehículo dispondrá de estribos fijos que permitirán ajustar la distancia entre vehículo y andén.

#### **4.3.10. Ventanas**

##### *4.3.10.1. En la cabina de conducción*

Las ventanas frontales y laterales de las cabinas de conducción proporcionarán un campo de visión amplio que permitirá una conducción segura. Las ventanas frontales tendrán una inclinación de al menos 8° y tendrán que estar tratadas de forma que sea capaz de evitar el deslumbramiento del conductor (sol, vehículos en sentido opuesto, etc.). Estas ventanas serán fabricadas en vidrio laminado, alta resistencia a impactos externos.

Estas ventanas irán equipadas con sistemas que eviten el empañamiento en el interior y que permitan la eliminación del agua exterior debida a la lluvia. Las dimensiones del limpia-parabrisas y del área que evite el empañamiento interior serán suficientes para garantizar el máximo campo de visión al conductor.

La ventana de cabina podrá estar en posición abierta durante la conducción, por lo que deberá permitirse su fijación en esta posición sin que se cierre o provoque golpes durante la circulación.

El área de cubrimiento de las cortinas laterales en la cabina será de un tamaño suficiente para garantizar su función.

Se admite que en la parte superior del cristal frontal se sitúe el indicador de destino, pero con la inclinación suficiente hacia el plano de la vía para facilitar la visualización.

Se preverán unas sombrillas en estas ventanas, más opacas en la parte inferior. También se preverán franjas que ensombrezcan los cristales de cabina.

##### *4.3.10.2. En el compartimento viajeros*

En los laterales del área de pasajeros el vehículo llevará ventanas fijas. Sin embargo, al menos cuatro (4) ventanas (2 en cada extremo del tren) serán practicables con posibilidad de apertura de la parte superior con sistema de apertura tipo “cuadrada”, diseñadas de forma que una persona no pueda sacar la cabeza o los brazos por ellas. El borde superior de estas ventanas estará a la misma altura que las puertas de entrada.

Los cristales del área de pasajeros y los cristales de las puertas irán recubiertos en el interior con films *antiscratching*.

#### **4.3.11. Asientos**

Los asientos serán ergonómicos de un material fácil de mantener y resistente al vandalismo. El tapizado de los asientos será hidrófugo y repelente de manchas y polvo. Habrá un color diferenciado en el tapizado para las plazas reservadas para pasajeros con necesidades especiales de movilidad, tomando como referencia el color de la flota actual. Además de su resistencia al fuego y baja emisión de humos, tendrán que resistir actos vandálicos.

Los asientos delimitarán el sitio correspondiente a un pasajero. Preferentemente, su fijación en el interior del vehículo será lateral con el fin de mantener libre el suelo del vehículo y facilitar su limpieza.

La disposición de los asientos se estudiará teniendo en cuenta maximizar la capacidad y la posibilidad de colocar el número de barras horizontales, verticales o asideros donde sujetarse los pasajeros de pie.

En su diseño se tendrán en cuenta las dimensiones antropométricas (altura, longitud de

pierna, ancho de caderas, peso, etc.) de la población en su evolución dentro de 15 años. Se admitirán diseños distintos de distribución interior, así como de apoyos isquiáticos.

En los espacios destinados a viajeros PMR y bicicletas, y espacios de plataformas, se podrán situar apoyos isquiáticos para optimizar la capacidad y facilitar la maniobrabilidad de las sillas de ruedas.

Los espacios destinados a sillas de ruedas/escúteres de movilidad reducida dispondrán de cinturones de seguridad (uno por espacio).

#### **4.3.12. Suelo interior**

El suelo estará formado por un tablero que amortizará el ruido y aislará el frío, unido directamente a la estructura del bastidor y con apoyos de goma o equivalente para eliminar las vibraciones.

El recubrimiento del suelo interior se hará con un material fácil de mantener y limpiar, antideslizante (en seco o en mojado) de acuerdo con la normativa de aplicación, de alta durabilidad y resistente al desgaste y al fuego. Debe ser de material que no produzca reflejos.

En los recorridos interiores del vehículo, el contorno de los escalones y la línea de borde del suelo cuando hay un desnivel deben señalizarse en toda su longitud con una franja antideslizante de color fuertemente contrastado en relación con el resto del suelo y serán redondeados.

El pavimento o suelo de los tranvías deberá tener propiedades antideslizantes en caso de pavimento mojado o frente a frenazos bruscos. La efectividad de estas propiedades debe maximizar su durabilidad. En el suelo de los convoyes estará el pictograma PMR en las zonas que estén destinadas a ello.

#### **4.3.13. Elementos de soporte, suspensión, guiado y rodadura**

Como principios generales de diseño se considerarán: simplicidad, accesibilidad y mantenimiento reducido, compatibles con unas buenas características en cuanto a adherencia, estabilidad de marcha, seguridad de rodadura y agresividad en la vía. Todos los elementos serán intercambiables.

En caso de que la suspensión secundaria sea neumática, tendrá incorporado un sistema de regulación automática de la altura en función de la carga.

Se utilizarán ruedas de características similares a las actuales con anillos/llantas de rodadura fácilmente desmontables/sustituibles.

#### **4.3.14. Sistema de tracción**

El sistema de tracción deberá permitir una conducción suave, segura, fiable y económica.

El grado de motorización (n.º de ejes motores/n.º de ejes total) será dimensionado para cumplir las prestaciones de tracción/frenado descritas en este Pliego.

Todos los equipos tendrán que cumplir las normas vigentes debiendo certificar los ensayos obligatorios, habiéndose verificado que:

- Soportan sobretensiones procedentes de la línea
- No transmiten sobretensiones a los equipos de baja tensión
- Soportan sobretensiones (repetitivas, excepcionales, accidentales, etc.)
- Soportan los ensayos de rigidez eléctrica
- Son compatibles electromagnéticamente con otros sistemas de seguridad (señalización, enclaves, etc.)
- No interfieren con emisiones/recepciones públicas (radio, TV, comunicaciones en general), ni con los equipos de señalización y telecomunicaciones dispuestos en la vía
- Resisten las vibraciones y los choques

- Su funcionamiento será el previsto entre los límites de temperatura y la humedad máxima admisible.

Se tendrá en cuenta la accesibilidad a térmicos y relés en la resolución de incidencias para intervenciones de primer nivel, a realizar por personal de conducción o agentes de campo/mantenimiento.

El equipo de tracción de cada unidad estará constituido básicamente por los siguientes aparatos:

1. Pantógrafo
2. Pararrayos
3. Alimentación sin catenaria
4. Disyuntor principal-contadores AT
5. Filtro de entrada
6. Onduladora
7. Motores de tracción de corriente alterna
8. Tomas de tierra
9. Freno Reostático
10. Sistema de control de tracción

#### 4.3.14.1. *Pantógrafo*

Las unidades del tranvía estarán equipadas con un solo pantógrafo, siendo el esfuerzo sobre el hilo de contacto de la catenaria, el adecuado para un contacto constante. Este esfuerzo será constante y regulable e independiente de la altura de captación. Se recomienda un esfuerzo de la orden de 9 kg. Además, el tranvía deberá llevar un sistema de protección para evitar la elevación del pantógrafo dentro de la zona sin catenaria.

#### 4.3.14.2. *Pararrayos*

Dispositivo de seguridad contra sobretensiones estáticas y sin reglajes ni mantenimiento.

#### 4.3.14.3. *Alimentación sin catenaria*

Las unidades permitirán la alimentación no solo por pantógrafo sino también con un sistema de alimentación continua por tierra (ACT) por tercer carril. Este sistema comporta la serie de equipos embarcados siguientes:

- Equipos de conmutación entre alimentación vía pantógrafo o ACT.
- Equipos de almacenamiento de energía para permitir el paso de un tramo de segmentos no alimentados por incidencia.
- Equipos de captación por tierra.
- Equipos de comunicación tren-tierra.
- Equipos de interfaz hombre (conductor) – máquina en la cabina del tranvía.

El proveedor de este sistema ACT se comprometerá a suministrar todo lo necesario para la correcta integración del sistema ACT en el material móvil, como mínimo lo siguiente:

- Especificación de las interfaces entre equipos de tierra y equipamiento embarcados.

- Las especificaciones técnicas y documentación (funcional, de seguridad) para los equipos embarcados descritos en el punto 4 con el fin de garantizar la compatibilidad de equipos ACT tierra – embarcados.
- Suministro de aquellos equipos específicos embarcados que sean necesarios para la correcta integración del sistema ACT.

La empresa adjudicataria de la fabricación de las nuevas unidades tendrá como obligación esencial incluida en el alcance de este contrato la integración e instalación de estos equipos según las condiciones anteriores. Esta responsabilidad incluye la obligación de realizar todas las pruebas, ensayos y homologaciones necesarias para validar la adecuada integración del vehículo con la infraestructura y los sistemas.

#### 4.3.14.4. *Disyuntor principal*

El disyuntor será la protección principal del circuito de tracción, debiendo actuar en ambos sentidos de corriente tanto para la marcha como para el frenado.

#### 4.3.14.5. Filtro de entrada

La misión es impedir que las perturbaciones que generan los equipos eléctricos del tranvía pasen a la línea, evitando que se produzcan interferencias en otros sistemas de seguridad.

Se dispondrá de un filtro adecuado por 50 Hz independiente del anterior. En caso de que el constructor no considere necesario este filtro, presentará la oportuna justificación.

#### 4.3.14.6. *Onduladores*

Los onduladores serán del tipo VVVF (variación de tensión y frecuencia de la alimentación de los motores) conectados directamente a la red, los puentes inversores estando dotados de semiconductores de potencia IGBT para el control de los motores, siendo su refrigeración por aire o por el *Sistema Heatpipes*, preferentemente. Se descartará la refrigeración por agua.

#### 4.3.14.7. *Motores de tracción*

Los motores serán de corriente alterna, preferentemente trifásicos asíncronos que simplifiquen su mantenimiento a nivel de refrigeración, filtros y limpieza interior, maximicen su eficiencia a la vez que reduzcan su consumo energético.

#### 4.3.14.8. *Tomas de tierra*

Las tomas de tierra deben estar correctamente dimensionadas para la corriente que soporten y cumplir la normativa definida en el apartado 4.3.1.

#### 4.3.14.9. *Freno Reostático*

En el diseño y ubicación del freno reostático se tendrá en cuenta la disipación de calor y su posible influencia sobre los equipos contiguos, garantizando que las temperaturas admisibles de los equipos contiguos no serán sobrepasadas.

#### 4.3.14.10. *Sistema de control de tracción*

El sistema de control de tracción del vehículo será el encargado de realizar las siguientes funciones:

- Control de los motores: regulación, protección y generación de pulsos por el ondulator.

- Control del freno mecánico y del sistema antideslizante.
- Diagnóstico de averías (indicación y registro).

#### 4.3.15. Sistema de frenado

Estará formado por:

- **Freno eléctrico:** gracias a los motores de tracción que funcionan en modo generador, los bogies motores pueden ser frenados con un esfuerzo constante y continuo por todos los valores de velocidad y sea cual sea la carga del tren (esfuerzo de frenado corregido en función de la carga). Un sistema antibloqueo controlará el frenado para evitar el bloqueo de las ruedas.

El frenado eléctrico funcionará en recuperación (retorno de energía de frenado a la catenaria) o en reóstato (disipación de la energía de frenado a las resistencias de frenado montadas sobre el techo de los vehículos).

- **Freno mecánico con accionamiento hidráulico.** El frenado mecánico se utiliza conjuntamente con el frenado eléctrico, en caso de mayores necesidades de frenado o, sobre todo, en caso de fallo del mismo en una parte de la unidad.
- **Patines electromagnéticos.**

La combinación de los frenos anteriores da lugar a los siguientes modos de frenado:

- **Freno de servicio:** deberá ser capaz de garantizar una desaceleración de  $1,2 \text{ m/s}^2$  en cualquier condición de operación del vehículo (cargado/vacío, carriles secos/mojados, pendientes, etc.). Participan los dos sistemas de freno siguientes:
  - Freno eléctrico regenerativo/reostático
  - Freno mecánico, que debe continuar el servicio con las mismas prestaciones que en eléctrico.
- **Freno de emergencia:** Se definirán al menos los siguientes frenos de emergencia de acuerdo con la normativa EN 13452:
  - **FU1:** Tendrá que poder frenar el tren en caso de la activación del hombre-muerto, entre otras causas. Será un freno irrevocable con una desaceleración de entre  $1,5$  y  $2,0 \text{ m/s}^2$ . Utilizará el freno electrodinámico (o hidráulico en caso de carencia de disponibilidad) y patines electromagnéticos.
  - **FU3:** Deberá ser capaz de garantizar una desaceleración entre  $2,5$  y  $3,0 \text{ m/s}^2$  según los distintos estados de carga. Se basará en la aplicación de los patines electromagnéticos, un sistema de freno independiente de la adherencia rueda/carril. Si este sistema de freno requiere aportación de energía para su funcionamiento, será tomada de la(s) batería(s) del vehículo.
  - **FU4:** Tendrá que ser capaz de frenar el tren en caso de un fallo eléctrico en los cofres de tracción. Por ese motivo se basará en la aplicación de freno hidráulico no regulado y patines electromagnéticos. Garantizará una desaceleración de entre  $2,0$  y  $3,0 \text{ m/s}^2$ .

- **Freno de estacionamiento:** la unidad irá equipada con freno de estacionamiento capaz de mantener parada la unidad básica cargada con carga máxima (pasajeros sentados y 8 pasajeros/m<sup>2</sup>) en tramo de pendiente máxima en línea (75 ‰). Además, el freno de estacionamiento de una unidad deberá ser capaz de mantener parado un tranvía formado por dos unidades vacías en tramo de pendiente máxima (80 ‰).

El freno de estacionamiento deberá llevar un dispositivo que permita su desactivación manual en caso de emergencia.

Las resistencias del freno reostático irán ubicadas en el techo del vehículo. El vehículo irá equipado con un sistema "antirodamiento" para que, si estando el vehículo parado comienza a moverse sin que se haya puesto tracción, se active el freno de emergencia.

#### **4.3.16. Equipo antideslizamiento y arenero**

El vehículo estará equipado con equipos automáticos de control antideslizante que eviten el deslizamiento/patinaje de las ruedas en tracción y freno.

Además, el vehículo llevará, en cada bogie motriz, equipos areneros para mejorar las condiciones de adherencia cuando sea necesario. Su activación será automática, pero podrá ser controlada desde las cabinas de conducción, a petición del conductor. Los eyectores estarán diseñados teniendo en cuenta que no permitan la entrada de agua.

#### **4.3.17. Sistema de engrasado pestaña/cabeza de carril**

El vehículo estará equipado con un sistema de engrasado automatizado de la pestaña y de la cabeza del carril. Este sistema se controlará automáticamente, a través del SAE, en función de la posición de los trenes en la vía. Por lo general, el sistema se pondrá en funcionamiento en cualquier curva con radio inferior a 80 m.

#### **4.3.18. Sistema de monitorización y ahorro del consumo de energía**

Las nuevas unidades irán equipadas con un sistema de monitorización de los consumos de energía de los diferentes equipamientos y recuperación de energía, con un módulo *ecodriving* especificando el consumo al conductor.

Se valorará positivamente que se equipen las nuevas unidades con sistema de almacenamiento de energía para contrarrestar la no recuperación de energía en zonas con ACT o energía a reóstato.

#### **4.3.19. Sistema de comunicación interior**

Los vehículos dispondrán de un sistema interior de megafonía que permitirá transmitir mensajes o avisos a los pasajeros. Estos mensajes podrán ser pregrabados o emitidos directamente por el conductor o por el PMC.

También se permitirá la comunicación del pasaje con cabina y PMC en caso de necesidad.

#### **4.3.20. Alumbrado**

La iluminación interior será con tecnología LED, convenientemente distribuida para conseguir una buena uniformidad.

El sistema dispondrá de un sensor del nivel de iluminación que permitirá su apagado automático y/o la disminución de intensidad.

Al margen de este sistema de sensores automáticos se dispondrá de interruptores de control del encendido/apagado de la iluminación en el puesto de conducción.

Además, el vehículo dispondrá de luces de emergencia. La iluminación de emergencia se alimentará a través de la batería del vehículo de forma independiente, estando conectadas, preferentemente, la mitad de ellas de forma alternada.

Al menos sobre cada puesto de conducción y en cada una de las puertas habrá una luminaria de emergencia.

#### **4.3.21. Sistema de ventilación-calefacción-aire acondicionado:**

El sistema de ventilación-calefacción-aire acondicionado será de funcionamiento automático en función de la temperatura exterior, teniendo en cuenta las condiciones climáticas del área de Barcelona.

El vehículo irá equipado con un sistema de ventilación forzada que garantice la renovación de aire exigida y un sistema de calefacción y aire acondicionado que permita mantener una temperatura interior de  $20^{\circ}\pm 2$  en invierno y  $25^{\circ}\pm 2$  en verano. Los tiempos para llegar al régimen permanente en estas temperaturas serán los definidos en la normativa (véase apartado 4.3.1) y se basará en una curva de consigna parametrizada.

El conductor podrá variar las condiciones del sistema (climatizador) a través de los mandos correspondientes. Las tres funciones, ventilación, calefacción y climatización podrán integrarse en un solo equipo combinado. La climatización de la cabina de conducción deberá ser independiente de la climatización del departamento de pasajeros.

El sistema de climatización tanto de la sala como de cabina deberá permitir una gestión eficiente.

Dispondrá de sensores de CO<sub>2</sub>, que darán consignas.

La climatización de la cabina será independiente de la climatización de la sala de pasajeros.

El conmutador de aire acondicionado, ubicado dentro del armario eléctrico de la cabina de conducción, estará al alcance del conductor.

El control económico del sistema de climatización permitirá la regulación de la temperatura, la grabación y la comunicación de los fallos del equipo y la asistencia en el mantenimiento.

Empleará productos refrigerantes previstos en la normativa europea vigente, con el menor impacto ambiental posible.

Se instalarán filtros y sistemas de desinfección del aire, útiles para la mejora de la calidad del aire interior y más en un contexto de emergencia sanitaria provocada por la pandemia de la COVID-19.

La renovación del aire fresco en la sala de pasajeros y cabina deberá regularse de forma efectiva y no superar los 5 minutos de renovación completa del aire que tiene la flota actual.

En este aspecto, el sistema de ventilación-calefacción-aire acondicionado, tanto de sala como de las cabinas de conducción, deberá tener incorporado un sistema de ionización del aire, en concreto ionización bipolar de punta de aguja (también llamada ionización bipolar de plasma frío), que permitirá reducir el riesgo de infección por patógenos presentes en el aire y de respirar el resto de contaminantes que se pueden encontrar en el aire del interior del tranvía. A tal efecto, los equipos de aire acondicionado tendrán que disponer de los equipos necesarios para implementar el sistema de ionización, teniendo en cuenta el estudio del modelo de climatización y sus caudales, así como la planimetría de los conductos y equipos de ventilación. El sistema deberá acompañarse de las pruebas necesarias para certificar un buen rendimiento de ionización del aire que garantice la buena calidad del mismo.

#### **4.3.22. Sistema de información a los pasajeros**

El Sistema de información al viajero a instalar en las nuevas unidades a suministrar dispondrá de:

- Paneles indicadores de destino exteriores (1 panel frontal en cada extremo, indicando entre otras cosas el número de la línea y 1 panel lateral a cada lado de al menos uno de los módulos, preferentemente en la parte inferior de las ventanas), con LED (preferentemente blancos como en la flota actual) capaces de autorregularse según la claridad. El texto de estos indicadores de frente deberá ser claramente legible por una persona situada en el andén, desde una distancia mínima de 100 m, en cualquier condición de iluminación exterior (día/noche, superficie/túnel, posición del sol, etc.), sin reflejos del entorno.
- Pantallas de información embarcadas: de alta luminosidad tanto de día como de noche, mostrando información al viajero (anuncio de estaciones y correspondencias, lado de apertura de las puertas, incidencias, etc.) y con posibilidad de video difusión de contenidos, ya sea pregrabados a bordo o cargados mediante alguna de las redes inalámbricas tren-tierra de la explotación.
- Indicadores LED del lado de apertura de puertas (si esa funcionalidad no queda integrada en las pantallas anteriores).
- Sistema de megafonía con emisión tanto de mensajes pregrabados, o emitidos en directo por el conductor o por el PMC.
- Sistema de comunicación entre pasajeros y PMC.
- La información en los paneles luminosos interiores debe tener caracteres gráficos según la norma ISO 3864-1.

#### **4.3.23. Equipos de emergencia**

Las unidades dispondrán de:

- Aparatos de alarma con intercomunicador: Se ubicarán en las zonas de acceso junto a las puertas. Por lo tanto, su accionamiento deberá tener:
  - Indicación inmediata al conductor.
  - Comunicación directa entre pasajero y conductor
  - Comunicación directa entre pasajero y Puesto de Mando Central
  - Registro en la “caja negra”.
  - Freno de urgencia, en la salida de parada.

Estos dispositivos tendrán que ser claramente visibles, de fácil activación provocada, pero de difícil activación no deseada. Junto a estos dispositivos se contemplarán los soportes necesarios para fijar una placa de aviso (información, instrucción, multas en caso de abuso, etc.). Cuando uno de estos dispositivos haya sido activado, quedará anclado y en el panel de control se reflejará su identificación. Su altura se ubicará según la normativa de accesibilidad vigente.

- Baterías de emergencia capaces de mantener funcionales los equipos vitales del vehículo (mando/control, comunicaciones, frenos, etc.) durante al menos una hora. Este tiempo deberá mantenerse al menos hasta la mitad de la vida útil.

- Extintores: en el interior del vehículo, en la cabina de conducción, se colocarán extintores de acuerdo con las exigencias legales en vigor.
- Botiquín de primeros auxilios: en cada puesto de conducción habrá un botiquín de primeros auxilios.

#### **4.3.24. Faros, señalización luminosa y acústica externa.**

Los vehículos llevarán exteriormente faros exteriores tipo LED y la señalización luminosa requerida por la normativa vigente.

Igualmente, los vehículos contarán con los sistemas de aviso acústico exigidos por la normativa española para este tipo de vehículos en ambos tipos de tramo (segregado y no segregado).

Se deberá incluir la posibilidad de activar/desactivar la emisión de señales acústicas a velocidades inferiores a 30 km/h, para alertar del paso de los vehículos, en este caso eléctricos y silenciosos, en cruces y estaciones a personas invidentes o con dificultades visuales.

Se valorará positivamente la existencia de sistema de megafonía exterior para posibilidad de comunicar mensajes al exterior en casos puntuales.

#### **4.3.25. Red de comunicaciones interna del tren**

Se requiere diseñar la red de comunicaciones del tren tipo IP, multiservicio, al menos para aquellos sistemas considerados no vinculados a la seguridad del tren (CCTV, video difusión, SIV, billética, cuenta personas, etc.).

Se requiere una red Gigabit tren de nivel 3 con conectividad al exterior mediante wifi/4G o 5G. Los protocolos de comunicación de esta red deben ser estándares o públicos en caso contrario, para permitir escalabilidad y/o cambio de proveedores sin cajas negras.

Los equipos de tracción-frenado, equipos de sistemas de información (y en general, todos los equipos que utilicen el bus de comunicaciones) estarán conectados a una única red de transmisión de datos, que estará redundada, y que permitirá acceder a ella remotamente con protocolos de comunicación abiertos. En caso de operación en composición múltiple, la unión eléctrica entre los vehículos garantizará la continuidad de esta red.

No obstante, el tranvía podrá operar en modo degradado en caso de que ninguna red esté en funcionamiento.

La empresa suministradora deberá justificar las distintas tipologías de redes adicionales no descritas aquí (MVB, CAN, Profinet, etc.). Las redes utilizadas tendrán que consistir en sistemas maduros ampliamente utilizados en el sector ferroviario.

#### **4.3.26. Redes de comunicaciones tren-tierra**

Las unidades se equiparán con radiotelefonía compatible con la red actual TETRA Digital para las comunicaciones Tranvía-PMC.

Se requiere conectividad tren-tierra con las redes de explotación con tecnología wifi/4G o 5G en coherencia con el proyecto constructivo de sistemas de la fase 1 de conexión de las redes de tranvía y con las redes tranviarias actualmente en operación.

Adicionalmente, se requiere de GPS y de su antena, para funciones de localización del tren complementarias en el odómetro, especialmente para el sistema SAE.

#### **4.3.27. Bucles auditivos**

Al menos los 2 módulos de los tranvías considerados accesibles y que contengan el espacio destinado a PMR irán equipados con bucles de inducción auditivos con emisión de mensajes de interfonía y megafonía.

#### **4.3.28. Otros equipamientos**

- Sistema CCTV embarcado digital, con el número de cámaras interiores necesarias para cubrir todo el tranvía (mínimo 4) y 2 frontales encarados al trazo del tranvía. La capacidad de almacenamiento de información del sistema permitirá grabar de forma continuada al menos 7 días. El sistema de almacenamiento de la información será FIFO, excepto para las grabaciones en estado de alarma (las que se producen, por ejemplo, cuando se ha activado un aparato de alarma de puertas), que deben almacenarse durante al menos 30 días.
- Sistema SAE a bordo compatible con las redes actuales y con los proyectos en desarrollo por el operador tranviario.
- Sistema de billética embarcado (12 validadoras por vehículo, conectadas a 2 consolas, una en cada cabina según requerimientos T-mobilitat).
- Sistema de conteo de personas, según especificaciones del operador tranviario.
- Equipos de señalización viaria a bordo, según "Proyecto de sistemas de la conexión de las redes tranviarias".
- Sistema embarcado de telecontrol automático de las agujas o preparación realizada, según "Proyecto de sistemas de la conexión de las redes tranviarias".
- Puertos de carga USB para viajeros.
- Red de 230 V de mantenimiento instalada en el tren. Se instalará, al menos, un enchufe accesible en cada cabina para uso del conductor y otros 2 en la sala de pasajeros (distribuidos adecuadamente a lo largo del tranvía) ocultos para el uso del personal de mantenimiento.
- Monitorización conducción
- Se valorarán sistemas de ayuda a la conducción (como detección de obstáculos...).

#### 4.4. PRESTACIONES DEL MATERIAL MÓVIL ACTUAL DE REFERENCIA

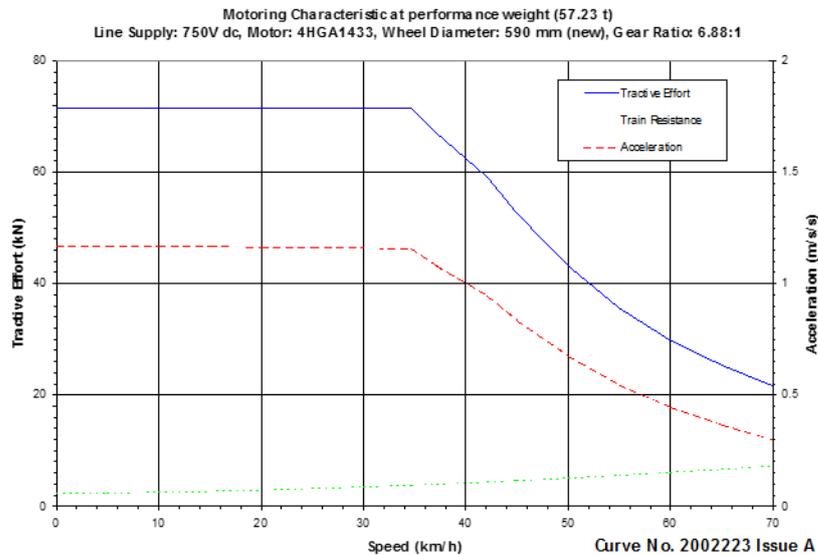
A continuación, se describen las prestaciones del material móvil actual, como referencia a mantener o mejorar en el nuevo material móvil objeto de esta licitación. El cálculo de los resultados del material móvil está basado en el estándar alemán VDV 150 (cálculo de los resultados para una carga igual al peso vacío, más 2/3 del peso de los pasajeros sentados, más 2/3 de 500 kg por metro cuadrado destinado a pasajeros de pie (*2/3 Maximum Pay Load*)).

##### 4.4.1. Aceleraciones

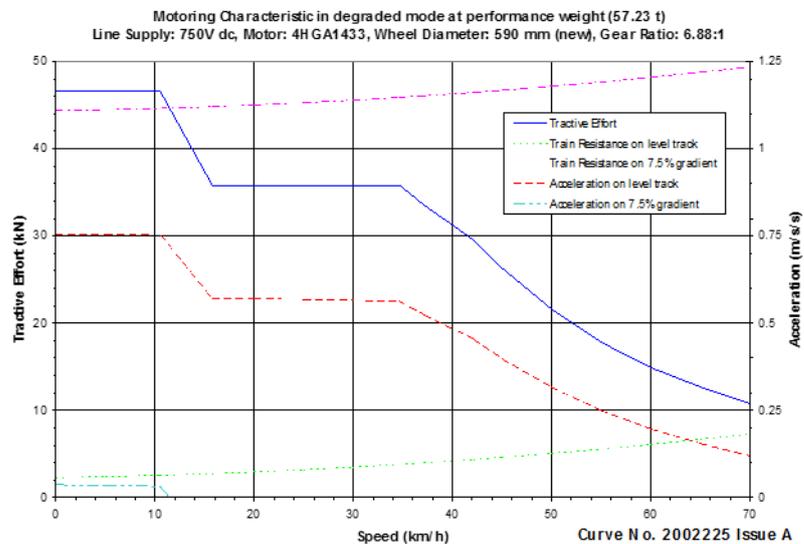
Los resultados característicos de un tranvía en tracción, con ruedas nuevas y con una tensión de suministro nominal de 750 Vcc, de acuerdo con EN 50215, serán las siguientes:

- Esfuerzo de tracción máxima en el arranque: 67,6 kN por tranvía.
- Aceleración media entre 0 y 35 km/h: 1,15 m/s<sup>2</sup>.
- Aceleración media entre 35 y 70 km/h: 0,63 m/s<sup>2</sup>, aunque la tracción se limitará a 50 km/h.
- *Jerk* máximo: 1,0 m/s<sup>3</sup> (ajustable).

Característica del motor en tracción:



Característica del motor en tracció en modo degradado:



El material mòvil serà capaç de arrancar en pendients del 7,5 %, en plena carga, con solo la mitad de la motorización disponible, conservando una aceleración residual de 0,01 g (según normativa).

#### 4.4.2. Velocidad máxima

El vehículo tendrá una velocidad máxima, con una carga de *2/3 Maximum Pay Load*, a una velocidad de servicio normal de 70 km/h, aunque se suministrarán con la tracción limitada a 50 km/h, de acuerdo con lo establecido con el resto de la flota en operación.

#### 4.4.3. Resultados de frenado

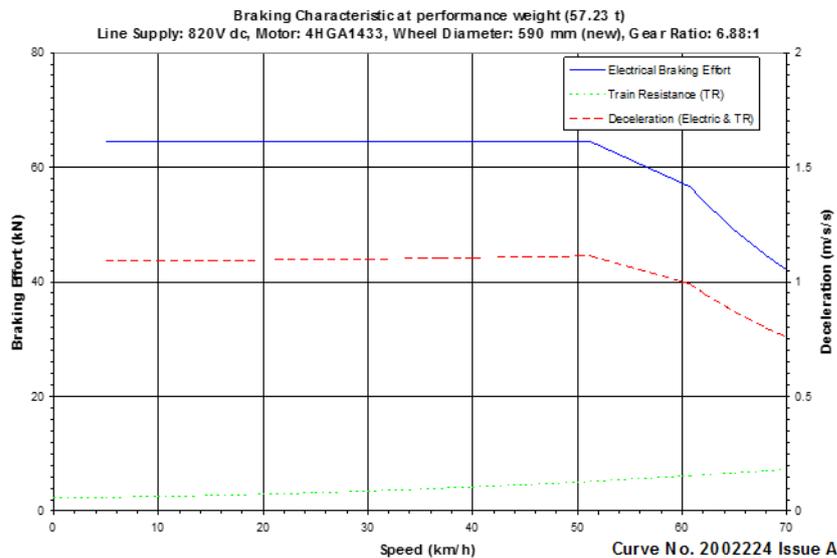
##### 4.4.3.1. Frenado de servicio

Los resultados característicos de frenado dinámico, con ruedas nuevas y con una tensión en el filtro de 820 Vcc, de acuerdo con el EN 13452, serán los siguientes:

- Esfuerzo máximo de frenado: 60 kN por tranvía.
- Esfuerzo necesario para frenar el vehículo con una desaceleración de 1,1 m/s<sup>2</sup>: 60,3 kN por tranvía. Este esfuerzo de frenado puede obtenerse para velocidades de entre 65 y 5 km/h. Para otras velocidades, estos resultados se pueden conseguir aplicando frenados mecánicos.

Estos resultados son independientes de la tensión de línea, de la carga del vehículo y el modo de funcionamiento (normal o degradado).

Característica del motor en el frenado:



En caso de que solo el 50 % de la capacidad de frenado estuviera disponible, se conservarán los resultados de frenado, y la velocidad de circulación se limitará automáticamente.

**4.4.3.2. Freno de emergencia**

La desaceleración durante el frenado de emergencia será de 3 m/s<sup>2</sup>, de 70 a 0 km/h con aplicación de todos los frenos disponibles. El *jerk* no excederá los 7 m/s<sup>3</sup>.

**4.4.3.3. Freno de inmovilización**

El freno de inmovilización permitirá inmovilizar a un vehículo en una pendiente del 7,5 % con un viento de 16 m/s.

**4.4.3.4. Freno de estacionamiento**

El freno de estacionamiento permitirá inmovilizar un vehículo en una pendiente del 7,5 % con un viento de 16 m/s, aplicando el freno de fricción en las ruedas motor de los bogies.

**4.4.3.5. Distancias de frenado**

Las diferentes distancias de frenado serán como máximo las siguientes:

Gradiente	50 km/h a 0		40 km/h a 0		30 km/h a 0	
	Máximo frenado de servicio	Frenado de emergencia	Máximo frenado de servicio	Frenado de emergencia	Máximo frenado de servicio	Frenado de emergencia
+2 %	59,2 m	30,6 m	38,8 m	20,4 m	22,7 m	12,1 m
0	66,0 m	32,1 m	43,3 m	21,4 m	25,3 m	12,7 m
-1 %	70,1 m	33,0 m	45,9 m	21,9 m	26,9 m	13,0 m
-2 %	74,7 m	34,2 m	49,0 m	22,8 m	28,6 m	13,5 m
-5 %	92,9 m	37,1 m	60,9 m	24,7 m	35,7 m	14,7 m
-8 %	122,0 m	40,9 m	80,7 m	27,3 m	47,3 m	16,2 m

#### 4.5. ESPECIFICACIÓN DE LAS INTERFACES DEL MATERIAL MÓVIL.

Cada una de las interfaces aquí descritas se tratarán y se expondrán detalladamente en la oferta a formular por la empresa suministradora del material móvil.

##### 4.5.1. Interfaz con el trazado

En el Anexo n.º 1 de este Pliego se especifican las características de trazado para las que el vehículo estará previsto:

Parámetro	Valor
Distancia vía	1435 mm (-0; +2 mm)
Radio mínimo / curva en línea *	20 m
Radio mínimo en la pista de servicio y en cocheras (a baja velocidad) **	18 m
Kv mínimo / parábolas verticales en línea y en cocheras	300 m
Máxima rampa en línea (para una distancia ilimitada)	7,5 %
Rampa máxima en vía de servicio y en cocheras	8 %

\* el trazado actual está limitado a radio mínimo en línea a 25 m y de 20 m en cochera.

Los nuevos proyectos de "Vía e infraestructura" y de la misma forma que lo hacen los ya construidos tendrán en cuenta los siguientes datos relativos al material móvil:

- Distancia entre bogies: alrededor de 11 m (determinación de la distancia mínima en alineación recta).
- Distancia pivote bogie motor – ante el vehículo: 5.115,5 mm (determinación de la transición del gálibo entre alineación recta y curva)
- Calado de los ejes: 1381 (-1; +1) mm (tolerancias sobre la distancia de vía).
- Altura máxima del agua a partir del plano de rodadura: 100 mm (estudio de drenaje y recubrimientos).
- El perfil de la rueda del material móvil (véase geometría en anexo) será compatible con los siguientes tipos de carril:
  - Ri55N (vía corriente redes existentes),
  - Ri60 (aparatos de vía y vía red de nueva construcción),
  - UIC 54 (vía con fosa en talleres).

Por último, el material móvil deberá proporcionar un espacio de almacenamiento en cada cabina de conducción para una palanca de maniobra para las agujas.

Se incluirá manga y conexiones con sistemas de aviso acústico y freno de emergencia para formador.

#### 4.5.2. Interfaz con la línea aérea de contacto

La línea de contacto cumplirá los siguientes datos relativos al material móvil (MM):

Tiro	Valor	
Altura máxima de captación	6500 mm	
Altura mínima de captación	3600 mm	
Rampa máxima permisible por el MM para el hilo de contacto (en cumplimiento de la norma UNE-EN 50119:2021)	V = 10 km/h	6 %
	V = 30 km/h	4 %
	V = 60 km/h	2 %
Descentramiento máximo admisible por el MM para el hilo de contacto de alineación recta	Panto bajo (3,6 m)	±230 mm
	Panto alto (6,5 m)	±200 mm
Desplazamiento máximo permitido por el MM para el hilo de contacto en el exterior de la curva	Panto bajo (3,6 m)	±380 mm
	Panto alto (6,5 m)	±300 mm
Presión estática media para asegurar la fricción del patín del pantógrafo	85 N	
Presión dinámica media para asegurar la fricción del patín del pantógrafo	Se definirá en la fase de pruebas	
Ancho de la banda de fricción del pantógrafo (medido en paralelo a la vía)	410 mm	
Máxima velocidad del material	70 km/h	
Velocidad máxima autorizada (fuera del terreno propio)	50 km/h	

Habrà que estudiar la interfaz física de la banda de fricción del pantógrafo-hilo de contacto (elección de los materiales).

La elección de los pararrayos instalados a bordo de las unidades deberá coordinarse entre los diferentes subsistemas (MM, LAC para los pararrayos de los palos de catenaria, la energía por los pararrayos en la subestación y en los armarios *feeder*).

#### **4.5.3. Interfaz con señalización ferroviaria**

El sistema de señalización ferroviaria a bordo dispone de una interfaz con el MM para las funciones e instalación de los siguientes equipos:

- Valor de *shuntado* de los ejes
- Diagrama del MM para determinar las longitudes mínimas del CdV tipo tranvía
- Estudio ergonómico e instalación de botones pulsadores en la cabina para el accionamiento de agujas motorizadas
- Instalación y conexión de balizas emisoras para el accionamiento de agujas motorizadas

Las unidades suministradas irán equipadas con los equipos embarcados del sistema de señalización ferroviaria y control automático de agujas, instalados y puestos en funcionamiento convenientemente.

Los equipos embarcados tendrán que estudiarse en previsión de posibles operaciones con unidades múltiples tanto entre unidades nuevas como con las preexistentes.

#### **4.5.4. Interfaz con SAE/Radio**

El sistema a bordo del SAE tiene una interfaz con el sistema informático del MM, para las transmisiones de información:

- Control continuo de velocidad en línea,
- Información para el control de los paneles,
- Información para el controlador del SIV,
- Información para el control de engrasado de las pestañas,
- Mensaje de anuncio de próxima estación en el sistema de interfonía del tren,
- Información de apertura de puertas,
- Información del sentido de la marcha.
- Estado de accionamiento del pedal de emergencia
- Información de Frenado de Urgencia al PMC

El SAE también dispone de una interfaz con los odómetros del MM, para recibir los datos de velocidad real del vehículo (impulsos odométricos).

Los componentes a bordo del sistema SAE/Radio tendrán una interfaz con el MM (interfaces: mecánica, dinámica para las antenas, eléctrica, cableado, medio ambiente, ergonomía). Habrá que definir las reglas para el uso y distribución de los micrófonos y altavoces entre el SAE/Radio y el MM.

Las unidades suministradas irán equipadas con los equipos embarcados del SAE/Radio e instalados y puestos en funcionamiento convenientemente.

Los equipos embarcados tendrán que estudiarse en previsión de operación en UM.

#### **4.5.5. Interfaz con señalización viaria**

Los componentes embarcados del sistema de señalización viaria tienen una interfaz con el MM (interfaces: mecánica, dinámica para antenas, eléctrica, cableado, medio ambiente, ergonomía).

Las unidades suministradas irán equipadas con los equipos embarcados de señalización vial e instalados y puestos en funcionamiento convenientemente.

Los equipos embarcados tendrán que estudiarse en previsión de operación en UM.

#### **4.5.6. Interfaces con energía**

- Estudio de los armónicos devueltos a la subestación durante el frenado del vehículo.
- Estudio de la selectividad de las protecciones entre subestaciones y vehículos.
- Dimensionamiento de los pararrayos.

#### **4.5.7. Interfaz con áreas públicas**

- Determinación de la altura y del posicionamiento de los andenes en la estación, en función de las características del material móvil (gálibo dinámico, estribo fijo... ).
- Determinación de la longitud de los andenes (US/UM/trenes estacionados en la terminal), definición y señalización de los puntos de parada en la estación, en función de las características del material móvil (longitud, visibilidad... ).

#### **4.5.8. Interfaz con la Billética**

Los componentes embarcados del sistema de billética tienen una interfaz con el MM (interfaces: mecánica para las validadoras, balizas infrarrojas, etc.; dinámica de antenas y balizas infrarrojas en el gálibo; parte eléctrica; cableado; medio ambiente; diseño; ergonomía, especialmente para los equipos visibles que deben estar en armonía con el diseño de interiores de los vehículos).

Las unidades suministradas irán equipadas con los equipos embarcados de billética y habrá 12 validadoras por tren en particular y dos consolas que cumplirán los requisitos de T-mobilitat.

El equipo a bordo debe ser compatible para la operación con UM.

#### **4.5.9. Interfaz con equipamiento de COCHERAS**

Las unidades de material móvil a suministrar serán compatibles con los equipos de cocheras y talleres actuales en las redes tranviarias y en concreto las que se han tenido en cuenta para el:

- Dimensionamiento general de los equipos de las cocheras en función del peso, dimensiones y GLO del MM y las características de su equipo principal (diseño de las pasarelas según la accesibilidad del equipo, dimensionamiento de los puentes enrollables según cargas... ).
- Dimensionamiento del turno de la fosa según las características de las ruedas y los bogies del MM.
- Dimensión y posición de los arenales para el diseño de la estación de servicio.
- Determinación de los puntos de elevación del tren para el diseño de la vía de elevación.
- Diseño de la alimentación por *stingers* del MM en la zona del turno de fosa.

- Debe tenerse en cuenta la presencia del sistema ACT en el diseño de la integración del vehículo con las cocheras. La empresa suministradora deberá prestar especial cuidado en que se pueda mantener el tranvía de forma segura bajo bastidor con tensión de catenaria, por ejemplo, con un elemento de enclavamiento en el pantógrafo o pueden ser necesarios patines de captación.

#### **4.5.10. Interfaz con la obra civil**

Las unidades de material móvil a suministrar tendrán un gálibo compatible con las infraestructuras existentes a lo largo de la red vía (puentes, viaductos, túnel de la Gran Vía...), especialmente teniendo en cuenta alturas mínimas de captación del pantógrafo, pendientes y rampas de acceso al túnel, y su peso y sobrecargas admisibles, así como las posibles limitaciones de velocidad.

#### **4.5.11. Interfaz para la realización de simulaciones energéticas**

En la documentación de la oferta de las nuevas unidades de material móvil será necesario que se informe de los datos a tener en cuenta para realizar simulaciones de energía y los consumos energéticos estimados en diferentes situaciones de carga y con los equipos de climatización funcionando.

#### **4.5.12. Interfaz ACT**

El MM debe estar preparado para la instalación del sistema Alimentación Continuada por Tierra (ACT) que se prevé instalar en la implantación de la red tranviaria unificada. La empresa suministradora se compromete a integrar en su material móvil los equipos suministrados por el proveedor del sistema ACT.

El sistema ACT puede exportar requerimientos de diseño al material móvil que la empresa suministradora deberá tener en cuenta en la integración de estos equipos.

### **4.6. GESTIÓN DE LAS UNIDADES MÚLTIPLES**

Según las previsiones de demanda de la red tranviaria unificada, se prevé en la fase 2 la operación con unidades múltiples (UM) de forma habitual, por lo que el material móvil deberá estar diseñado para este modo de operación ya en fase 1. A pesar de la previsible incompatibilidad con la flota existente, deberán aportarse soluciones para permitir al menos la maniobra de remolque/empuje con las unidades existentes. Se valorará como mejora soluciones de ensamblaje automático o semiautomático de dos tranvías.

Todos los sistemas embarcados con los que se equiparán las nuevas unidades de material móvil también se habrán previsto desde su origen para que puedan funcionar en UM de forma habitual (SAE, billética, radio, dispositivos para el accionamiento automático o manual de la aguja...).

## **5. ORGANIZACIÓN EN LA EJECUCIÓN DEL CONTRATO EN LO QUE RESPECTA A LA INTERLOCUCIÓN, COORDINACIÓN Y SUPERVISIÓN**

La ATM designará a una Dirección responsable del contrato (DRC), encargada de comprobar la correcta ejecución del Contrato. Esta DRC contará con un equipo técnico que actuará como Asistencia técnica tanto para el seguimiento y supervisión de la fabricación de los nuevos tranvías como para la aplicación del plan de seguridad (Safety) de la ATM.

La empresa adjudicataria nombrará, por su parte, a una Dirección responsable de la ejecución del contrato, como interlocutor de la DRC nombrada por la ATM, que estará obligado a informar por escrito de los avances del proceso, en los términos previstos y siempre que le sea requerido, aportando la documentación necesaria.

Para la coordinación, seguimiento y supervisión de los trabajos, se mantendrán reuniones de carácter (en principio) mensual.

Se preverán las visitas/reuniones presenciales en el centro de fabricación para la comprobación/validación de hitos contractuales, participación en ensayos, pruebas, etc. cuando sea necesario.

## **6. RECURSOS HUMANOS**

Las empresas licitadoras tendrán que presentar a la ATM el organigrama general del personal de su equipo que participará en la ejecución de este contrato. Este equipo deberá contener al menos:

- Director responsable de la ejecución del contrato como interlocutor de la ATM.
- Responsable/s técnico/s de los diferentes conjuntos/subconjuntos que componen el material móvil.
- Responsable de calidad.
- Responsable/interlocutor Safety.
- Responsable de pruebas.
- Responsable de asistencia al mantenimiento hasta la recepción de las unidades y durante la garantía.

Este organigrama debe velar por cada una de las personas del equipo que participe en la ejecución del contrato, su calificación profesional y una breve relación de los últimos proyectos de material móvil ferroviario realizados.

El equipo humano aportado deberá demostrar una experiencia mínima en proyectos de fabricación de material móvil ferroviario de 10 años, para el Responsable del Proyecto y 5 años para el resto.

Los licitadores concretarán la composición del equipo de trabajo que pondrán a disposición del contrato, acreditando que poseen la experiencia profesional exigida.

La ATM se reserva el derecho de comprobar las capacidades del personal que participa en el contrato en cualquier momento y rechazarlo en caso de que no cumplan con los requisitos exigidos. Los gastos que se deriven como consecuencia de cambios en el equipo de trabajo correrán a cargo del adjudicatario.

La empresa adjudicataria tendrá que mantener el equipo de trabajo adscrito al contrato durante toda la vigencia del mismo. En caso de que deba producirse la sustitución de algún miembro del equipo, la empresa adjudicataria lo comunicará a la ATM y la sustitución deberá hacerse por un perfil que al menos tenga las mismas características profesionales y técnicas que las exigidas en esta cláusula; en caso contrario y sin el consentimiento de la ATM, este hecho será susceptible de sanción.

## **7. CONDICIONES DE EJECUCIÓN**

A continuación, se detallan las condiciones de ejecución del presente contrato.

### **7.1. LUGAR DE ENTREGA**

La entrega será en las instalaciones de **Talleres y Cocheras del Trambesòs, ubicados en la avenida Eduard Maristany** en carrer de la Pau, en Sant Adrià de Besòs, siendo el adjudicatario el responsable de su transporte.

En caso de que no fuera posible el acceso del transporte de las unidades a este emplazamiento, se deberá prever la descarga de las mismas en plena vía, en el tramo de la avenida Eduard Maristany, en horario fuera del servicio comercial.

## 7.2. PLAZOS DE ENTREGA

El plazo máximo de entrega es de 17 meses a partir de la firma del contrato.

Se prevén los siguientes hitos intermedios que corresponderán a hitos de facturación:

- A la firma del contrato (10 % del precio total del contrato).
- A la entrega del proyecto (10 % del precio total del contrato).
- El 80 % restante de la siguiente forma:
  - A la recepción de los perfiles de aluminio del tranvía (20 % del precio unitario de cada tranvía).
  - A la finalización de la estructura-bastidor del tranvía (15 % del precio unitario de cada tranvía).
  - A la finalización de cada tranvía y disposición para pruebas (15 % del precio unitario de cada tranvía).
  - En la superación con éxito de las pruebas en fábrica (10 % del precio unitario de cada tranvía).
  - A la obtención de la autorización del permiso de circulación en vacío de cada unidad para la red Trambesòs (5 % del precio unitario de cada tranvía).
  - A la obtención de la autorización del permiso de circulación en servicio comercial de cada unidad (5 % del precio unitario de cada tranvía).
  - A la firma del acta de recepción de cada unidad (10 % del precio unitario de cada tranvía).

A efectos del presente apartado, se considera precio unitario de cada tranvía el resultante de dividir por 3 el precio de adjudicación del contrato (IVA excluido).

Las empresas suministradoras podrán proponer una alternativa de facturación correspondiente a otros hitos, con el visto bueno necesario de la ATM, siempre y cuando no se superen las anualidades de disposición presupuestaria previstas por la ATM.

## 7.3. GARANTÍA Y FORMACIÓN

### 7.3.1. Garantía general

Las unidades estarán sujetas a un plazo de garantía general de **200.000 km o 2 años**, lo que acontezca primero, contados a partir de la fecha de recepción provisional.

La recepción provisional se realizará una vez que la unidad haya sido útil y prestado servicio en la línea durante 30 (treinta) días seguidos sin presentar avería. Durante ese tiempo, la unidad estará sujeta a las operaciones de mantenimiento preventivo establecidas en el plan de mantenimiento.

En caso de que una unidad deba estar inmovilizada por causa atribuible a la empresa adjudicataria, el período de garantía de esta unidad aumentará en los días de inmovilización.

En caso de que no se alcancen los requisitos de fiabilidad de las unidades, la empresa adjudicataria deberá introducir las modificaciones necesarias para que se cumplan, sin que ello suponga coste alguno para la ATM, y la garantía será ampliada de manera que empiece a contar a partir de la recepción provisional de las modificaciones implementadas.

Si durante el período de garantía se produjera la inutilización de alguna pieza por defectos imputables a su diseño, fabricación o características del material utilizado, la empresa adjudicataria estará obligada a responder por su cuenta, incluyendo los desmontajes y montajes precisos, la pieza o piezas defectuosas y a concebir un nuevo plazo de garantía de igual duración que el anterior, quedando las piezas defectuosas en propiedad de la empresa adjudicataria.

Asimismo, la empresa adjudicataria deberá solucionar todos aquellos puntos pendientes que se hayan reflejado en las actas de recepción provisional del material móvil o en los riesgos exportados procedentes de los expedientes de seguridad de otros actores.

Correrán a cargo de la empresa adjudicataria los gastos correspondientes a las pruebas generales complementarias que debieran realizarse durante el período de garantía.

La recepción definitiva de las unidades tendrá lugar una vez finalizado el período de garantía de cada unidad, siempre y cuando se hayan cumplido los requisitos de fiabilidad. Para la salida de garantía es imprescindible un funcionamiento sostenido dentro de los márgenes de fiabilidad en el plazo de garantía citado anteriormente más las consecuentes ampliaciones por incumplimientos de dichos índices de fiabilidad.

Quedarán excluidas de la garantía los casos de fuerza mayor y desgaste normal, así como los casos debidos a causas no imputables a la empresa adjudicataria. Los gastos de explotación o los daños que por uso inadecuado se produjeran durante el período de garantía no son aplicables a la empresa adjudicataria, esta teniendo derecho en todo momento a vigilar la explotación y a exponer todas las circunstancias que pudieran afectarle.

### **7.3.2. Garantías particulares**

Los elementos que se indican a continuación tendrán los siguientes períodos mínimos de garantías particulares:

<b>ELEMENTO</b>	<b>PERÍODO DE GARANTÍA</b>
Equipo electrónico de potencia	5 años o 500.000 km
Cadena de tracción	5 años o 500.000 km
Convertor para equipos auxiliares	5 años o 500.000 km
Estructura	10 años o 1.000.000 km
Pintura y anticorrosión general	10 años o 1.000.000 km

### **7.3.3. Asistencia durante el período de garantía**

Durante el período de Garantía, la empresa adjudicataria tendrá a su cargo el mantenimiento correctivo del material móvil, según el Plan de Mantenimiento, sean cuales sean los trabajos a realizar, siempre que no sean motivados por razones de fuerza mayor o sean directamente imputables a una mala operación del sistema, así como la reposición de repuestos y fungibles que sean utilizados y no reemplazados por otros de características y estado iguales, así como la redacción de informes de seguimiento transparentes y claros respecto a la evolución de los índices de Fiabilidad y Disponibilidad del Material Móvil.

Con el fin de atender estas obligaciones en materia de garantía, la empresa adjudicataria estará obligada a mantener un equipo de asistencia técnica integrado por su propio personal, en las dependencias donde se lleve a cabo el mantenimiento de las unidades, en el lugar que indique la ATM. Este equipo, que deberá tener una completa capacitación en los diversos equipos de las unidades, será mantenido hasta el final del período de garantía general de todas las unidades.

Durante el período de garantía, los elementos, equipos y piezas que deben reponer por este concepto, correrán a cargo de la empresa suministradora de los vehículos.

### **7.3.4. Formación de obligado cumplimiento por el suministrador**

#### **7.3.4.1. Generalidades**

El suministro del material móvil incluye la prestación de servicios de formación al personal de Mantenimiento y Explotación. Esta formación tiene por objetivo suministrar, en un tiempo determinado, los medios y conocimientos necesarios a nivel de preparación del personal para que se pueda explotar y mantener el material móvil en perfectas condiciones de seguridad y funcionamiento.

Por eso, el Suministrador pondrá a disposición de la ATM el personal de formación, la arquitectura del curso de formación, el material de formación, los documentos y todos los accesorios que puedan ser necesarios para la formación del personal.

#### **7.3.4.2. Tipos de formaciones**

Se realizarán dos formaciones bien diferenciadas, para dos tipos de personal diferente que deberá tener conocimientos diferentes. Se definen en los siguientes apartados.

##### **7.3.4.2.1 PERSONAL DE EXPLOTACIÓN (CONDUCTORES)**

Este personal se encargará de la conducción de los vehículos y la explotación de la línea de tranvía comunicada con el PMC. El personal que formará el Suministrador estará compuesto de un grupo de unas 6 personas que deberá ser capaz de formar al mismo tiempo al resto del conjunto de personal de explotación.

El contenido de la formación que recibirán estos conductores incluirá, como mínimo:

- La formación en la conducción, en condiciones normales y degradadas, para todos los supuestos previstos en la explotación y en este pliego.
- Formación en el uso de los sistemas embarcados que tengan interfaces con los sistemas de explotación (orden de agujas, interfonía y megafonía del tranvía, etc.).
- La formación mínima necesaria para conocer y utilizar el equipo de autodiagnóstico y registro de averías.
- Conocimientos mínimos que permitan interpretar correctamente la pantalla del estado técnico del tranvía.

#### 7.3.4.2.2 **PERSONAL DE MANTENIMIENTO**

Este personal será el encargado del mantenimiento preventivo, paliativo y correctivo de los vehículos. Todo el personal de Mantenimiento debe recibir formación directa del Suministrador. El contenido de la formación que recibirán estos mantenedores incluirá, como mínimo:

- El conocimiento de los materiales/equipos y del software embarcados.
- Las operaciones de mantenimiento preventivo, paliativo y correctivo.
- Las herramientas de autodiagnóstico y registro de averías, formación completa.
- Formación sobre las formas de reconocer las averías y de cómo utilizar las herramientas especiales.
- La gestión y el seguimiento de averías.
- La gestión y modificación de los parámetros de toda parte de software modificable, y la forma de gestionar y validar estas modificaciones.

#### 7.3.4.2.3 **Planning de formaciones**

El Suministrador entregará para la validación de la ATM, seis meses antes de la entrega contractual de la primera unidad, un *planning* de formaciones donde se identificarán todos los programas de formaciones específicas (en adelante, programas) para que el Explotador disponga, a tiempo para la marcha en blanco, de personal formado y cualificado para poder conducir y mantener el material móvil a pleno rendimiento y con toda seguridad. En este *planning* se indicará:

- El encaje general de los programas en tiempo
- El objetivo específico y la duración de cada programa
- El número de participantes deseados
- La formación/calificación de base que deben tener los participantes para poder seguir la instrucción, para cada programa
- La calificación y el cargo de cada uno de los instructores encargados de la formación.
- Este plan será revisado por la ATM y, de común acuerdo con el Suministrador, se realizarán las modificaciones que se crean pertinentes, sea a nivel de la formación propiamente dicha o modificaciones de calendario.

Tres meses antes de la recepción de la primera unidad, se empezará la formación (salvo que Suministrador y la ATM pacten cualquier otro intervalo, teniendo en cuenta que todo el personal debe estar formado antes del inicio de la marcha en blanco).

La formación de los agentes de Mantenimiento permitirá que el Explotador comience a realizar, con sus propios medios y en la medida de lo posible, las tareas de mantenimiento ordinario o corriente desde la recepción de los vehículos. La formación debe garantizar una toma de cargo progresiva, por los agentes de mantenimiento formados, de la totalidad del mantenimiento preventivo y correctivo necesario para la flota, a medida que vayan concluyendo los períodos de garantía de las unidades.

El plan de formación deberá garantizar una formación adaptada al estado definitivo del material móvil integrando las diferentes evoluciones y puestas a punto efectuadas durante las pruebas en línea y la puesta en servicio.

#### 7.3.4.2.4 **Programas de formación**

Para cada programa, el Suministrador suministrará un plan de instrucción que incluya al menos:

- Un resumen de los contenidos de esta formación específica
- El sitio exacto, la duración y el número de sesiones propuestas, acompañadas de indicaciones complementarias si son necesarias para realizarse la formación en las instalaciones del Suministrador o uno de sus Fabricantes/Proveedores
- Una descripción de los documentos de formación que se entregarán
- Una definición de las especialidades que serán tratadas por el programa
- Una descripción de los conocimientos que el alumno tendrá una vez haya seguido este programa de formación específica
- Los equipos e instalaciones que estarán a disposición de los alumnos
- Una descripción general de los medios educativos que se utilizarán para impartir estos conocimientos, como Cursos Teóricos, Trabajos

Prácticos y/o Demostraciones. Cada programa de formación tendrá un documento de control para formadores y otros responsables de la implantación de la formación, que les permitirá seguir el avance del curso, y asegurar que todos los alumnos reciban una formación estandarizada. Para la elaboración de los programas para formar a los conductores, hay que tener en cuenta el hecho de que los conocimientos de explotación-conducción deben ser transmitidos por el primer y único grupo de conductores formados por el Suministrador, al resto de personal de conducción.

Durante el desarrollo y al final de cada programa, el Suministrador procederá a evaluar los conocimientos adquiridos por cada alumno e informará a la ATM o su representante.

#### P4.15.5 Material didáctico

Para poder presentar de forma correcta y comprensible los contenidos de los programas a los trabajadores de la Propiedad, el Suministrador pondrá a disposición de los alumnos todo el material pedagógico necesario para el buen desarrollo de las sesiones, en particular:

- Los manuales de formación
- Soportes audiovisuales
- Los elementos y equipos, así como las herramientas necesarias, para los trabajos prácticos
- Los bancos de pruebas
- Los equipos informáticos (microordenadores, programas)

Para las formaciones que se realicen en las instalaciones del Explotador, este pondrá a disposición una sala adecuada para que la utilicen el Suministrador y los alumnos y facilitará el acceso a los tranvías cuando sea necesario para realizar la formación.

#### 7.3.4.2.5 **Idioma**

Todas las formaciones, cursos, documentos, audiovisuales, etc., serán en CATALÁN.

## **7.4. CALIDAD DEL SUMINISTRO Y CONDICIONES DE RECEPCIÓN**

### **7.4.1. Plan de calidad**

La empresa adjudicataria garantizará la perfecta ejecución de todos los elementos de cada unidad y la buena calidad de los materiales empleados. A tal fin, la empresa adjudicataria elaborará un Plan de Calidad (PC) que deberá ser sometido a la ATM, para su aprobación. Los aspectos que debe recoger, como mínimo, son los siguientes:

- Objeto
- Organización y estructura dedicada a la calidad
- Control de la fase de diseño o proyecto
- Control documental del proyecto
- Compras y subcontrataciones, con especial mención al control de materiales y/o servicios adquiridos
- Procedimientos, instrucciones técnicas de fabricación
- Inspecciones y ensayos
- Tratamiento de las no conformidades
- Auditorías internas del sistema
- Reclamaciones, garantía y actuaciones lugar-venta

La empresa adjudicataria desarrollará los puntos anteriores, indicando los procesos de actuación que se proponen para cada aspecto anterior, la asignación de funciones y responsabilidades, en relación con su propia organización

Una versión preliminar del PC será entregada a la ATM con la oferta técnica. La versión definitiva será entregada en un plazo máximo de 2 meses desde la firma del contrato.

#### *7.4.1.1. Planes de Control de Calidad (PCC) y Programas de Puntos de Inspección (PPI)*

La empresa adjudicataria presentará, en fase proyecto, un Plan de Control de Calidad a la ATM con 1 mes de antelación en relación con la fecha de inicio de la fabricación (aprovisionamiento de materiales).

La ATM evaluará el PCC y comunicará a la empresa adjudicataria su aprobación o comentarios, en su caso.

Conjuntamente con el PCC, la empresa adjudicataria incluirá un Programa de Puntos de Inspección (PPI), documento que tendrá como objetivo organizar y gestionar las inspecciones. En relación con los conjuntos/subconjuntos que se determinen de la unidad se relacionarán todas las acciones de inspección y ensayo aplicables.

Para cada una de estas acciones se indicará, siempre que sea posible, lo siguiente:

- Referencia a especificación/norma/procedimiento que defina el alcance y condiciones de la inspección/ensayo
- Necesidad de elaborar hoja de registro de inspección/ensayo
- Alcance de la inspección (muestreo, unitaria, etc.)
- Ente responsable de la realización de la acción (autocontrol, fabricante...)
- Observaciones
- Marca de control
- Aceptación

Se tendrán que elaborar PPI, como mínimo, de los siguientes equipos:

- Bogies
- Reductores
- Onduladores de tracción
- Motores tracción
- Sistema de frenado
- Sistema climatización
- Convertidores auxiliares
- Pantógrafo/Sistema sin catenaria
- Puertas acceso
- Equipo registrador/Caja negra
- Equipos embarcados auxiliares (CCTV, SAE, Billética, SIV, cuenta personas, etc.).

#### 7.4.1.2. *Inspección y control de calidad por parte de la ATM*

La ATM se reserva el derecho de inspección y control de calidad, por su cuenta, y realizar ensayos de homologación y ensayos de comprobación. La ATM, en caso de que quisiera llevar a cabo estas tareas, con programas y procesos propios, tendrá acceso en cualquier momento a todos los trabajos, empresas suministradoras, fábricas y procesos de producción, laboratorios y archivos de Control de Calidad de la empresa adjudicataria o sus subcontratistas. La empresa adjudicataria suministrará, por su cuenta, todos los materiales que deban ser ensayados y pondrá a disposición los medios necesarios para tal actividad.

Estos ensayos serían por cuenta de la empresa adjudicataria en los siguientes casos:

- a. Si, como consecuencia de los ensayos, suministros, materiales, etc. sean rechazados.
- b. Si se tratara de ensayos adicionales propuestos por el Constructor sobre suministros, materiales, etc. que le hayan sido previamente rechazados, debido a ensayos efectuados por la ATM.

#### **7.4.2. Fiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad (FDM)**

La empresa adjudicataria deberá elaborar un plan FDM cuyo contenido indica todo el proceso, medios, objetivos y entregas relativos a la FDM para la fabricación y puesta en funcionamiento de las unidades de material móvil.

Se exigirá el cumplimiento del siguiente requisito mínimo de fiabilidad de las unidades suministradas.

- Fiabilidad (F)  $\geq$  98 % calculada como:

$$F = \frac{MKBF_{real}}{MKBF_{teòric}} \text{ on } MKBF_{teòric} = 15.000 \text{ km}$$

La fiabilidad de la unidad se evaluará a través de su "recorrido medio entre fallos" (MKBF), que deberá ser superior a 15.000 km.

Esta fiabilidad global debe considerarse repartida entre los distintos subsistemas, para cada uno de los cuales la empresa adjudicataria deberá fijar la fiabilidad mínima, siempre teniendo en cuenta que la fiabilidad mínima global debe ser la especificada.

El plan FDM debe contener documentación relativa a los siguientes puntos:

- Gestión de la Garantía
  - La política y estrategia destinada a cumplir los requisitos FDM
  - El alcance del Programa
  - Una descripción del Material Móvil
  - El ciclo de vida del Material Móvil
  - Las funciones, responsabilidades, competencias y relaciones con los distintos actores del Material Móvil
  - Interfaces con otros programas y planes relacionados del Material Móvil
  - Los planes para la gestión de los subcontratistas
  
- Fiabilidad
  - Análisis y predicción de la Fiabilidad del Material Móvil
  - Análisis funcional y definición de errores del Material Móvil
  - Análisis de fallos de causa común o el de fallos múltiples
  - Análisis de las interfaces hombre-máquina
  - Valores MKBF teóricos
  - Pruebas de demostración de la Fiabilidad
  
- Disponibilidad
  - Análisis y la predicción de la Disponibilidad del sistema
  - Pruebas de demostración de la Disponibilidad
  
- Mantenibilidad
  - Análisis y predicción de la Mantenibilidad
  - Consideraciones de Mantenibilidad requeridas por el Material Móvil
  - Establecimiento de la estrategia de Mantenimiento
  - Establecimiento de la política de repuestos y recursos de apoyo
  - Establecimiento de las condiciones de mantenimiento
  - Precauciones para la seguridad del personal
  - Requisitos del Programa de formación
  
- Plan de Mantenimiento

La empresa adjudicataria preparará y presentará para la revisión y aceptación de la ATM un Plan de Mantenimiento del Material Móvil que maximice la disponibilidad y seguridad del Material Móvil y que minimice los costes operativos. El Plan de Mantenimiento del Material Móvil reflejará los requisitos específicos de la empresa adjudicataria e incluirá una descripción detallada de las estrategias de operación y procedimientos generales.

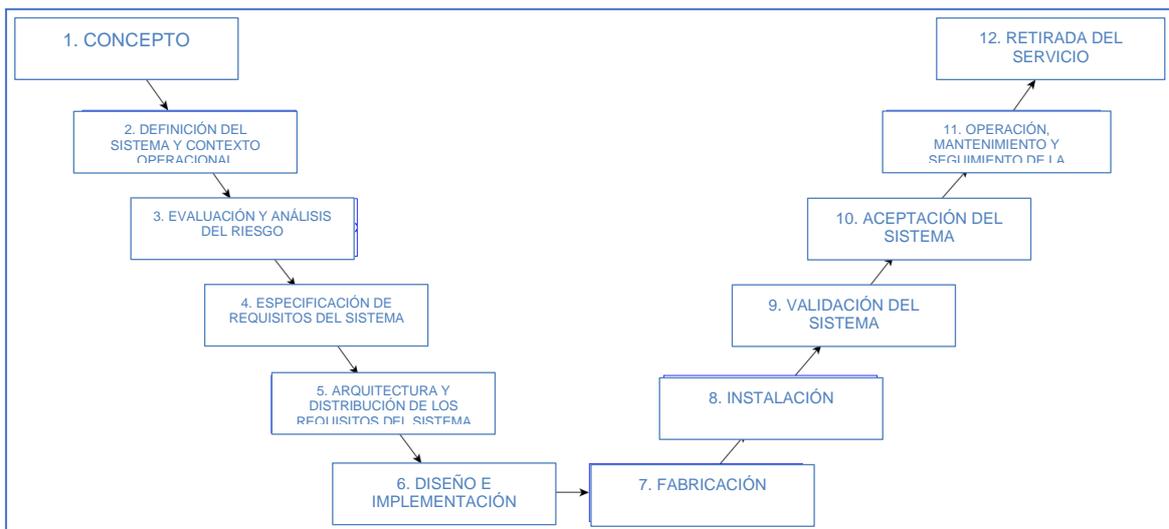
El plan de mantenimiento tendrá que diferenciar tanto las operaciones de ciclo corto como las de ciclo largo. Para cada una de las operaciones, deberá indicarse como mínimo:

- los tiempos estimados de parada de la unidad,
- los tiempos horas-hombre de intervención,
- si la operación interviene sobre un equipo, conjunto o subconjunto con una función de seguridad del vehículo.

### 7.4.3. Seguridad (SAFETY)

La ATM dispone de un plan de seguridad operacional (Safety) genérico para nuevas implantaciones tranviarias y para la explotación de las redes existentes, incluyendo un análisis de riesgos global. Este Plan, adjunto en la documentación de referencia de este Pliego, da respuesta a lo que establece la Ley 4/2006, ferroviaria, de Cataluña, en cuanto a la incorporación de un estudio de seguridad en los proyectos constructivos de infraestructuras tranviarias. El objetivo de este Plan es asegurar que los sistemas tranviarios den cumplimiento con los requisitos de seguridad relevantes de estos proyectos.

El Plan de seguridad genérico de la ATM contempla la realización del proceso de seguridad en todo el ciclo de vida en "V" de la infraestructura, basado en la normativa CENELEC 50126-1.



La empresa adjudicataria deberá colaborar y entregar la documentación, en su caso, que se le solicite por parte de la ATM directamente o la asistencia técnica correspondiente responsable al cumplimiento del Plan.

Esta actividad será de obligado cumplimiento por la empresa adjudicataria y no tendrá derecho a compensación económica por este concepto.

Con la entrega de los tranvías se entregará un Expediente de Seguridad donde quedarán identificados los elementos/subsistemas/sistemas que afectan/pueden afectar a la seguridad. De estos sistemas se relacionarán/documentarán todas las pruebas/certificados/inspecciones realizadas y a realizar en las diferentes fases del proyecto y un listado de riesgo exportados.

#### **7.4.4. Modelo digital del tranvía**

Por un lado, es voluntad de la ATM impulsar la digitalización de la movilidad en general y en la gestión de la red tranviaria en particular, para permitir la gestión óptima de los recursos y activos en todo su ciclo de vida.

Por otra parte, el acuerdo de Gobierno de la Generalitat de Catalunya obliga a todos los entes afines a la administración de la Generalitat, como la ATM, al uso de la metodología BIM en los contratos con el sector público.

A tal efecto, se requiere que en el proceso de suministro de las nuevas unidades de material móvil equipadas se vaya generando y entregando, como resultado de las diferentes fases de fabricación del material móvil, un modelo digital del tranvía, que permitirá gestionar correctamente el ciclo de vida del material móvil. Los objetivos que pretende alcanzar la ATM con este modelo son:

- Mejorar la explicación y participación en fase de diseño
- Mejorar la comunicación y difusión entre los distintos agentes del proyecto.
- Mejorar la transmisión de la información para la fase de explotación de las unidades.

Es evidente que esta metodología puede acarrear mejoras de eficiencia en el desarrollo del proyecto por parte de la empresa suministradora, como la mejora de la calidad, control de materiales y económico y optimización de tiempo de fabricación.

Este modelo digital seguirá el modelo de datos propuesto por el fabricante de material móvil u otros como el propuesto por el *Railway Innovation Hub* si está definido.

Se creará un entorno común de datos para compartir la información generada en las distintas fases del proyecto (diseño, fabricación, etc.).

Los formatos a utilizar serán abiertos, estándares tipo IFC o equivalente.

#### **7.4.5. Parque de repuestos, herramientas y/o equipos específicos para el mantenimiento**

En la documentación a entregar por las empresas licitadoras se incluirá un listado de repuestos (que incluya modelo, proveedor, tiempo de suministro...), suficientes para garantizar los objetivos cualitativos de fiabilidad y disponibilidad, atendiendo a las conclusiones del estudio FDM.

Se incluirá también un listado valorado de las herramientas y equipos especiales que son necesarios para el mantenimiento, indicando qué cantidad de cada uno de ellos es necesaria.

Para cada uno de los ítems se indicará la cantidad, el proveedor, así como un tiempo estimado de entrega.

#### **7.4.6. Ensayos y Pruebas**

La empresa adjudicataria tendrá que presentar un plan de ensayos que se efectuará con el vehículo o con sus componentes. Este plan de ensayos incluirá:

- los “ensayos tipos” para la calificación del vehículo (y sus componentes), que se realizarán preferiblemente sobre la primera unidad, incluyendo ensayos de fatiga en los elementos más importantes y comprobación de gálibos dinámicos.

- los “ensayos de serie” para la aceptación de cada vehículo, que se realizarán con todos los vehículos. El objetivo de estas pruebas es validar la correcta fabricación del vehículo.

En este plan se incluirán tanto los ensayos en fábrica como en las instalaciones que a tal efecto ponga a disposición la ATM, además de los realizados con el vehículo en movimiento, con simulación de carga excepcional.

Los resultados de estos ensayos servirán para que la autoridad competente (Generalitat de Catalunya) autorice la circulación con pasajeros.

Todos los ensayos se realizarán bajo la supervisión de la ATM y los resultados se registrarán en protocolos firmados por la empresa adjudicataria, la ATM y, en su caso, la institución que ha realizado los ensayos. Por otra parte, la ATM, en su función supervisora, puede delegar total o parcialmente su participación en los ensayos a otras instituciones competentes.

Los Protocolos de Ensayos formarán parte inseparable del suministro de material móvil.

La ATM no autorizará la fabricación en serie sin que se cumplan, con resultados positivos, todos los ensayos tipos especificados por la primera unidad.

La ATM no aceptará el suministro del material móvil no acompañado de los Protocolos de Ensayos de Serie, individualizados para cada vehículo y con resultados positivos.

#### **7.4.7. Protocolos de pruebas**

Las empresas licitadoras presentarán en su oferta un "Protocolo de Pruebas" que contemple todas aquellas a realizar que garanticen la durabilidad del vehículo y sus equipos durante un servicio ininterrumpido de 30 años, simulando en los protocolos de pruebas, el impacto de los elementos externos (intemperie, ambiente, etc.) y el impacto normal del servicio (vibraciones, frenos de emergencia, esfuerzos sobre bastidores y otros elementos, etc.).

Entre las pruebas más significativas pueden citarse las siguientes:

- Fatiga de los bogies hasta "límite de vida"
- Vibraciones según los ejes x, y, z de todos los equipos
- Deformaciones con cargas excepcionales
- Pruebas de sobrecarga de los equipos de tracción según Normas UIC
- Fatiga de los enganches
- Pruebas de resistencia al fuego
- Pruebas de integración
- Freno
- HVAC
- Ruido y comodidad
- Funcionamiento en ensamblaje
- Rescate y operabilidad

Los programas de pruebas y sus protocolos se redactarán como si de vehículos de nuevo proyecto se tratara, independientemente de que ya estén en servicio en otras redes. La ATM decidirá el programa de pruebas definitivo, en función de los programas de pruebas ya realizados en otras redes que dispongan del mismo vehículo que podrá aportar la empresa adjudicataria.

Una versió preliminar del plan de ensayos y pruebas será entregada a la ATM con la oferta técnica. La versión definitiva será entregada en un plazo máximo de 2 meses desde la firma del contrato.

#### **7.4.8. Recepción de las unidades de material móvil**

Cada una de las unidades de material móvil fabricadas por la empresa adjudicataria deberá ser recibida y aceptada mediante la superación satisfactoria de las pruebas pertinentes.

Como se ha mencionado anteriormente, la empresa adjudicataria entregará el listado de pruebas y el protocolo a seguir en cada una de ellas. Este listado de pruebas debe someterse a la aprobación de la ATM.

La empresa adjudicataria procurará evitar las pruebas de una unidad de material móvil que no esté en condiciones de poder superar las mismas, ya que esto ocasionaría perjuicio a la ATM por ocupación indebida de su personal y de las vías de prueba y línea general.

##### *7.4.8.1. Recepción provisional*

Si el resultado de las pruebas es satisfactorio, según la ATM, se establecerán las oportunas actas de recepción provisional. La recepción provisional se hará efectiva cumpliendo durante 1 mes los valores de confiabilidad prescritos al inicio de este apartado.

Si, por el contrario, en uno o varios sistemas, equipos o conjuntos embarcados se encontraran errores que impidieran la realización satisfactoria de las pruebas para la recepción provisional, la ATM podrá indicar a la empresa adjudicataria la suspensión de las mismas hasta que se hubiesen corregido estos errores, siendo imputable a la empresa adjudicataria la penalización a la que pudiera dar lugar este retraso. La reiteración de este rechazo podrá considerarse causa de resolución del Contrato. Hasta que no se realice la recepción provisional, no se empezará a contabilizar el período de garantía de cada una de las unidades de material móvil suministradas.

Como norma general, queda prohibida la realización de la recepción provisional cuando las unidades de material móvil estén incompletas, ya sea en sus aspectos funcionales o estéticos.

Se entiende que las unidades de material móvil han superado todas las pruebas propias de la recepción provisional, cuando es apto para su uso comercial con viajeros, no dándose fecha de recepción provisional hasta que dicha condición pueda cumplirse.

Entonces, es condición necesaria para la recepción provisional del material móvil, la obtención de cualquier autorización u homologación por la autoridad competente necesaria para la entrada en servicio comercial. Los costos asociados a la tramitación y obtención de esta autorización u homologación quedarán incluidos dentro del alcance del presente proyecto y con cargo a la empresa adjudicataria.

##### *7.4.8.2. Carencias en la recepción provisional*

Si excepcionalmente algún circuito, equipo, conjunto o subconjunto del material móvil no funcionara correctamente, en el proceso de recepción provisional, la empresa adjudicataria lo resolverá con la mayor brevedad. En ningún caso, los trabajos pendientes afectarán a la

seguridad en el uso para la operación comercial del material móvil/equipo, hecho que se hará constar, caso de producirse, en el texto del acta de la recepción provisional.

#### 7.4.8.3. *Recepción definitiva*

Para que se pueda realizar la recepción definitiva del material móvil, debe cumplirse la salida de garantía de cada uno de ellos (véase apartado de Garantía).

#### 7.4.8.4. *Pruebas de integración*

Además de las pruebas que certifiquen el buen funcionamiento de cada una de las unidades de material móvil, es necesario prever la realización de pruebas de integración del material móvil y demás sistemas (señalización ferroviaria, viaria, SAE, billética...). La empresa adjudicataria colaborará con la ATM en su preparación, realización y presentación de resultado, sin que pueda reclamar coste alguno por este aspecto.

#### 7.4.8.5. *Indemnización por defectos en la fabricación*

Si el suministro, debido a un no cumplimiento de lo previsto en el Pliego de Prescripciones Técnicas, comporta la realización de obras o instalaciones complementarias, salvo las necesarias en cocheras para el mantenimiento necesario del sistema sin catenaria ACT, la adjudicataria tendrá que asumir el gasto que suponga lo que se expone a continuación:

- a. Las reparaciones que haya que efectuar en las edificaciones, para adaptarlas a las medidas de los trenes suministrados.
- b. Los gastos que se ocasionen por tener que demoler y volver a construir unidades de obras y/o instalaciones ya ejecutadas, que hayan sido motivadas por defectos en la fabricación de los trenes objeto de suministro del presente contrato.

## **8. CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN**

### **8.1. CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL**

Como norma general, la información a la que tengan acceso la empresa adjudicataria solo podrá ser utilizada para el objeto de este contrato. La empresa adjudicataria puede tener acceso a información con propiedad industrial/intelectual por parte de proveedores y/u otros agentes involucrados. En este caso, la empresa adjudicataria adquirirá los compromisos que sea necesario o que haya adquirido la ATM por no vulnerar la confidencialidad de esta información.

### **8.2. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES**

La empresa adjudicataria será responsable de aplicar la normativa en materia de prevención de riesgos laborales.

### **8.3. SISTEMA DE CALIDAD**

La empresa adjudicataria tendrá que acreditar que tiene certificación de calidad vigente ISO 9001.

#### **8.4. SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL**

La empresa adjudicataria tendrá que acreditar que su centro de fabricación tiene certificación vigente ISO 14001 de gestión ambiental o equivalente. Este requisito tiene la consideración de obligación contractual esencial del contrato.

## 9. PROPUESTA TÉCNICA

La extensión máxima de la propuesta técnica no podrá exceder de **40** hojas DIN-A4 a una cara (20 hojas a doble cara), letra Arial 11 interlineado simple (no se contará la portada ni el Índice, en caso de haberlas). Para la confección de planos y esquemas de principio, las empresas licitadoras podrán emplear un tamaño diferente a DIN-A4, computando el número de hojas en el límite máximo de 40 (a una cara) o 20 (a doble cara).

En el siguiente listado se muestra la documentación que las empresas licitadoras deben entregar a la ATM en su oferta técnica correspondiente al sobre "B":

### 9.1. ESPECIFICACIÓN DEL MATERIAL MÓVIL OFRECIDO

Las empresas licitadoras presentarán una especificación general del material móvil ofrecido con el objetivo de describir el vehículo ofrecido en coherencia con los requisitos de este Pliego.

El contenido mínimo de esta especificación será:

- Descripción general del vehículo propuesto y de sus características.
- Listado de los componentes/equipos principales de la unidad (pantógrafo, motores de tracción, compresores, equipos de frenado, equipos para evitar el deslizamiento, etc.) y para cada uno de ellos una breve descripción y su fabricante. Se incluirá aquí también una propuesta descriptiva de los aparatos de conducción y control de cabina.
- Listado de materiales y su clasificación. Se incluirá un listado de los principales materiales empleados en la construcción del vehículo y su clasificación en cuanto a comportamiento en el fuego y emisión de humos.
- Descripción de las prestaciones del vehículo propuesto. Se incluirán las curvas velocidad-espacio, tiempo-espacio y consumo de energía (tracción y auxiliar) en cada una de las líneas, en ambas direcciones, considerando las siguientes condiciones:
  - Trazado preliminar de la línea que forma parte de este pliego (véase en documentación de referencia los planos de trazado del proyecto constructivo).
  - Carga nominal (pasajeros sentados y 4 pasajeros de pie/m<sup>2</sup>).
  - Circulación en curva con aceleración no compensada de 0,65 m/s<sup>2</sup> en la caja.
  - Tiempo de parada en cada estación: 20 segundos.

Este cálculo debe poder mostrar las características y gráficas de las prestaciones del material para las diferentes condiciones de la marcha:

- características de la velocidad del tren contra consumo total de corriente, por tensión nominal, mínima y máxima.
- características de velocidad del tren contra potencia; por tensión nominal, mínima y máxima.
- Simulación de tiempo de recorrido y consumo.
- Resolución de interfaces con otros subsistemas.
- Gestión de la unidad múltiple
- Plan para conseguir objetivos FDMS.

Al final de la especificación, se incluirá anexo un listado de cumplimiento de requerimientos de Pliego, como el adjuntado en anexos (indicando la referencia en la especificación), el cumplimiento o no de cada uno de los requisitos establecidos. En caso de que el vehículo propuesto no cumpla alguno de los requisitos, se indicará claramente y se incluirá una justificación del no cumplimiento y una valoración de las ventajas e inconvenientes de la alternativa propuesta.

## **9.2. PLANOS/ESQUEMAS DE PRINCIPIO DEL VEHÍCULO PROPUESTO**

Se incluirán aquí, como mínimo, los siguientes planos/esquemas:

- Ficha técnica/planos de conjunto del vehículo mostrando las dimensiones de las unidades, su peso y secciones necesarias para representar la distribución interior del vehículo y su capacidad en pasajeros.
- En los planos deben aparecer las cotas principales del vehículo, incluyendo los límites de la altura del contacto funcional pantógrafo/línea aérea.
- Planos de gálibos de los vehículos propuestos de acuerdo con lo indicado en el apartado correspondiente de este Pliego. Estos planos se acompañarán con los cálculos realizados para su presentación.
- Dibujo-plano con la propuesta de frente de la unidad.
- Plano de ubicación de los principales equipos en el vehículo, incluyendo los modelos de caja, los bogies propuestos, el enganche, etc.
- Esquemas generales de las redes eléctrica, electrónica, neumática, hidráulica, comunicaciones del vehículo.

## **9.3. PROCESO DE EJECUCIÓN DEL CONTRATO**

Las empresas licitadoras incluirán aquí lo siguiente:

- *Descripción del proceso de ejecución:*

Las empresas licitadoras presentarán una descripción del proceso de ejecución del contrato de suministro donde se describan todas las fases/actividades principales y más singulares: desde la firma del contrato, pasando por la ingeniería, la fabricación, pruebas y ensayos, suministro, recepción, asistencia durante período garantía. Para cada fase deberá describirse la actividad a llevar a cabo y la metodología a seguir, así como la logística en términos de medios humanos y materiales, estudios, compras, trabajos, controles que aplicará el oferente, destacando las ventajas y garantías de calidad que ofrece.

- *Organigrama del equipo humano que participará en la ejecución del contrato:*

Las empresas licitadoras presentarán un organigrama en el que se identifiquen las figuras del equipo técnico que intervendrá durante la ejecución del contrato, determinando su dedicación, actividades en que intervendrá, competencias, jerarquía interna, funciones y responsabilidades en relación con el objeto del contrato. Se valorará la propuesta de las diferentes posiciones y figuras en relación con las necesidades del contrato, su función y su relación y dependencia dentro del esquema del equipo.

- *Programa/Plan de trabajos:*

La empresa suministradora presentará su plan (programa) temporal de trabajo, comenzando con el inicio de los trabajos de diseño e indicando claramente todas sus fases (diseño, aprobación del diseño por el cliente, fabricación y ensayos tipo, aprobaciones del prototipo, aprovisionamiento y fabricación en serie, etc.).

**IMPORTANTE: No incluir en la propuesta técnica la mejora sobre el plazo de suministro previsto en el Pliego, ya que es objeto de valoración por un criterio de adjudicación mediante fórmulas automáticas a entregar con el sobre “C”. Para la realización del programa/plan de trabajos será necesario adaptarlo al plazo previsto en el Pliego.**

#### **9.4. PLAN DE CALIDAD**

Las empresas licitadoras presentarán memoria en la que aporten su propuesta de control sobre todos los procesos descritos en el punto de ejecución del contrato, para garantizar su calidad. Deberá manifestar la posible aplicación de Sistemas de Gestión de la Calidad e identificar (no hay que aportar) los procedimientos principales, en su caso, que aplicará en caso de ser adjudicatario, así como aportar una propuesta de programa de puntos de inspección y control genéricos en relación con las actividades principales a llevar a cabo durante todos los procesos necesarios para el suministro objeto de esta licitación.

Se valorará la solidez y el alcance del sistema de calidad, la adaptación de los procedimientos propuestos en relación con el suministro y la coherencia de la propuesta de programa de puntos de inspección aportada como ejemplo.

#### **9.5. PLAN DE MANTENIMIENTO**

Se incluirá un plan general de mantenimiento en el que se indiquen las operaciones de mantenimiento preventivo, identificando las de ciclo corto y las de ciclo largo, necesarias para alcanzar los objetivos de fiabilidad y disponibilidad. Para cada una de las operaciones, deberán indicarse los tiempos estimados de parada de la unidad y los tiempos horas-hombre de intervención. En este Plan se tendrán que identificar aquellas actuaciones que tengan incidencia o puedan afectar a la seguridad funcional del vehículo.

Se incluirá un listado de los repuestos necesarios (que incluya modelo, proveedor, tiempo de suministro...) para alcanzar los objetivos de fiabilidad y disponibilidad, indicando para cada uno de ellos la cantidad, así como un tiempo estimado de entrega.

Se incluirá también un listado de las herramientas y equipos especiales (que incluya modelo, proveedor, tiempo de suministro...) que son necesarios para el mantenimiento, indicando qué cantidad es necesaria de cada uno de ellos.

#### **9.6. PLAN DE ENSAYOS Y PRUEBAS**

Se incluirá un plan preliminar de ensayos y pruebas a realizar en cada unidad de material móvil de acuerdo con lo indicado en el apartado correspondiente de este Pliego.

## 9.7. MEJORAS

Las empresas licitadoras podrán ofrecer las siguientes mejoras:

- *Mejoras en el sistema de enganche para unidad múltiple*

Las empresas licitadoras podrán incorporar como mejora en el sistema de enganche mediante un sistema semiautomático o automático para el ensamblaje de unidades múltiples que mejore el sistema actual y que agilice esta operación. Aunque en la fase 1 de la conexión de los tranvías no está prevista la operación cotidiana en unidad múltiple, sí que lo está en la fase 2, y dado que estas unidades objeto de este contrato también circularán por la red tranviaria unificada, se considera una mejora muy importante.

- *Mejoras en otros aspectos del material móvil*

Las empresas licitadoras podrán proponer también un máximo de cinco mejoras en otros aspectos del material móvil diferentes al anterior y no incluidas en los requisitos del presente Pliego, una para cada uno de los siguientes ámbitos:

- Estética/identidad del vehículo
- Capacidad del vehículo
- Mejora de la experiencia del viajero
- Digitalización para la mejor gestión del ciclo de vida del vehículo
- Sostenibilidad (economía de recursos, cuidado del medio ambiente, garantía de la equidad de los usuarios)

## 10. VISITAS A LAS INSTALACIONES Y FLOTA ACTUALES

Las empresas licitadoras, en caso de que fuera necesario para concretar su oferta, podrán hacer una visita a las redes actualmente en servicio comercial, así como la flota actual y las instalaciones donde se acogen y mantienen las unidades de material móvil.

La solicitud de visita debe formalizarse en la ATM ([contractacio@atm.cat](mailto:contractacio@atm.cat)) con una petición debidamente motivada y justificada, que deberá ser aprobada por la ATM. La solicitud deberá contener la identificación de los puntos de interés/información que se desea conocer durante la visita.

Una vez aprobada se concertará día y hora para la visita, durante la cual aceptará las condiciones impuestas por la ATM y/o el operador tranviario, especialmente en lo relativo a la prevención de riesgos laborales y el acceso a información con propiedad industrial o intelectual.

En Barcelona

Jefe de Servicio de Gestión de Infraestructuras



Àrea de Barcelona  
Autoritat del Transport  
Metropolità

**ANEXO: TABLA RESUMEN REQUISITOS**

REFERENCIA EN EL PPT	RESUMEN CONTENIDO	COMPROBACIÓN
<b>4.3.</b>	<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES</b>	
4.3.1.	CUMPLIMIENTO NORMATIVA	
4.3.2.	ARQUITECTURA (VISIÓN GENERAL - DISTRIBUCIÓN)	
4.3.3.	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
4.3.4.	RETORNO DE LA EXPERIENCIA	
4.3.5.	CAJA Y ESTRUCTURA	
4.3.6.	INTERIOR	
4.3.7.	CABINA DE CONDUCCIÓN	
4.3.8.	ENGANCHE	
4.3.9.	PUERTAS	
4.3.10.	VENTANAS	
4.3.11.	ASIENTOS	
4.3.12.	SUELO INTERIOR	
4.3.13.	ELEMENTOS DE APOYO, SUSPENSIÓN, GUIADO Y RODAMIENTO	
4.3.14.	SISTEMA DE TRACCIÓN	
4.3.15.	SISTEMA DE FRENADO	
4.3.16.	EQUIPO ANTIDESLIZAMIENTO Y ARENERO	
4.3.17.	SISTEMA DE ENGRASADO CABEZA DE CARRIL	
4.3.18.	SISTEMA DE MONITORIZACIÓN Y AHORRO DEL CONSUMO DE ENERGÍA	
4.3.19.	SISTEMA DE COMUNICACIÓN INTERIOR	
4.3.20.	ALUMBRADO	
4.3.21.	SISTEMA DE VENTILACIÓN-CALEFACCIÓN-AIRE ACONDICIONADO	
4.3.22.	SISTEMA DE INFORMACIÓN A LOS VIAJEROS	
4.3.23.	EQUIPOS DE EMERGENCIA	
4.3.24.	FAROS, SEÑALIZACIÓN LUMINOSA Y ACÚSTICA EXTERNA	
4.3.25.	RED DE COMUNICACIONES INTERNA	
4.3.26.	RED DE COMUNICACIONES TREN-TIERRA	
4.3.27.	BUCLES AUDITIVOS	
4.3.28.	OTROS EQUIPAMIENTOS A DOTAR	

REFERENCIA EN EL PPT	RESUMEN CONTENIDO	COMPROBACIÓN
<b>4.4</b>	<b>ESPECIFICACIONES MATERIAL MÓVIL ACTUAL A MANTENER O MEJORAR</b>	
4.4.1	ACELERACIONES	
4.4.2	VELOCIDAD MÁXIMA	
4.4.3	FRENADO DE SERVICIO/FRENO DE EMERGENCIA/FRENO DE ESTACIONAMIENTO/DISTANCIAS DE FRENADO	
<b>4.5.</b>	<b>CUMPLIMIENTO DE INTERFACES</b>	
4.5.1	INTERFACES CON EL TRAZADO	
4.5.2.	INTERFACES CON LA LÍNEA AÉREA DE CONTACTO	
4.5.3.	INTERFACES CON LA SEÑALIZACIÓN FERROVIARIA	
4.5.4.	INTERFACES CON SAE/RADIO	
4.5.5.	INTERFACES CON LA SEÑALIZACIÓN VIARIA	
4.5.6.	INTERFACES CON LA ENERGÍA	
4.5.7	INTERFACES CON ÁREAS PÚBLICAS	
4.5.8	INTERFAZ CON LA BILLÉTICA	
4.5.9.	INTERFAZ CON EQUIPAMIENTO DE COCHERAS	
4.5.10.	INTERFAZ CON LA OBRA CIVIL	
4.5.11.	INTERFAZ PARA LA REALIZACIÓN DE SIMULACIONES ENERGÉTICAS	
4.5.12.	INTERFAZ CON LOS SISTEMAS ACT	
<b>4.6.</b>	<b>GESTIÓN DE UNIDADES MÚLTIPLES</b>	