

<b>A.1.</b>	<b><i>Introducción objetivos y metodología.....</i></b>	<b>3</b>
<b>A.2.</b>	<b><i>Actores que intervienen en un proyecto de material rodante ferroviario .....</i></b>	<b>4</b>
<b>A.2.1.</b>	<b><i>Administración pública y entes gestores de la infraestructura .....</i></b>	<b>4</b>
<b>A.2.2.</b>	<b><i>El proyecto de ley del sector ferroviario.....</i></b>	<b>5</b>
<b>A.2.3.</b>	<b><i>Empresas explotadoras del servicio.....</i></b>	<b>7</b>
<b>A.2.4.</b>	<b><i>Empresas constructoras de material rodante ferroviario.....</i></b>	<b>8</b>
<b>A.3.</b>	<b><i>Alcance de un proyecto de material rodante ferroviario .....</i></b>	<b>13</b>
<b>A.3.1.</b>	<b><i>Tipos de vehículos ferroviarios .....</i></b>	<b>13</b>
<b>A.3.2.</b>	<b><i>Ejemplo de proyecto ferroviario .....</i></b>	<b>16</b>
A.3.2.1.	Introducción al proyecto .....	16
A.3.2.2.	Características generales del tren .....	16
A.3.2.2.1	Configuración.....	16
A.3.2.3.	Equipos y sistemas del tren .....	19
A.3.2.3.1	Sistemas eléctricos .....	19
A.3.2.3.2	Sistemas mecánicos.....	19
A.3.2.3.2.1.	Estructura de caja .....	20
A.3.2.3.2.2.	Bogie .....	23
A.3.2.3.3	Sistemas neumáticos y de producción de aire .....	26
A.3.2.3.4	Sistemas informáticos .....	28
A.3.2.3.5	Climatización .....	30
A.3.2.3.6	Puertas de acceso.....	33
A.3.2.3.7	Propulsión .....	39
A.3.2.3.8	Enganches .....	41
A.3.2.3.9	Módulos WC .....	43
A.3.2.3.10	Pasillo de intercirculación .....	49
A.3.2.3.11	Interiorismo .....	55
A.3.2.4.	Fases de desarrollo del proyecto .....	57
<b>A.4.</b>	<b><i>Estimación de la demanda de conjuntos como el tipo analizado.....</i></b>	<b>61</b>
<b>A.4.1.</b>	<b><i>Análisis de la demanda de transporte de cercanías.....</i></b>	<b>61</b>
A.4.1.1.	Las áreas metropolitanas de Madrid y Barcelona.....	61
A.4.1.2.	El área metropolitana de Valencia. ....	68
A.4.1.3.	Otras áreas de incremento de demanda de cercanías.....	69
<b>A.4.2.</b>	<b><i>Análisis de la demanda de transporte de alta velocidad y velocidad alta. ....</i></b>	<b>71</b>
<b>A.4.3.</b>	<b><i>Perspectivas de adjudicación de pedidos a la unidad productiva en un horizonte de 15 años.....</i></b>	<b>73</b>





## **A.1. INTRODUCCIÓN OBJETIVOS Y METODOLOGÍA**

El objetivo del presente anexo es justificar la oportunidad de la puesta en marcha de la unidad productiva de cuyo estudio es objeto el presente proyecto.

La unidad productiva analizada se enfoca a la fabricación de conjuntos estructurales de aluminio principalmente para la industria ferroviaria de la cual se pretende ser subcontratista. Es decir, conjuntos de un tamaño medio-grande, constituidos por chapa y perfilera de aluminio mecanizada y soldada. Se tratará de series cortas, con unos elevados requerimientos de calidad y con tiempos de entrega cortos. Se tratará de subconjuntos de una dificultad moderada, en los que no son de aplicación procesos como la soldadura automática de cordones de gran longitud, ni mecanizados de grandes dimensiones, como los que tienen lugar en el ensamblaje final de la caja en blanco sobre el útil catedral. Las piezas tipo a fabricar serán los elementos singulares del bastidor del tren (cabeceros, traviesas pivote), armaduras de testero, y otros grupos de despieces de menor tamaño. En general cualquiera de los distintos elementos de jerarquía inmediatamente inferior a los grandes grupos que forman la caja en blanco de un vehículo ferroviario.

No se contempla, al menos en este estudio, la existencia de fases de diseño propio, centrándose el estudio a la optimización de los procesos de fabricación.

La elección de esa tipología de producto y del aluminio como material preferente se ha hecho sobre la base de la situación actual del sector ferroviario en España y en Europa, siguiendo una metodología de análisis que lleva a proponer la puesta en marcha de la unidad productiva presentada..

La metodología a seguir para llegar a ese objetivo será la aproximación al sector del transporte ferroviario desde dos puntos de vista: desde el de la demanda y desde el de la oferta.

La aproximación desde el punto de vista de la demanda debe hacerse estudiando las perspectivas de crecimiento del sector sobre la base de nuevos proyectos y pedidos de material rodante ferroviario que en un horizonte de 20 años pueden efectuar los operadores públicos y privados encargados de explotar la líneas. Asimismo, esa aproximación servirá para comprender las particularidades de un sector que tiene una importancia tan grande para la vida de la sociedad.

Paralelamente, desde el punto de vista de la oferta, se estudiará la estructura industrial mediante la cual se organizan las actividades productivas de una empresa dedicada a la fabricación de material rodante ferroviario. Se darán unas pinceladas de cómo se afronta un proyecto ferroviario, en qué fases se puede subdividir, qué orden cronológico siguen dichas fases, qué actores participan, y cuál sería la participación de la unidad productiva proyectada en ese contexto.



## **A.2. ACTORES QUE INTERVIENEN EN UN PROYECTO DE MATERIAL RODANTE FERROVIARIO**

Para comprender mejor el contexto en el que se circunscribe la unidad productiva proyectada, es ineludible el análisis detallado de qué actores intervienen cuál es su papel y cómo se organizan para hacer frente al desarrollo de un proyecto o pedido de material rodante ferroviario, desde un punto de vista global.

Los actores que intervienen en este tipo de proyectos son, a grandes rasgos cuatro: Administración pública, Entidad explotadora del servicio, Constructor /es (consorcio) y Proveedores.

### **A.2.1. ADMINISTRACIÓN PÚBLICA Y ENTES GESTORES DE LA INFRAESTRUCTURA**

La administración pública es, en la gran mayoría de los casos, el ente que define y financia, sobre la base de las necesidades de transporte de un área determinada, tanto en lo referente a las personas como a las mercancías, las líneas de actuación en cuanto a la creación de nuevas infraestructuras ferroviarias o la ampliación de la red ya existente.

Las infraestructuras ferroviarias abarcan desde las vías y obra civil asociada a toda la alimentación eléctrica, subestaciones transformadoras, señalización y estaciones.

El principal motivo por el cual una obra de infraestructura ferroviaria completa en la práctica totalidad de los casos sólo puede ser acometida por una administración pública, es por lo costosa que es la inversión, por lo prolongado del periodo de amortización, y por el hecho de que la rentabilidad de dichas inversiones hace que no supongan un negocio apetecible para una empresa privada.

A tal efecto, la administración se puede dotar de unos entes gestores, (empresas públicas en la mayoría de los casos), encargados de gestionar separadamente los aspectos relacionados con las dos vertientes de este sector: la infraestructura (construcción de vías, centrales, electrificación, señalización, y obra civil en general, así como su mantenimiento) y el servicio ferroviario (explotación de líneas de transporte de pasajeros, de mercancías, adquisición, mantenimiento y remodelación del material rodante ferroviario).

En España, hasta hace relativamente poco tiempo, todo se gestionaba conjuntamente desde el ministerio y desde la empresa pública RENFE, que tenía el monopolio de todo lo relacionado con el sector ferroviario en España tanto en lo que se refiere a la infraestructura u obra civil como al servicio de transporte y material rodante propiamente dicho.

Sin embargo, coincidiendo con la puesta en marcha de la alta velocidad en España se creó el GIF (Gestor de Infraestructuras Ferroviarias), empresa pública dependiente del ministerio de fomento cuya función reside en la gestión de las infraestructuras relacionadas con la alta velocidad en España.

Este es el primer paso dado en la dirección de desligar la gestión de la infraestructura ferroviaria y su mantenimiento de la explotación del servicio. Ese paso permitiría, en caso de considerarse necesario o beneficioso, dejar la explotación del servicio a compañías privadas en régimen de concesión, tal y como sucede en el Reino Unido.



## **A.2.2. EL PROYECTO DE LEY DEL SECTOR FERROVIARIO**

El Proyecto de Ley del Sector Ferroviario, que incorpora al Derecho español las tres Directivas comunitarias que constituyen el llamado paquete ferroviario y que desarrolla un nuevo modelo ferroviario que permita la progresiva apertura del transporte ferroviario a la competencia, ha sido remitido por el Gobierno a las Cortes Generales para su tramitación legislativa. El proceso de liberalización no será de aplicación al transporte de viajeros hasta que la Unión Europea defina un marco común de apertura al mercado de este tipo de transportes.

Las medidas más significativas del Proyecto de Ley son las siguientes:

- Separación de administración de infraestructura y de transporte

Se establece una clara separación entre las actividades de administración de infraestructura y de transporte ferroviario, que serán realizadas en lo sucesivo de forma totalmente independiente.

Así, regula el ámbito de actividad de la administración de infraestructura ferroviaria, estableciendo el régimen de proyecto, construcción y administración de las mismas, y los servicios adicionales, complementarios y auxiliares que deberán ser ofrecidos a los operadores de transporte ferroviario.

El Proyecto de Ley atribuye la realización de la actividad de administración de infraestructura a la entidad pública empresarial Administrador de Infraestructuras Ferroviarias, nueva denominación que pasará a tener la actual RENFE (excluidas las Unidades de Negocio dedicadas al Transporte Ferroviario) una vez absorbida de forma simultánea por la misma el actual Gestor de Infraestructuras Ferroviarias (GIF). Dicha Entidad Pública tendrá como objeto la construcción de nuevas infraestructuras ferroviarias, con sus propios recursos o con recursos ajenos, así como la administración de las infraestructuras de su titularidad y de aquellas otras que se le encomienden mediante el oportuno convenio.

Para el desarrollo de su actividad de administración de las infraestructuras ferroviarias se atribuyen a dicha Entidad Pública competencias en relación al control e inspección de las mismas, la elaboración de la declaración sobre la red y la adjudicación de capacidad de infraestructura a las empresas ferroviarias solicitantes, por cuya utilización éstas deberán satisfacer el correspondiente canon, cuya regulación, asimismo, se establece.

- Acceso al mercado de transporte de viajeros y de mercancías

Se regula el acceso de las empresas ferroviarias al mercado del transporte de viajeros y de mercancías, y el régimen de otorgamiento de las correspondientes licencias ferroviarias, previo cumplimiento de una serie de requisitos, establecidos de conformidad con la normativa comunitaria antes citada.

Una vez obtenida la correspondiente licencia, las empresas ferroviarias precisarán, para realizar los servicios de transporte, tener adjudicada la correspondiente capacidad de red y haber satisfecho el correspondiente canon por utilización de la infraestructura ferroviaria. Asimismo, con carácter previo a la prestación de los servicios de transporte sobre una determinada línea, las empresas ferroviarias deberán haber obtenido el certificado de seguridad correspondiente, en el que se establecerán las condiciones de prestación de los servicios de transporte.

Se establece la exigencia de que el personal ferroviario cuente con la cualificación suficiente que permita la prestación del servicio con las debidas garantías de seguridad y eficiencia, a cuyo objeto prevé un régimen de autorización y funcionamiento de centros de formación para dicho personal. En cuanto al material móvil se refiere, se establece la exigencia de su homologación técnica y un régimen de autorización y funcionamiento de los centros que se encargarán de efectuar dicha



homologación. Finalmente, se prevé la creación de un órgano que tendrá por finalidad la investigación de accidentes en los transportes ferroviarios.

Por último, y sin perjuicio de lo anterior, el Proyecto de Ley prevé también que el Gobierno pueda declarar de interés público la prestación de determinados servicios de transporte ferroviario sobre las líneas o tramos que integran la Red Ferroviaria de Interés General cuando dicha prestación resulte deficitaria y sea necesaria para garantizar la comunicación entre el territorio español. En dichos casos las empresas ferroviarias únicamente podrán prestarlo previa la correspondiente autorización, otorgada por el Ministerio de Fomento.

#### - RENFE-Operadora

El Proyecto de Ley crea, a partir de las actuales Unidades de Negocio de RENFE dedicadas a la realización del transporte ferroviario, la entidad pública empresarial RENFE-Operadora, que tendrá como objeto prestar servicios de transporte ferroviario de viajeros y de mercancías.

Asimismo, se regulan los plazos y la forma en que dicha nueva entidad asumirá los medios y activos que la actual RENFE ha tenido hasta ahora afectos a la prestación de los servicios ferroviarios.

#### - Competencias de la Administración

Se regulan las competencias de la Administración General del Estado en el sector ferroviario y se atribuyen al Ministerio de Fomento importantes funciones relativas a la planificación estratégica, la ordenación del sector ferroviario y la regulación del sistema, así como la inspección de los transportes y de las empresas ferroviarias.

Asimismo, de conformidad con lo exigido en la normativa comunitaria, se crea dentro del Ministerio de Fomento el Comité de Regulación Ferroviaria, cuya finalidad principal será la de resolver los conflictos entre el administrador de infraestructuras y los operadores de transporte ferroviario, o entre éstos, garantizando el correcto funcionamiento del sistema y salvaguardando la pluralidad de la oferta en la prestación de los servicios sobre la red ferroviaria.

#### - Cánones y tasas

Además de las novedades anteriores, el Proyecto de Ley, como medida indispensable para la correcta implantación y adecuado funcionamiento del nuevo modelo ferroviario, crea y regula los diversos cánones por utilización de las infraestructuras ferroviarias y estaciones, y las nuevas tasas por el otorgamiento de licencias ferroviarias y autorizaciones, certificados de seguridad, de homologación de material, de centros de formación, etcétera, y regula el sistema tarifario de los diversos servicios de transporte ferroviario.

Igualmente, el Proyecto de Ley, siguiendo las previsiones de las Directivas europeas, abre a la competencia los servicios de transporte nacional de mercancías, que podrán ser prestados a partir de la fecha de entrada en vigor de la Ley por aquellas empresas ferroviarias que dispongan de la necesaria capacidad de red, así como del certificado de seguridad en el que figuren las condiciones para la realización de los transportes por el itinerario correspondiente.

Asimismo, de conformidad con la normativa comunitaria antes citada, se establece el siguiente calendario de apertura para los servicios ferroviarios de Transporte Internacional de Mercancías:

a) Desde la entrada en vigor de esta Ley, el transporte internacional de mercancías prestado en la denominada Red Transeuropea de Transporte Ferroviario de Mercancías, en los términos definidos reglamentariamente. Por Orden del Ministerio de Fomento se determinará la composición de la Red



Ferroviaria de Interés General que forme parte de la Red Transeuropea de Transporte Ferroviario.

b) Antes del 15 de marzo de 2008, el transporte internacional de mercancías sobre la Red Ferroviaria de Interés General habilitada para ello. La determinación concreta de la fecha de apertura del mercado para este tipo de transporte la establecerá, mediante Real Decreto, el Gobierno.

La nueva Ley no será de aplicación al transporte de viajeros hasta que la Unión Europea defina un marco común de apertura al mercado de este tipo de transportes.

- Efectos de la reforma

El impulso del ferrocarril que recoge este Proyecto de Ley responde plenamente a la necesidad de promover modos de transporte con escasa incidencia sobre el medio ambiente y menor consumo energético, objetivos de la Estrategia Española de Desarrollo Sostenible.

El esfuerzo inversor intenso y sostenido en nuevas infraestructuras ferroviarias dentro del Plan de Infraestructuras del Transporte 2000-2007 y el profundo cambio en las estructuras de explotación del negocio ferroviario tendrán un efecto conjunto significativo sobre la economía española y, en particular, sobre la creación de empleo. La contribución a la generación de puestos de trabajo se manifestará, en primer lugar, por medio del empleo directo generado durante la fase de construcción de las actuaciones previstas; en segundo lugar, y con carácter permanente, a través del aumento de productividad de la economía española, que vendrá asociado a la mejora del sistema ferroviario español y del sistema de transportes nacional en su conjunto.

### **A.2.3. EMPRESAS EXPLOTADORAS DEL SERVICIO.**

Como se ha indicado antes, en el sector ferroviario se pueden distinguir dos áreas claramente diferenciadas: la infraestructura y el servicio de transporte. Ya se ha visto cómo se gestiona la primera, quien se encarga de ello, quien lo financia, y ejemplos particulares en el caso español.

En lo que se refiere a la gestión del servicio de transporte, encontramos a las Entidades que se ocupan de su gestión, cuya mayor cercanía al gran público debido a la cotidianidad que supone ser usuario de uno u otro servicio de transporte ferroviario, las hace ser más conocidas.

En España, la empresa más importante dedicada a la explotación de servicios ferroviarios es RENFE. RENFE es una empresa pública dependiente del ministerio de fomento que además de la explotación de servicios ferroviarios se ocupa de mantenimiento y gestión de todas las infraestructuras no ligadas a la alta velocidad (unidad de negocio de mantenimiento),

En lo que se refiere al ámbito de gestión de servicios ferroviarios, RENFE, en sus distintas unidades de negocio ofrece servicios de transporte de pasajeros (unidades de negocio de Cercanías, Regionales, Grandes Líneas y AVE) y de mercancías (unidad de negocio de mercancías).

RENFE es la propietaria de todo el material rodante, responsable de su compra y mantenimiento. Las decisiones de ampliación de la flota de trenes las toma RENFE en base a la asignación de que dispone del ministerio de fomento y de las necesidades en cuanto a demanda de transporte en un área determinada. RENFE es, por lo tanto, el cliente para quien los constructores de material rodante fabrican trenes bajo pedido.

En España RENFE no es la única empresa que se dedica a la explotación de servicios ferroviarios. Existen una serie de empresas de ámbitos más reducidos que también compran ferrocarriles.



En el ámbito autonómico cabe destacar FGC, Euskotren, FGV, FEVE, y TIB (trenes de las illes balears). Además, hay que considerar todas las empresas de transporte ferroviario de ámbito urbano: las empresas de Metro de Madrid, Barcelona, Valencia y Bilbao, los tranvías de Barcelona, Valencia, Alicante, Bilbao, así como las gestoras de los futuros tranvías de Tenerife y Sevilla, o el metro de Zaragoza.

En algunos casos, estos servicios los explotan las empresas públicas autonómicas mencionadas anteriormente, como es el caso del metro de Valencia y el Tranvía de Alicante (FGV) o el metro y el tranvía de Bilbao (Euskotren).

En otros casos, se tiene una empresa Municipal que se encarga de la explotación de las líneas de metro y/o tranvía, como sucede en el caso del Metro de Madrid, en Metro de Barcelona (TMB) o los tranvías de Barcelona (trambaix y trambesos).

#### **A.2.4. EMPRESAS CONSTRUCTORAS DE MATERIAL RODANTE FERROVIARIO**

Hemos hablado del papel que juegan las administraciones públicas, los entes dedicados a la gestión de la infraestructura ferroviaria y las entidades encargadas de la explotación del servicio ferroviario. El siguiente eslabón de la cadena son las empresas constructoras de material rodante ferroviario.

Como material rodante ferroviario entendemos todas las distintas tipologías de vehículo ferroviario más habituales. Pese a que los vehículos ferroviarios se pueden dividir en diversas categorías, siempre comparten la definición de vehículo cuyo guiado se efectúa por medio de carriles.

Las empresas constructoras de material rodante ferroviario trabajan habitualmente bajo pedido y ateniéndose a un pliego de condiciones.

Las empresas que trabajan habitualmente en el sector ferroviario español como suministradores de vehículos ferroviarios son CAF, ALSTOM, SIEMENS, BOMBARDIER (tras absorber a ADTranz) y ANSALDOBREDA.

Los clientes, empresas explotadoras de servicios ferroviarios públicas o privadas, convocan un concurso bajo un pliego de condiciones que viene determinado por las necesidades y el tipo de vehículo requerido. En dicho pliego se especifican las características técnicas generales del tren, su configuración, condiciones bajo las que debe funcionar, prestaciones que debe cumplir, requerimientos y normativas a las que atenerse.

A dicho concurso, las empresas constructoras presentan las correspondientes ofertas, desde el punto de vista técnico y económico respondiendo al pliego de condiciones. En función de los objetivos de los distintos competidores, por motivos de redistribución de cargas de trabajo, o por estrategias empresariales diversas, se puede dar la circunstancia de que dos o más empresas constructoras se presenten conjuntamente a una oferta constituyendo un consorcio.

Tras la presentación de las ofertas, y el subsiguiente análisis de las mismas por parte del cliente, se produce la adjudicación, que consiste en designar formalmente a uno de los ofertantes como el responsable del diseño y la fabricación del tren en cuestión.

A partir de ese momento se inicia el proceso de desarrollo técnico del tren, que toma como punto de partida lo definido en fase de oferta.



Habitualmente, las empresas que desarrollan y fabrican material rodante ferroviario se ocupan del diseño del conjunto, pero dada la especificidad de ciertos equipos, en la fase de diseño definen para éstos una especificación técnica bajo la cual se comprará dicho equipo a un proveedor externo.

Esta circunstancia se da habitualmente en equipos tales como las puertas, la climatización, los módulos WC, los sistemas de frenado, enganches, elementos de la tracción entre otros. En función de la dimensión y organización de la empresa fabricante (multinacional o no), puede ocurrir que la misma empresa disponga de organizaciones que diseñen y fabriquen algunos o varios de los equipos específicos del tren.

Dentro de lo que se entiende como diseño de conjunto se incluye en la mayoría de los casos la estructura básica del vehículo, habitualmente denominada caja. Dicha estructura, que a grandes rasgos se divide en bastidor, laterales, cubierta y testereros, es el esqueleto del vehículo sobre el que se soporta todo lo demás.

Su diseño, cálculo y validación determina las características de todos los elementos restantes del tren en cuanto a peso, dimensiones, conexiónado, accesibilidad o prestaciones. Por ello, es la primera fase de diseño que debe acometerse, y que, para cumplir con las fechas de entrega debe en muchas ocasiones iniciarse en la fase de oferta. Su peso estratégico en las características generales del tren hace que sea una de las áreas en las que los constructores de ferrocarriles desarrollan mayor *know-how* y no acostumbran a externalizar.

Por ello, en los centros de producción de los constructores, las líneas de producción suelen consistir en un primer grupo de líneas de fabricación de caja con todos sus subconjuntos, básicamente de mecanizado y soldadura, con una serie de fases de granallado, imprimación y pintura, y una segunda serie de líneas, separadas de las anteriores, en las que se montan el resto de los equipos del tren, el interiorismo, con sus consiguientes cableados, tuberías y sistemas eléctricos e informáticos.

Se puede dar la circunstancia de que alguno de los conjuntos que se montan en el segundo grupo de líneas se fabrique también en el mismo centro de producción, en cuyo caso éstos se suelen fabricar en líneas de producción anexas. Éste caso suele suceder en equipos como los bogies o los equipos de tracción, aunque no es lo habitual, puesto que dichos equipos suelen ser de una entidad suficiente como para justificar una unidad productiva independiente.

Suele ser más habitual la existencia de trabajos auxiliares como la soldadura de tuberías, el precableado en canales, o la construcción de armarios eléctricos que disponen de áreas específicas para su fabricación, y posteriormente se inyectan en la línea principal en las etapas de montaje de equipos.

Asimismo, los centros de producción disponen de un área en la que efectúan ensayos. Estos ensayos suelen abarcar las dos fases en las que se divide la fabricación del vehículo: fabricación de la estructura de caja y acabados del conjunto.

Los constructores, en algunos casos disponen de áreas de pruebas en las que efectuar ensayos estructurales de caja, básicamente extensiométricos para confirmar las previsiones de comportamiento del conjunto de la estructura bajo tensión. Estos ensayos son fácilmente externalizables debido a que se trata de ensayos menos específicos del sector ferroviario y pueden asimilarse a ensayos similares de resistencia de estructuras.

Por otro lado, disponen de un área en la que efectúan ensayos en estático de equipos, sistemas o comunicaciones, y un área limitada de pruebas dinámicas en las que se ensayan los sistemas de

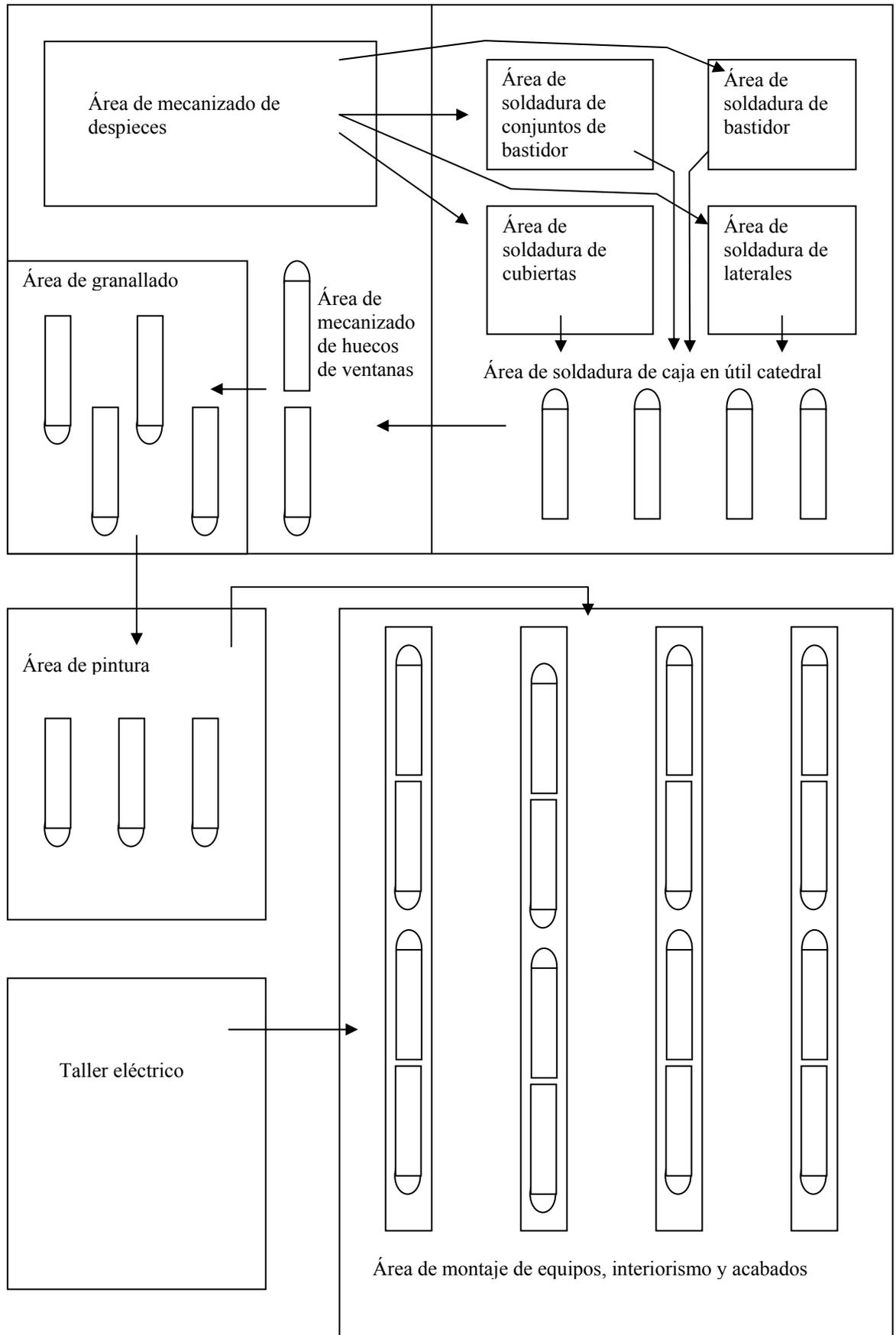


tracción, la estanqueidad y suministro de corriente. Esta segunda área de test suele ser ineludible dado que resulta complicado y caro externalizar una área de pruebas tan específicas del sector ferroviario.

A continuación, en la , se muestra la distribución en planta típica de una empresa constructora de material rodante ferroviario.



figura 1



A título de ejemplo, de las empresas mencionadas anteriormente que se encuentran presentes en el sector ferroviario español, ALSTOM, SIEMENS y BOMBARDIER son empresas multinacionales y multidisciplinares. Su campo de actuación no se circunscribe a la fabricación de trenes. ALSTOM (francesa) por ejemplo está presente en el sector de la construcción naval y de la generación y distribución de energía eléctrica. SIEMENS (alemana) abarca casi todos los campos de la ingeniería, desde las telecomunicaciones a la industria pesada. BOMBARDIER (canadiense) destaca por su presencia en los sectores náutico y de aviación.

Por otro lado, CAF es una empresa de capital 100% español, con domicilio fiscal en el País Vasco que pese a su constante crecimiento y su cada vez mayor pujanza en ámbitos internacionales, sólo se dedica a la construcción de ferrocarriles. Pese a su menor dimensión, CAF es la empresa líder en el mercado nacional en cuanto a volumen de negocio y adjudicación de contratos, bien en solitario, bien en consorcio con otras empresas.



## **A.3. ALCANCE DE UN PROYECTO DE MATERIAL RODANTE FERROVIARIO**

### **A.3.1. TIPOS DE VEHÍCULOS FERROVIARIOS**

Antes de hablar de un proyecto de material rodante ferroviario, es preciso delimitar qué entendemos por tren, qué configuraciones admite, cuales son las más frecuentes, y cuales son las que en los últimos años están adoptando en mayor medida el aluminio como material de construcción y por qué.

Por su distinta configuración se pueden distinguir dos tipos básicos: locomotora con coches remolcados y automotores. En el primer caso la locomotora es el elemento tractor del conjunto, el que capta la energía, y el resto de coches simplemente van remolcados. En el segundo caso, los automotores implican la idea de unidad de tren, que consta de varios coches en los que se reparten las funciones de captación de energía y tracción. En el primer caso se pueden añadir coches al tren libremente con el único límite de la máxima carga admisible por la locomotora, mientras que en el segundo caso vienen limitados por la propia configuración del automotor, pudiéndose en algunos casos operar en unidad múltiple.

Por el tipo de sistema de tracción tenemos los vehículos (bien coches remolcados, bien automotores) eléctricos o diesel.

Los vehículos eléctricos se caracterizan por funcionar con energía eléctrica, que se capta de la catenaria por medio de los pantógrafos. Tradicionalmente, la mayoría de las catenarias de las líneas electrificadas existentes suministran corriente continua dado los primeros trenes de tracción eléctrica funcionaba con motores de corriente continua, mucho más fáciles de regular. A título de ejemplo, las líneas de RENFE disponen de catenarias que suministran 3000V corriente continua.

Actualmente, con el desarrollo que la electrónica de potencia ha experimentado, la totalidad de los trenes disponen de motores trifásicos y asíncronos de inducción para la tracción, que toman la corriente de la red existente tras ser ésta transformada por medio de onduladores, y para la alimentación de los equipos auxiliares existe un convertidor estático que proporciona toda la gama de tensiones de alimentación para cada uno de los elementos del tren exceptuando la tracción.

En el caso de las líneas de nueva creación, como sucede con las líneas de alta velocidad, las catenarias suministran corriente alterna a alta tensión, disminuyéndose así las pérdidas en el transporte y evitándose la necesidad de los onduladores para los motores de tracción.

En lo que se refiere a los vehículos diesel los hay de dos tipos. Ambos tipos se caracterizan por: no necesitar de ningún tipo de infraestructura externa para el suministro de energía, lo cual los hace especialmente ventajosos y útiles para zonas en las que la infraestructura no existe o el suministro de energía es difícil. Como puntos negativos cabe destacar el hecho de que son más ruidosos, contaminantes y energéticamente ineficientes que los de tracción eléctrica.

En primer lugar se tienen los vehículos que por medio de un generador diesel producen la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de los motores eléctricos de tracción del vehículo y para la alimentación de los equipos auxiliares. Éstos reciben el nombre de Diesel Eléctricos.

Por otro se tienen los que reciben el nombre de Diesel Hidráulicos. Éstos, generan el movimiento de la cadena de tracción directamente por medio del motor diesel, a través de una transmisión hidráulica (de ahí su denominación). Por medio de un generador auxiliar acoplado al



motor diesel y un convertidor estático se generan las tensiones necesarias para la alimentación de los equipos auxiliares.

En función de la aplicación, se tienen distintas configuraciones y tipo de vehículo ferroviario.

Los ferrocarriles metropolitanos, tradicionalmente denominados Metros, se distinguen por estar dotados de características que los hacen especialmente apropiados para el transporte de un elevado número de pasajeros en trayectos cortos o muy cortos. Las características más remarcables de los mismos son el empleo de tracción eléctrica, la utilización de estructuras de caja ligera en aluminio o mixta en acero-aluminio, la distribución interior con mucho espacio sin asientos para permitir la máxima capacidad con los pasajeros de pie, el empleo de pasillos de intercomunicación entre coches diáfanos y elevadas prestaciones de ventilación y/o renovación de aire. No disponen de módulos WC, el número de puertas es elevado para agilizar el acceso y el desalojo del pasaje en poco tiempo, y la señalización luminosa y acústica interior es de vital importancia.

Los tranvías se caracterizan por ser vehículos ligeros, habitualmente con estructura de caja de aluminio, alimentados por medio de catenaria, las características similares a las del metro en lo relacionado con las prestaciones asociadas a la elevada capacidad de este tipo de transporte, añadiendo unas elevadas prestaciones de climatización, al transitar sobre la superficie, y la necesidad de estar constituido por estructuras de piso bajo, para minimizar el desnivel entre el suelo de la calle (que hace las veces de andén) y el piso interior del vehículo.

Los trenes de cercanías son los que pueden presentar una mayor variabilidad en cuanto a sus características principales. A grandes rasgos se puede afirmar que en función del tiempo medio entre estaciones, el tiempo entre extremos de la línea más larga sobre la que discurrirá el vehículo, y la demanda de pasajeros deberá poseer unas características más o menos similares a las de un metro (es decir, cuanto mayores sean los dos primeros y menor sea el segundo, más parecido a un metro). A medida que los tiempos medios entre estación y el tiempo máximo entre extremos de la línea sean mayores, a pesar de que la demanda de viajeros continúe siendo elevada (cuando las dos primeras variables se incrementan, la tercera suele disminuir siempre algo) las características del vehículo pasan a asimilarse cada vez más a un regional o interurbano. Habitualmente, en líneas de recorrido hasta los 60 km se consideran cercanías. Estos trenes pueden emplear cualquier tipo de tracción, tanto diesel como eléctrica. Habitualmente están constituidos por automotores, y las estructuras de caja empleadas se dividen a partes iguales entre aluminio y acero.

Los trenes regionales son los que transcurren por líneas cuyo recorrido máximo supera los 60 km y hasta unos 200km como máximo. Las características de estos trenes tienden a encaminarse a la búsqueda de un mayor confort para el pasajero, puesto que el tiempo que de media permanecerá el pasajero en el tren será mayor que en los casos mencionados anteriormente. Se tendrá así una menor capacidad, pero un mayor número de plazas sentadas, con asientos de más comodidad, parasoles o vidrios tintados, estética interior más cuidada, equipajes de mayores dimensiones y una velocidad máxima mayor. En muchos casos se aplica la configuración de locomotora y coches remolcados, aunque cada vez más se tiende a los automotores. Emplean indistintamente la tracción diesel o eléctrica y estructuras de acero o aluminio.

Se consideran trenes de largo recorrido los que operan en líneas de longitud superior a los 200km. En estos casos lo que se tiende es a incrementar cada vez más las prestaciones de confort y de velocidad máxima de los vehículos. Dentro de los trenes de largo recorrido se contemplan los trenes que disponen de características especiales para poder operar a velocidades singularmente elevadas. En los casos en los que en un recorrido de entre 400 y 600 km se tenga un número de paradas pequeño (hasta 5), entran en juego los conceptos de alta velocidad y velocidad alta.



Los vehículos de velocidad alta son los que pueden llegar a operar a velocidades de hasta 250 km/h. Los de alta velocidad son los que permiten llegar hasta los 300 o 350 km/h. Se trata de líneas con unas características especiales en cuanto a trazado, con radios de curva mínimos muy grandes, y pendientes máximas muy pequeñas. De ahí que por la necesidad de cumplir con numerosas limitaciones en este sentido, las infraestructura ferroviarias para recorridos de alta velocidad o velocidad alta deban incluir gran número de viaductos y túneles para salvar la orografía sin salirse de los requerimientos en cuanto a curvaturas mínimas y pendientes máximas, por lo que resultan especialmente costosas.

En algunas ocasiones, sobretodo para vehículos de velocidad alta (hasta 250km/h) se emplean soluciones técnicas singulares, para poder operar por recorridos con unas curvas de radio menor o pendiente mayor. Uno de las soluciones más celebradas es la suspensión pendular, empleada en los coches de patente TALGO o en los trenes italianos fabricados por FIAT Ferroviaria (actualmente integrada en ALSTOM) denominados pendolinos (un ejemplo que se tiene hoy en España de esta tecnología son los trenes de RENFE Alaris que operan entre Madrid y Valencia, y las nuevas lanzaderas que operan por las líneas de alta velocidad, S-104). En ambos casos la suspensión se comporta ante los esfuerzos centrífugos de la curva proporcionando una fuerza centrífuga sobre la caja que los contrarresta, lo que permite ir a velocidades superiores a las de un vehículo con suspensión convencional.



## **A.3.2. EJEMPLO DE PROYECTO FERROVIARIO**

### **A.3.2.1. INTRODUCCIÓN AL PROYECTO**

A continuación se va a mostrar, mediante un ejemplo, qué aspectos abarca la realización de un proyecto de desarrollo de un tren. Se tomará un proyecto hipotético de un tren para explotación suburbana, adjudicado a una empresa X que presentó oferta respondiendo a un pliego de condiciones emitido por la entidad explotadora del servicio tras la publicación del correspondiente concurso oficial.

Se mostrarán someramente los aspectos técnicos básicos del tren con los que la empresa constructora resultó adjudicataria del suministro.

Posteriormente, se enumerarán todas las áreas a desarrollar desde el punto de vista técnico a lo largo de la vida del proyecto: elementos, equipos, conjuntos, sistemas y toda la serie de componentes a diseñar que constituyen el conjunto del tren.

Seguidamente, se detallará el desglose de las tareas a realizar mediante la plasmación de las mismas en un planning tipo.

Asimismo, se mostrará a partir de una distribución en planta tipo de un centro productivo, cómo se organiza la fabricación del material rodante de este proyecto y qué orden siguen las distintas fases de fabricación, todo ello relacionándose con el planning.

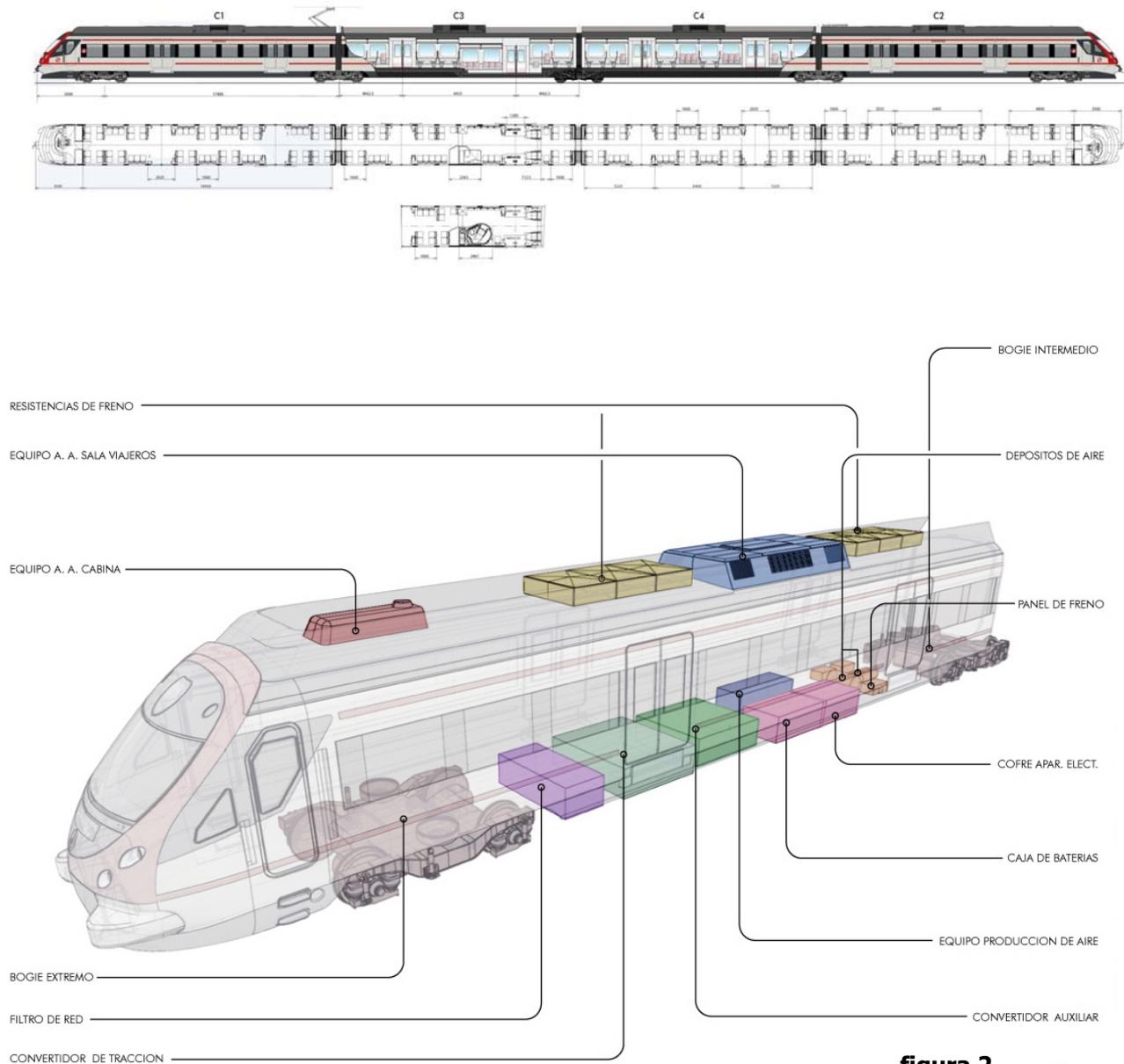
Por último, se indicará qué tareas de las desempeñadas por el constructor en su fábrica se podrían subcontratar a la unidad productiva proyectada, qué ventajas, oportunidades, ahorros y mejoras le brindaría dicha subcontratación, y cómo se modificaría la estructura industrial del constructor de materializarse.

### **A.3.2.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL TREN**

#### **A.3.2.2.1 CONFIGURACIÓN**

Una configuración tipo de tren podría ser la que se muestra en la figura 2 en la que además se muestra la distribución de los equipos:





**figura 2**

Véase en la figura 3 el diseño de la parte frontal del tren.

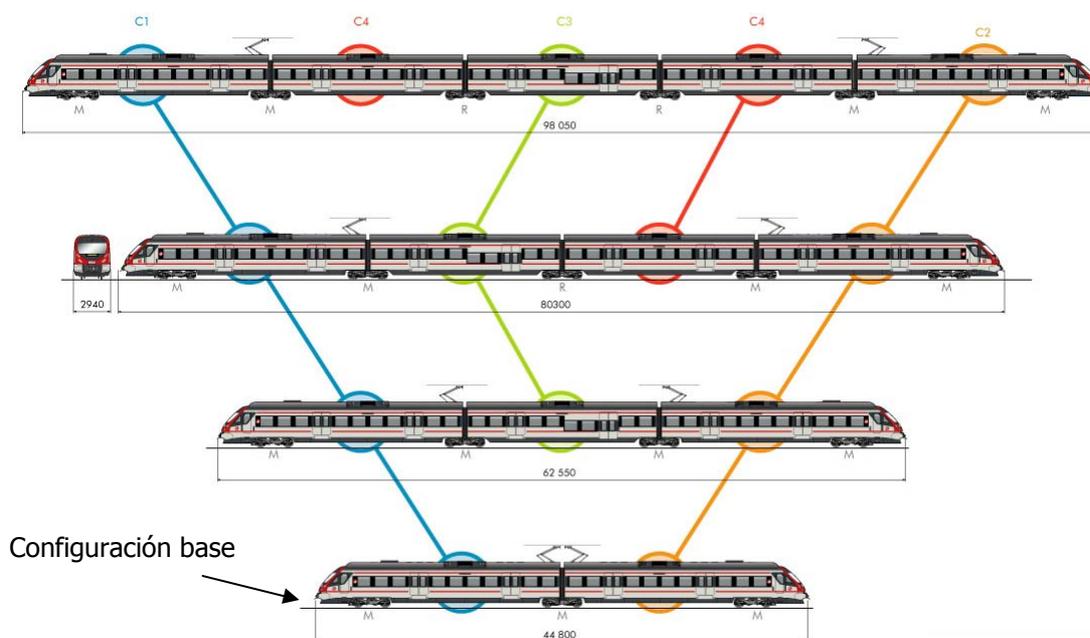
En este caso se trata de un tren de cercanías, con bogie compartido tipo Jacob en las uniones entre cocje, y estructura totalmente de aluminio, para una velocidad máxima de 160 km/h.





**figura 3**

La configuración base sería de unidad de cuatro coches, aunque con la posibilidad de pasar de la configuración base a otras configuraciones añadiendo o quitando coches intermedios (operaciones típicas de taller en explotación), como se muestra en la figura 4.



**figura 4**

Esta modularidad es un concepto muy extendido y cada vez más requerido por los distintos clientes, que así tienen la posibilidad de optimizar en poco tiempo las configuraciones de los trenes en función de la cantidad de pasajeros prevista. En este caso, la configuración de 5 coches sería la empleada para los trayectos de más demanda (horas punta en áreas suburbanas, entre las 6h y las 9:30h, y entre las 17h y las 22h), con una gradación que llega a la composición de dos coches



para los trayectos que se prevean con menor ocupación. Adaptar la configuración del vehículo al la capacidad prevista permite un ahorro muy importante de energía.

### A.3.2.3. EQUIPOS Y SISTEMAS DEL TREN

A continuación se muestra, de forma descriptiva, el conjunto de sistemas, equipos y elementos que forman un vehículo ferroviario. Siguiendo con el ejemplo iniciado anteriormente, el de un tren de cercanías con una composición base de cuatro coches, se puede hablar de dos tipos de elementos principales: por un lado los equipos, y por otro los sistemas.

Los equipos son aquellos elementos que autónomamente desempeñan una función particular en el tren. Como ejemplos de equipos, podemos hablar de las puertas, de los bogies, de los equipos de climatización, los módulos WC, el equipo de tracción, etc.

Por otro lado, los sistemas son las estructuras que, integradas en la globalidad del tren, desempeñan funciones para toda la unidad. Los cuatro grandes grupos de sistemas que forman el tren son los sistemas eléctricos, sistemas mecánicos, sistemas neumáticos y sistemas informáticos.

#### A.3.2.3.1 SISTEMAS ELÉCTRICOS

Los sistemas eléctricos desempeñan la función de suministrar la energía necesaria para el funcionamiento de la mayoría de los equipos. Los equipos de climatización, las puertas, el equipo de tracción (excepto en el caso de tracción diésel hidráulica) y en general la mayoría de equipos, consumen energía eléctrica. La aportación de esta energía puede tener configuraciones muy variadas, en función del tipo de línea, de las preferencias del cliente, etc.

Fundamentalmente, los sistemas eléctricos se pueden dividir en dos grandes grupos: con catenaria y sin catenaria. Los sistemas eléctricos para trenes que operan en línea con catenaria (líneas electrificadas), obtienen la energía eléctrica de la línea aérea denominada catenaria por medio de un dispositivo que recibe el nombre de pantógrafo. Los sistemas eléctricos en trenes para líneas sin catenaria generan su propia energía eléctrica mediante un generador acoplado al motor diésel.

En el caso del ejemplo que estamos viendo, se trataría de un tren que circula por una línea de cercanías tipo RENFE, cuya tensión nominal en catenaria es de 3000 V en continua.

La alimentación de los distintos consumos de electricidad se efectúa distintos niveles de tensión, y, en función del equipo, en continua o en alterna, por lo que son necesarios una serie de convertidores estáticos y onduladores para generar el tipo de tensión necesaria en cada caso. Asimismo, el sistema eléctrico debe estar dotado de toda una serie de filtros de entrada y protecciones para evitar daños en los equipos debidos a fluctuaciones en la tensión de catenaria. Otros elementos constitutivos del sistema eléctrico de un tren son, evidentemente, los cables, cargadores de batería, baterías, disyuntores, contactores, relés, magnetotérmicos, etc.

#### A.3.2.3.2 SISTEMAS MECÁNICOS

Los principales sistemas mecánicos del tren son la caja y el bogie. La totalidad de elementos de tren (equipos, componentes del sistema eléctrico tales como cables, armarios, pantógrafo,..., el sistema neumático, etc...) están físicamente anclados en alguno de estos dos elementos principales.



#### A.3.2.3.2.1. ESTRUCTURA DE CAJA

La caja consiste en una estructura autoportante cuya finalidad es obtener la máxima resistencia con el menor peso posible. Los materiales de construcción más empleados son el acero al cobre, el acero inoxidable (ferrítico y austenítico) y, cada vez más, el aluminio. En el ejemplo del tren de cercanías que estamos analizando, la estructura de la caja es en aluminio. Las aleaciones de aluminio más empleadas en la construcción ferroviaria son (según EN 755-2) 6082 T6, 6005 A, T6, 6008 T6, 6060 T5.

La estructura de la caja se divide en distintos subgrupos principales: El bastidor (en la parte inferior), los laterales, los testeros, delantero y trasero, y el techo o cubierta.

Dentro de estos grupos principales, en los lugares de interfase con distintos equipos principales, hay ciertos subgrupos singulares que desempeñan funciones concretas dentro de la estructura.

Estos subgrupos estructurales son los cabeceros (interfase mecánica de la estructura de la caja, en el bastidor, con los enganches o acoplamientos, bien entre coches, bien entre unidades distintas), las traviesas pivote (interfase mecánica de la caja, en el bastidor, con el bogie, a través de las balonas de suspensión secundaria), los montantes (interfase mecánica entre el lateral de caja con el marco de puerta, en el hueco de la misma) o el marco de pasillo (interfase mecánica que, en los vehículos con pasillo de intercircularión diáfano entre coches, sirve para fijar el pasillo a la caja). En el caso particular que estamos viendo, con una solución en la que se emplea bogie tipo Jakob o compartido, en la estructura de caja se incluye un tipo particular de cabecero trasero que desempeña simultáneamente las funciones que la traviesa pivote realiza en coches con dos bogies por caja, y la del cabecero trasero, alojando en este caso, no un enganche, sino una articulación permanente entre coches.

Las estructuras de caja de aluminio están constituidas por perfiles extrusionados, totalmente soldados, que son, preferentemente, huecos de doble capa en su sección transversal con elementos rigidizadores intermedios.

Estos perfiles deben incluir canales para el cableado del TREN, así como los soportes necesarios para el montaje de equipos, tuberías neumáticas, etc.

Los perfiles y chapas se unen entre si mediante soldadura tipo MIG. Cuando la pieza lo permita, por ejemplo en cubierta y piso, la soldadura se realiza mediante sistemas automáticos. En el resto se utilizan el sistema semiautomático.

Las aleaciones de aluminio tienen de por si una alta resistencia a la corrosión, no obstante, la soldadura o el contacto con otros materiales pueden dar lugar a una clara degradación de esta propiedad. Por ello, en la fabricación de las cajas se toman precauciones especiales para evitar la corrosión.

Las soldaduras son repasadas mediante cepillos de materiales inertes con el fin de eliminar las pequeñas imperfecciones que son punto de arranque de oxidaciones no previstas.

El conjunto de la caja se somete a un proceso completo de granallado y pintura.

Se elimina cualquier contacto posible entre las aleaciones de aluminio y cualquier otro material mediante la interposición de productos especiales, generalmente ricos en zinc, ya sean en lámina o de tipo barniz.

En las figuras 5, 6 y 7 se muestran los planos de la estructura de caja.



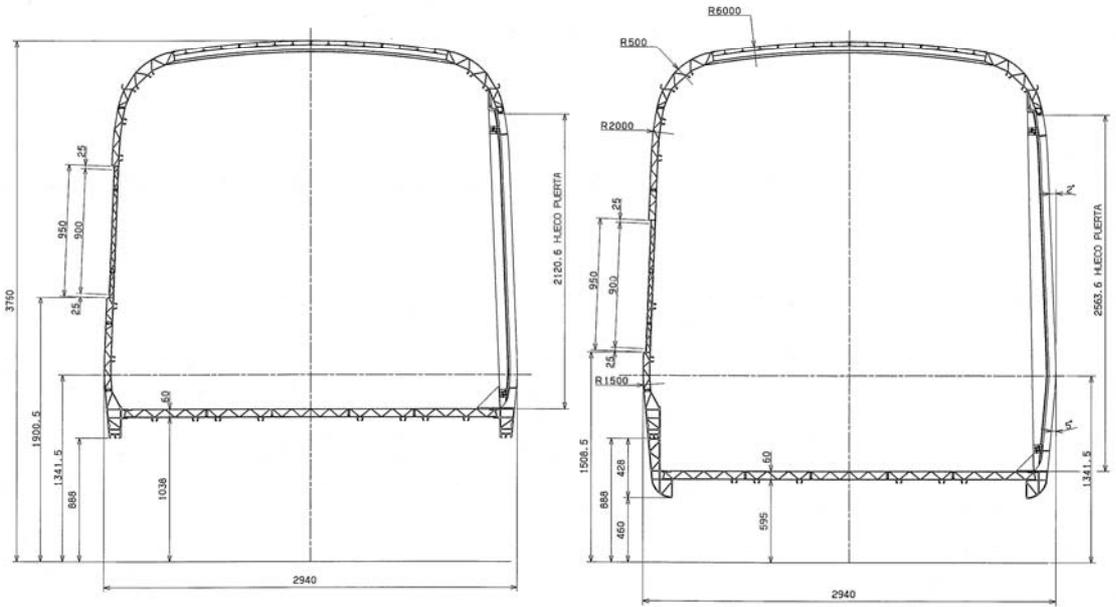


figura 5



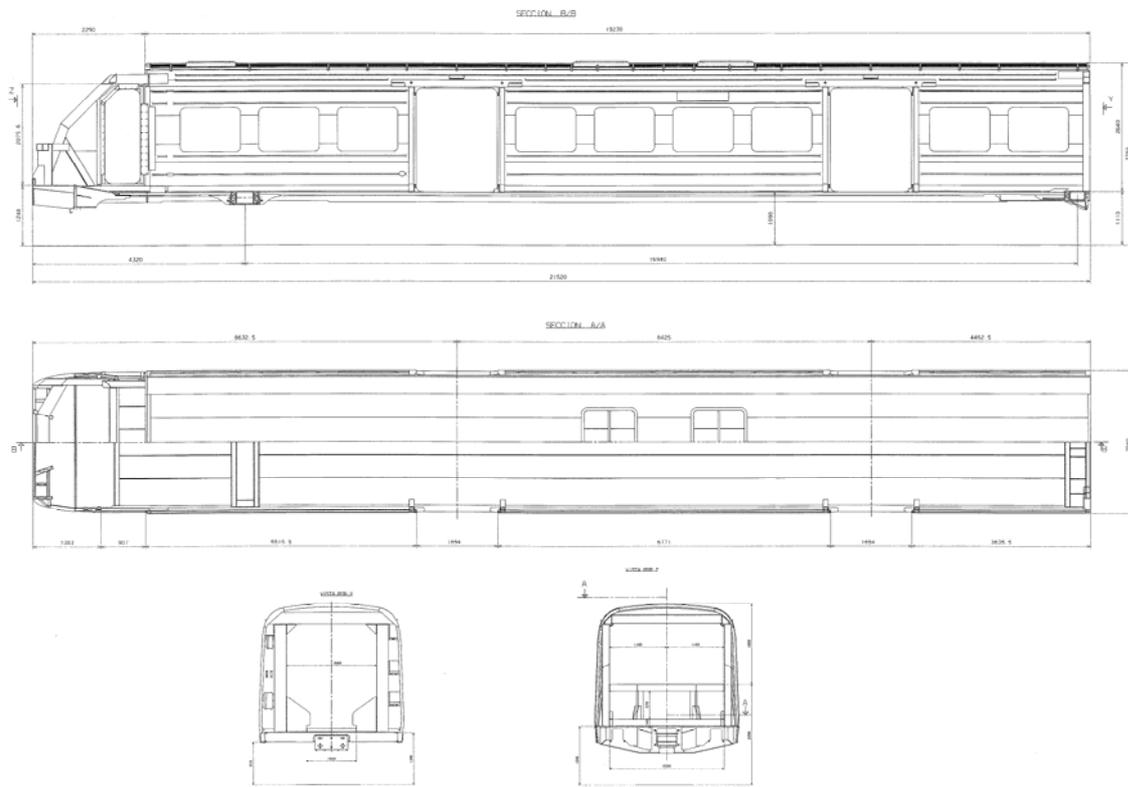


figura 6

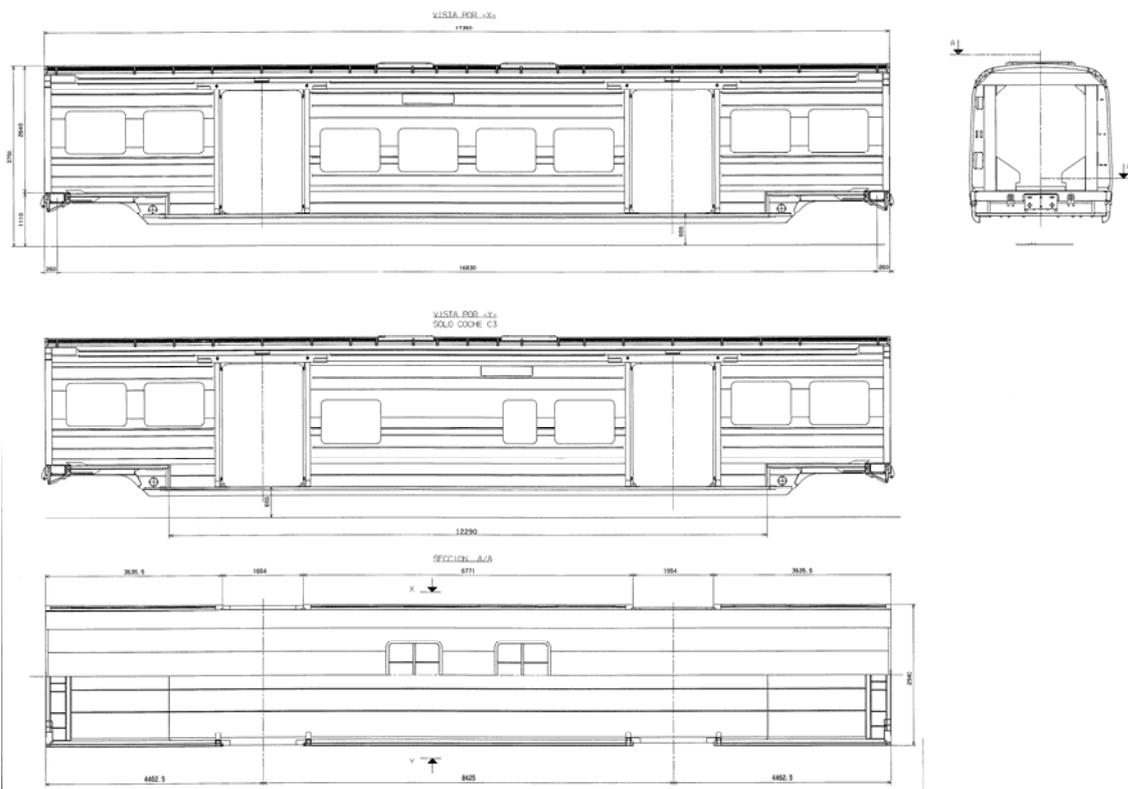


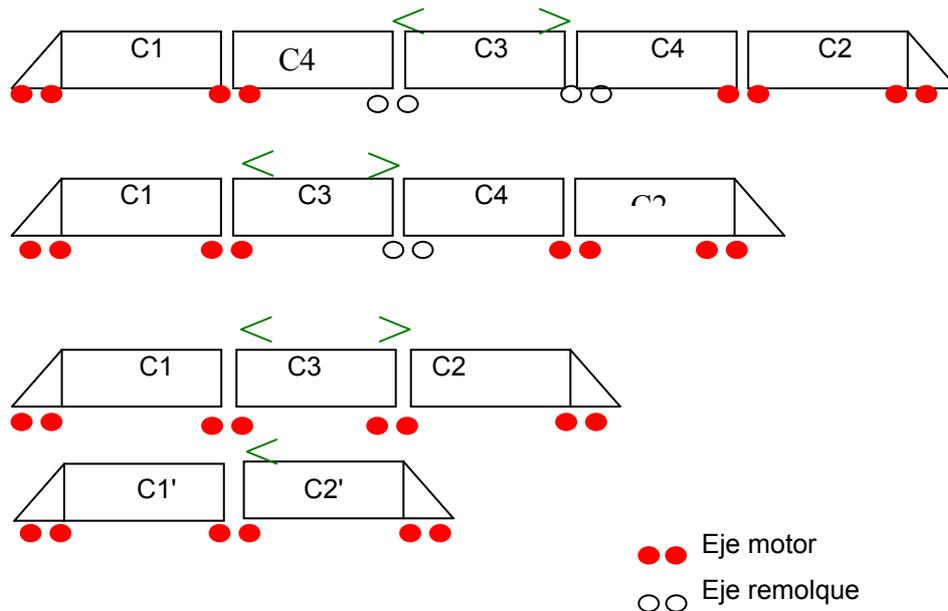
figura 7



### A.3.2.3.2.2. BOGIE

Los bogies son los elementos del tren que efectúan la función de accionar el movimiento del conjunto del tren y propician su guiado a lo largo del carril sobre el que se mueve el vehículo.

Para el tipo de tren del ejemplo una posible distribución de los bogies sería la que se muestra en la figura 8.



**figura 8**

A título descriptivo se puede considerar la siguiente enumeración de elementos que constituyen los bogies (vease dibujo en la figura 9):

Bogies motores :

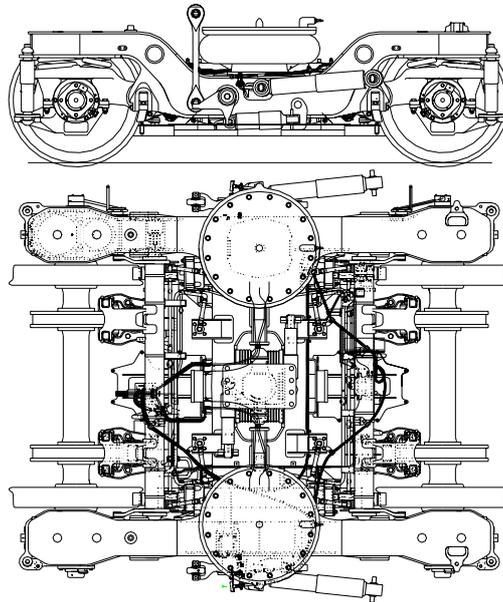
- ejes montados, acoplamiento, reductores, motores de tracción, discos de freno montados en llanta, cajas de grasa y elementos de montaje;
- guiado de ejes y suspensión primaria, incluyendo resortes de caucho-metal y amortiguadores;
- bastidor del bogie;
- suspensión secundaria con balonas, muelle auxiliar y amortiguadores (verticales, laterales y horizontales);
- barra anti-rotación;
- unidades de freno para el freno de disco montado en llanta incluyendo, mordazas, cilindros de freno con unidad de ajuste y en algunos casos muelle de freno de servicio;
- transmisión de esfuerzos de tracción y freno con articulación y arrastre;
- limitación del desplazamiento lateral, ajustable;



- tuberías neumáticas;
- cableado eléctrico.

Bogies remolque :

- ejes montados con discos de freno en llanta, con cajas de grasa, anillo amortiguador y elementos montados;
- guiado de ejes y suspensión primaria con resortes de caucho-metal y amortiguadores;
- bastidor del bogie;
- suspensión secundaria con balonas, muelle auxiliar y amortiguadores (verticales, laterales y horizontales);
- barra anti-rotación;
- transmisión de fuerza de frenado con biela de arrastre y pivote.
- limitación del desplazamiento lateral, ajustable;
- tuberías neumáticas;
- cableado eléctrico;
- Tubo lanza arena, engrase de pestaña y guardaraíl.



**figura 9**

De forma no exhaustiva, a continuación se describen algunos de los elementos constitutivos de mayor importancia de los bogies.

- Bastidor del bogie.

Los bastidores del bogie tienen forma de H y están formados por planchas de acero soldadas. Su finalidad es constituir la estructura básica del bogie y servir de base sobre la que se montan el resto de componentes.

- Ejes motores montados

Los ejes motores montados constan de:

- 1 eje,
- 2 ruedas con discos de freno en llanta,



- 1 unidad de tracción, compuesta por un acoplamiento, un motor de tracción y un reductor,
- 2 rodamientos de rodillos cónicos.

➤ Ejes remolques montados

Los ejes remolques montados constan de:

- 1 eje;
- 2 ruedas con discos de freno en llanta,
- 2 rodamientos de rodillos cónicos.

➤ Motores de Tracción

Los motores de tracción se montan en cada uno de los ejes de los bogies motores. Su función es la de accionar el movimiento de avance del tren, así como retener el avance en el momento de frenado (freno motor).

➤ Equipo de freno

La bogies disponen de discos de frenos montados en llanta, cada una con su unidad de freno. Cada unidad de freno está formada por el mordaza, zapatas de fricción y los cilindros de freno.

El conjunto de freno va montado en el extremo exterior de las vigas longitudinales del bogie. Los cilindros de freno tienen un dispositivo automático simple de ajuste al desgaste. Este ajuste se realiza mediante un golpe del pistón. La varilla de pistón se ajusta automáticamente durante el desapriete, por lo que queda asegurada siempre la distancia seleccionada entre la zapata de freno y el disco. Esta distancia es fácilmente ajustable.

El freno de estacionamiento es un resorte, operando sobre el mismo engranaje de freno que el freno neumático. Los frenos de actuación por resorte se acoplan a los cilindros de freno correspondientes, por lo que el ajuste al desgaste es totalmente efectivo también para el freno de estacionamiento.

Los discos de rueda en llanta se atornillan a las ruedas de la manera habitual.

➤ Suspensiones

La suspensión primaria desempeña la función de absorber las vibraciones que se establecen entre los ejes (y todo lo montado sobre ellos, incluyendo las ruedas) y el bastidor del bogie.

La suspensión primaria se realiza con resortes cónicos de caucho-metal que actúan también sistema de guiado para los ejes. Por medio del diseño correspondiente del resorte de caucho-metal de capas, se asegura la rigidez resultante de los cálculos dinámicos. La suspensión primaria se amortigua hidráulicamente en dirección vertical.

La suspensión secundaria desempeña la función de absorber las vibraciones que se establecen entre el bastidor del bogie y la caja del coche.

La suspensión secundaria del bogie consiste de un sistema neumático de suspensión con el muelle auxiliar integrado y un amortiguador exterior. El sistema de suspensión neumática posee una unidad para que la altura de piso del vehículo no dependa de la condición de carga. El muelle auxiliar integrado es un resorte cónico de goma y actúa



como muelle neumático, en caso de fallo del sistema neumático – no ajustándose, en este caso, la altura del piso en función de la carga.

La suspensión secundaria dispone de una amortiguación hidráulica en las tres coordenadas. Tanto los amortiguadores longitudinales como los antilazo, aseguran la estabilidad de marcha en recta a alta velocidad. En los bogies compartidos, para cada caja se montan dos amortiguadores antilazo ocasionando una amortiguación adicional de los coches entre sí. Esto mejora la calidad de marcha.

➤ Barras estabilizadoras

Para un aprovechamiento óptimo del gálibo, el desplazamiento del bogie debajo del coche se limita durante curvas por un limitador de balanceo, en función de la curva.

El movimiento de balanceo del vehículo está limitado por una barra estabilizadora, constituida por una barra de torsión ligada al bogie y ligada a la caja mediante las barras de guiado.

➤ Elementos de unión caja-bogie

El guiado del bogie para la transmisión de los esfuerzos de tracción y freno entre el bogie y la caja se efectúa en la parte baja del bogie una barra montada en el centro, la cual está ligada al pivote de la caja por medio de una consola. El pivote es también un tope transversal para el amortiguador elástico transversal ubicado próximo al pivote del bogie. En los bogies de tipo compartido, el guiado se efectúa también por medio de una barra de guiado, montada en el centro y ligada al bastidor del bogie y a la articulación entre las cajas, por encima del bogie. La articulación es también un tope transversal para los amortiguadores transversales elásticos, montados cerca del acoplamiento del bogie.

La articulación montada en la parte superior del bogie compartido conecta dos cajas adyacentes. Transmite los esfuerzos de tracción y freno de la unidad y apoya el guiado de los bogies compartidos. La articulación consiste en un elemento interno y otro externo. La articulación interna aloja un rodamiento de esferas asegurando la movilidad en todos los planos de las cajas conectadas entre sí por dicha articulación. La articulación soporta el guiado de los bogies.

➤ Elementos auxiliares.

Los bogies llevan, además, montados en la caja de eje los siguientes elementos auxiliares:

generador de impulsos de desplazamiento,  
sensor de velocidad del motor,  
conexiones a tierra.

### A.3.2.3.3 SISTEMAS NEUMÁTICOS Y DE PRODUCCIÓN DE AIRE

El tren dispone de todo un sistema de elementos accionados por medio de una red distribuida de aire comprimido.

Dicha red está constituida por :



➤ Equipo de producción de aire.

Uno de los coches extremos esta provisto de un grupo motocompresor rotativo para el suministro de aire comprimido a toda la unidad. Este grupo motocompresor debe generar un caudal que asegurará el funcionamiento de todos los sistemas neumáticos de la unidad. Orientativamente, considerando la composición de unidad de 5 coches bastaría con un compresor de 1500l/min.

El grupo motocompresor está convenientemente protegido para obtener un nivel de ruido que no perturbe el confort acústico de los pasajeros.

A fin de evitar la transmisión de vibraciones desde el compresor al coche esta prevista la unión por medio de mangas flexibles del compresor y el resto de la instalación neumática.

Asimismo, y para cumplir los requerimientos de grado de humedad y temperatura del aire comprimido, el sistema debe disponer de un secador de aire operado eléctricamente que contenga un separador de agua y aceite, válvula de purga incorporada, electroválvulas de control y válvulas de conmutación

Su funcionamiento se produce entre dos umbrales de presión determinados por sendos transductores ubicados en la tubería principal. Existe asimismo una válvula de seguridad que desactiva el compresor si se excede un límite superior de presión.

➤ Depósitos, tuberías principales y circuito neumático.

La finalidad de los depósitos es almacenar aire comprimido para el correcto funcionamiento tanto del compresor como para los frenados de emergencia necesarios. Están fabricados en aluminio y dotados de purga manual.

La tubería principal es la que distribuye aire comprimido a lo largo de todos circuitos neumáticos.

El circuito neumático consiste en toda la estructura de tuberías que hacen llegar a cada uno de los equipos consumidores de aire comprimido la presión necesaria para poner en marcha el accionador correspondiente. A lo largo de todo el circuito se distribuyen todo tipo de válvulas accionadas eléctricamente, o válvulas relé, comandadas por señales que se generan a nivel de la electrónica de mando.

➤ Equipos accionados por el sistema neumático: Equipo de freno

El más importante de todos es el equipo de freno en bogie. Su funcionamiento se basa en la combinación del freno eléctrico en el que el motor de tracción retiene la inercia que lleva el tren funcionando como generador y devolviendo corriente a la catenaria a través del pantógrafo, y el freno neumático basado en el accionamiento por medios neumáticos (y con lógica inversa, es decir aplicando presión neumática para liberar freno de disco)

Este sistema de freno permite realizar un blending (combinación de frenado eléctrico y neumático) de tren /coche aprovechando al máximo el freno eléctrico y adaptándose a cualquier tipo de composición indicándole la composición de una forma analógica o digital. Permitiendo realizar uno de los dos tipos de filosofía de freno:

1. Frenar eléctricamente los ejes motores hasta el máximo de freno eléctrico, posteriormente frenar los ejes remolques hasta igualar adherencia y por último frenar neumáticamente en ambos tipos de ejes hasta alcanzar la deceleración pedida.



2. Frenar eléctricamente los motores y una vez agotado el freno eléctrico de éstos aplicar por igual tanto en los ejes motores como remolques un esfuerzo neumático de freno hasta alcanzar las prestaciones solicitadas.

Mecánicamente lo constituyen las guarniciones de freno que actúan sobre los discos que se encuentran en los ejes del bogie en cuanto a freno de servicio y de emergencia, y las zapatas que actúan directamente sobre la rueda como freno de estacionamiento.

Las diferencias entre el freno de servicio y emergencia se reducen al modo de accionar las guarniciones sobre el disco de freno en función de la parte del circuito que actúe en cada caso. En el caso de funcionamiento normal, actúa la parte del circuito de freno de servicio, combinándose con el freno eléctrico (y las señales procedentes de la electrónica que gobiernan el antideslizamiento) para obtener la deceleración deseada en cada momento. La parte de freno de emergencia se pone en marcha y acciona las guarniciones sobre los discos de freno con un 100% de freno neumático. Este modo tiene lugar cuando hay una pérdida de presión en algún punto del circuito o cuando se activa el hombre muerto.

- Equipos accionados por el sistema neumático: Otros

El resto de equipos que son alimentados por el sistema neumático son las balonas de suspensión secundaria, la subida y bajada de pantógrafos, y el silbato.

- Control electrónico

La electrónica del sistema neumático constituye toda la red de mando de las electroválvulas en función de los valores recogidos por los sensores, transductores y otros elemento de medición distribuidos a lo largo de todo el circuito neumático, dando lugar a un control centralizado del funcionamiento del mismo.

El control electrónico está constituido básicamente por un microprocesador que genera las señales de salida para cada uno de los accionadores comandados (básicamente válvulas relé) en función de las entradas a dicha electrónica procedentes de la red principal de tren (demandas de freno, subidas o bajadas de pantógrafo, accionamiento del silbato...) o de los sensores que se encuentran a lo largo de todo el circuito (nivelación de balonas de la suspensión secundaria, puesta en marcha o parada del compresor). Asimismo envía a la red de tren las señales de diagnóstico necesarias para ser mostradas en cabina.

#### A.3.2.3.4 SISTEMAS INFORMÁTICOS

Los sistemas informáticos o informática embarcada consisten en todos los elementos gestionados alrededor de una CPU central de unidad de tren cuya finalidad es el gobierno y diagnóstico de todos los elementos del tren.

El sistema informático de tren integra en un sistema digital total la mayoría de las funciones de control y monitorización de trenes.

Las funciones de mando del sistema informático de control sólo corresponden a los procesos que no son de seguridad y excluye las aplicaciones de seguridad que son cableadas, tales como el control de las puertas y de los frenos que usan línea dedicadas en el tren.



Para estos casos de funciones de seguridad la red informática realizará funciones de diagnóstico y monitorización.

El sistema informático supervisa continuamente el funcionamiento correcto de los subsistemas del tren. Si uno de los equipos monitorizados tiene una avería, se emite una alarma de aviso al conductor y se indica la naturaleza de la avería en una unidad de visualización del conductor, con la posibilidad de la indicación de la acción correctiva. Esto reduce el plazo de la operación de servicio y el riesgo de daño debido a un funcionamiento del equipo defectuoso.

El sistema informático registra todas las averías de las funciones. Cada avería corresponde a un registro con la hora, memorizado en una memoria no volátil.

Estos sistemas incluyen una unidad de visualización para el conductor que se compone de una pantalla táctil, situada en el pupitre de cabina.

Esta unidad puede presentar la información necesaria para que el conductor opere el tren. También puede aceptar acciones del conductor cuando presiona zonas sensibles distribuidas en la pantalla.

Las diferentes pantallas pueden proporcionar:

- Información relativa al estado del equipo de las diferentes funciones del tren
- Información relativa a la localización de un elemento averiado
- Acceso a algunas funciones de control

La información que va de la pantalla al operador se visualiza a través de mensajes alfanuméricos e iconos combinados con diferentes formas y colores.

La información que va del operador a la pantalla se procesa a través de la presión sobre algunas zonas sensibles de la pantalla (pantalla táctil).

Las distintas ventanas de que dispone típicamente un tren con pantalla asociada a una red informática son las siguientes.

- Pantalla de preparación del tren que presenta el estado de los diferentes equipos (Pantógrafo, ...) durante la preparación del tren
- Pantalla de operación y estado, que presenta los datos de operación del tren
- Pantalla de control: esta pantalla tiene por objeto redundar algunos de los mandos (lo más importante) que normalmente se usan con los botones convencionales del pupitre de la cabina.
- Pantalla de averías de corriente, que presenta la lista de averías presentes en el tren
- Pantalla de historial de averías, que da acceso al registro de averías .
- Pantalla de configuración, que informa sobre la configuración de los diferentes subsistemas del tren.
- Pantalla de parámetros, que permite la modificación de los parámetros siguientes: número de serie del vehículo, diámetro de las ruedas, fecha y hora.

El estado anormal del tren, las alarmas y averías importantes se transmiten al sistema informático. Estas pueden ser:

- Presentadas al conductor (en la LA PANTALLA),
- Cargadas en un PC portátil para su análisis futuro,
- Transmitidas a través de un enlace serie RS485 al sistema GSM (conexión tren-tierra).



La mayoría de esta información se puede descargar en el taller para su procesamiento apropiado por un software adicional. Permite un análisis más fácil y fiable, diagnóstico anticipado y acción correctiva apropiada.

#### A.3.2.3.5 CLIMATIZACIÓN

La climatización se basa en la instalación de una serie de equipos en la cubierta de cada coche, mas una serie de canales distribuidas a lo largo de cada coche que se ubican a lo largo del techo y entre los paneles del interiorismo.

La alimentación eléctrica del equipo se efectúa por medio del convertidor estático.

Para la climatización de un tren como el del ejemplo, se instala 1 Equipo Compacto por coche para ser montado sobre el techo de la parte central del coche.

El mueble del equipo está construido en chapa de acero pintado.

Los compresores están instalados dentro del equipo, en la parte central del mismo.

Los equipos están diseñados de forma que internamente forman dos circuitos independientes por coche. En caso de avería de uno de ellos, el otro se hará cargo de la climatización del coche.

El panel de fuerza y control electrónico (con microprocesador), se instala en cabina, en un armario de fácil acceso. El Panel de Control de Cabina está incorporado en el de la Sala de Viajeros.

En los coches intermedios, el panel se instala en un cofre bajo bastidor.

Equipo compacto:

2	Baterías condensadoras de doble circuito.
2	Depósito de líquido con filtro deshidratador
2	Baterías evaporadoras con sus válvulas de expansión y solenoides con doble circuito frigorífico.
2	Motoventiladores de impulsión de aire.
1	Motoventilador para aire de condensación con 2 bobinados independientes.
1	Mueble, formado por una base de acero zinc.
-	Filtros de aire.
2	Compresores alternativos semiherméticos
2	Paneles de Manómetros y presostatos

Estos equipos llevan instaladas resistencias de calefacción en el equipo de aire acondicionado.

Los compresores son de tipo semihermético alternativo y tienen cuatro cilindros con control de capacidad para ellos, lo que permite trabajar con una potencia frigorífica del 50%.

El equipo compacto dispone de un panel con los manómetros de alta y baja presión y presostatos de protección.

- Presostato de seguridad de alta y baja presión
- Transductor de baja presión para regulación de la capacidad del compresor.
- Transductor de alta presión para regulación de la velocidad del motor condensador y la capacidad del compresor



El control de las presiones del circuito refrigerante permitirá que si por cualquier circunstancia la temperatura ambiente es excesiva, el equipo actúe a menos capacidad, sin necesidad de desconectarlo por exceso de presión.

En la figuras 10 y 11 se muestran las instalaciones de los equipos de climatización en los coches cabina y intermedios respectivamente.



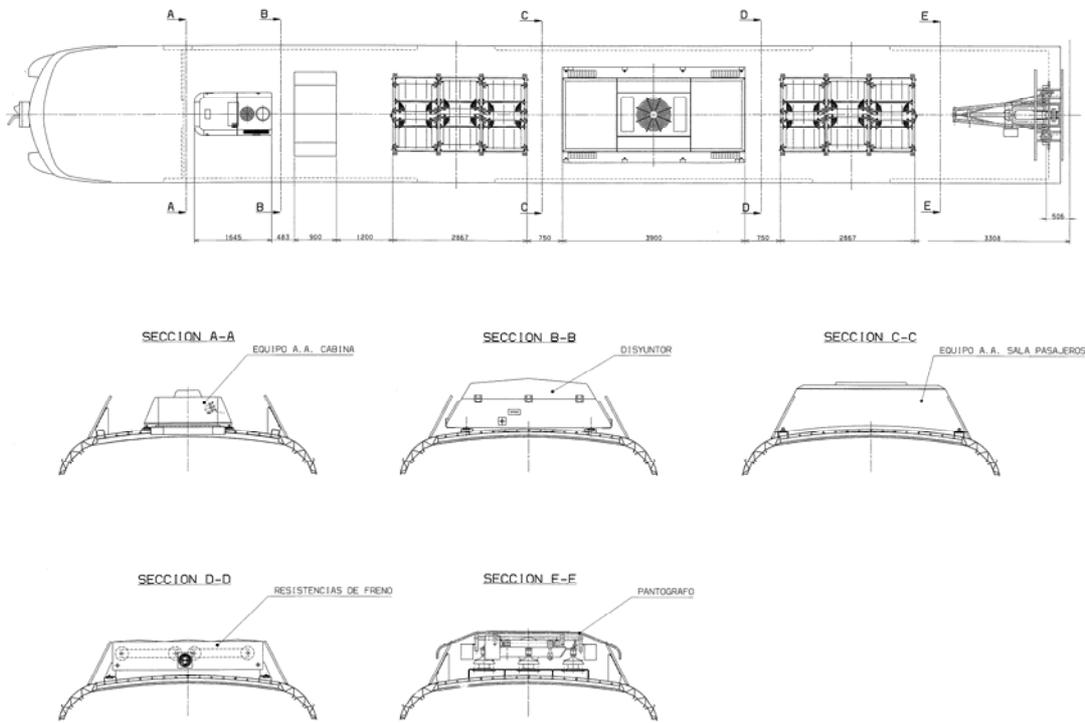


figura 10

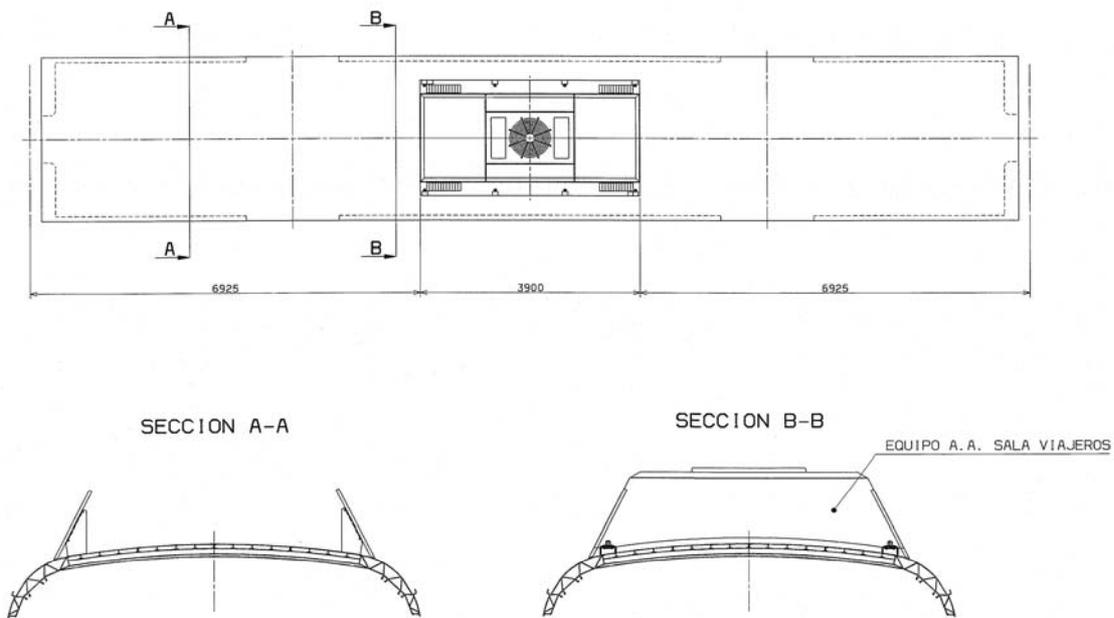


figura 11



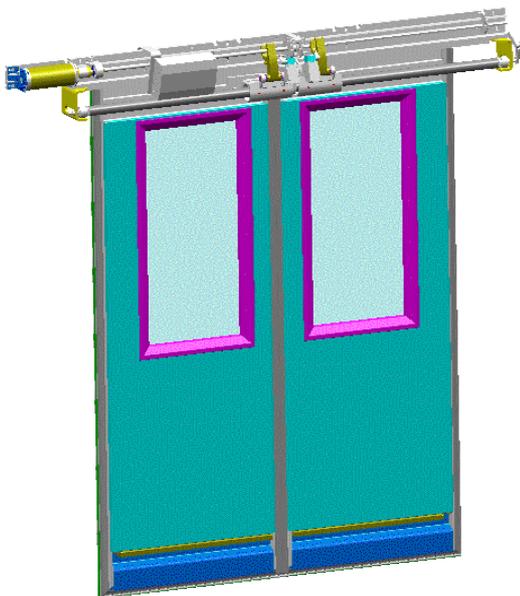
### A.3.2.3.6 PUERTAS DE ACCESO

Las puertas de acceso de pasajeros para un tren como el del ejemplo consta de los siguientes elementos:

- Dos hojas que siguen la geometría de la caja equipadas:
  - Estructura de aluminio
  - Chapas de forrado de aluminio
  - Acabado con pintura monocolor
  - Vidrio de seguridad laminado, pegado.
  - Dos pulsadores interiores y una exterior, montados sobre la hoja derecha.
- Mecanismo de mando con guías y sistemas de sustentación incorporados.
- Pletina de mando conectada al TCMS.
- Estribos.
- Rampa para personas de movilidad reducida (PMR)

Las puertas son del tipo deslizante – encajable con guiado superior e inferior y sustentación superior. Están accionadas por medio de un motor eléctrico.

Constan de dos hojas con movimiento conjugado entre si, las cuales, en su posición cerrada, estan perfectamente enrasadas con la superficie de la caja, asegurando asimismo la estanqueidad de las mismas cuando se encuentren en dicha posición. Las hojas dispondrán, en una de las dos hojas, de pulsadores de apertura y cierre en el interior del coche y de apertura en el exterior. En la figura 12 se muestra una imagen de la puerta en cuestión.

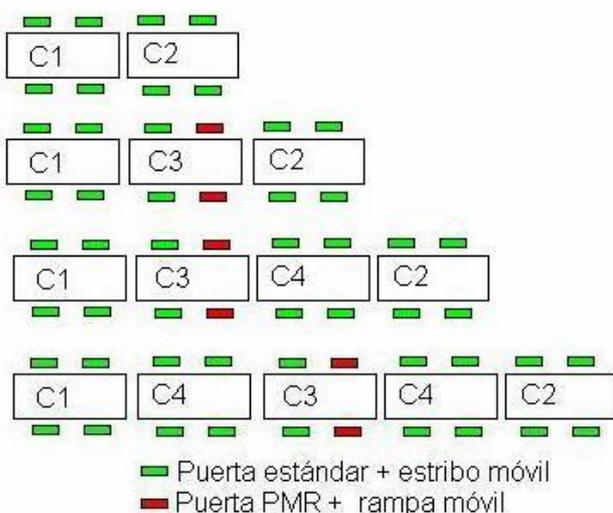


**figura 12**



Los tiempos de apertura y cierre deben ser los suficientes como para permitir el desalojo de todo el pasaje sin incrementar los tiempos máximos de parada en la estación.

En la figura 13 se muestra la distribución de los diferentes elementos descritos en las diferentes configuraciones.



**figura 13**

El funcionamiento de la puerta es de la siguiente forma:

Al poner en tensión la puerta:

Si la puerta estaba cerrada, antes de funcionar completamente tiene un pequeño retardo, para inicializar el sistema.

Si la puerta no estaba cerrada, antes de funcionar completamente tiene un pequeño retardo, para inicializar el sistema, tras este tiempo la puerta cierra a velocidad lenta hasta encontrar los finales de carrera de puerta cerrada y bloqueada.

En posición cerrada, la puerta está mecánicamente enclavada. Este enclavamiento se liberará cuando se solicite la apertura de puerta y el tren está parado. La apertura de las puertas puede ser automática o, en caso de emergencia, manual desde el interior y por el exterior.

Para proceder a la apertura automática de las puertas, el tren tiene que estar parado ( $v < 3$  km/h). Desde la cabina se manda el permiso de apertura de puertas del lado o lados seleccionados. Esta orden da lugar a la extracción de los estribos y de las rampas de sus alojamientos. La duración de esta operación es la indicada en el apartado anterior.



Una vez cumplidos estos requisitos, y los estribos y rampas estén completamente extraídos, la apertura de las hojas queda sujeta a la acción sobre los pulsadores locales interiores y exteriores de cada puerta. Esta acción provoca la siguiente secuencia de funcionamiento:

Desenclavamiento mecánico del mecanismo de apertura.

Desactivación de los contactos de puerta cerrada y apertura del lazo de seguridad de puertas.

Apertura automática de las hojas (fase rápida).

Apertura hojas (fase lenta). Esta fase lenta empieza a partir de la posición que se determine, bien por cálculo de microcontrolador, bien por medio de un encóder.

Detección de la señal de puerta abierta.

Desactivación del motor eléctrico con la puerta abierta.

Para la apertura manual o de emergencia, interiormente, el sistema dispone de un mando mediante el cual se produce el desbloqueo de la puerta. Consiste en un accionamiento actuado por medio de una maneta rotativa que provoca el desenclavamiento de las hojas y permite la apertura manual. Una vez accionado este mando se da información a cabina, y la puerta puede abrirse manualmente.

En cualquier caso, siempre y cuando se tenga abierto el lazo de puertas, esto es, siempre que haya una puerta desenclavada, se corta la tracción impidiéndose el arranque del tren hasta que el lazo se vuelva a cerrar, bien tras una orden de cierre ordinaria desde cabina, bien activando un dispositivo de by-pass.

Para la apertura manual de emergencia exterior, se tiene un accionamiento actuado por medio de una llave tipo cuadradillo que provoca el desenclavamiento de las hojas y permite la apertura manual.

La actuación del desbloqueo no está condicionada a la señal de velocidad, pudiendo efectuarse la apertura de puerta sea cual sea la velocidad. La actuación del desbloqueo provoca el desenclavamiento mecánico y corta la alimentación al motor.

Solo las puertas adyacentes a cabina incorporan este dispositivo de apertura de emergencia exterior.

El rearme dispositivo de apertura de emergencia se efectúa del modo siguiente:

- Interior: El rearme se realiza mediante el cierre manual de la puerta o bien mediante la reposición del mando de desbloqueo a su posición de reposo.
- Exterior: El rearme se realiza mediante el cierre manual de la puerta o bien mediante la reposición del mando de desbloqueo a su posición de reposo

El cierre de las puertas también puede ser automático o manual (interior o exterior).

La puerta cierra automáticamente si no hay de alguna estas señales:



- Tren parado ( $V < 3\text{km/h}$ ).
- Autorización apertura.
- Autorización abrir / cerrar.
- Rampa o estribo abierto.

Adicionalmente la puerta se cerrará cuando se pulse el botón pulsador de cierre o cuando la puerta este abierta durante un tiempo configurable.

Una vez dada la orden de cierre de puertas, la secuencia de funcionamiento es:

- Preaviso acústico durante 2 segundos (configurable)
- Cierre automático de las hojas (fase rápida).
- Cierre automático de las hojas (fase lenta). Esta fase lenta empieza a partir de la posición dada bien por el cálculo del microcontrolador, bien por la posición detectada por el encóder.
- Posibilidad de un numero determinado (a definir durante la fase de proyecto) de detecciones de obstáculo por sobrecorriente).
- Enclavamiento de las hojas y envío de esta información a la pletina de mando.
- Simultáneamente, activación de los contactos de puertas cerradas, información a cabina y cierre del lazo de seguridad.

El cierre manual puede realizarse tanto desde el interior como desde el exterior, siempre que no exista alimentación eléctrica. Para hacerlo hay que realizar la traslación de la hoja manualmente, hasta que quede encajada y enclavada en el hueco de la puerta.

Cuando un obstáculo es detectado durante la apertura de puerta, esta queda libre (el motor deja de ejercer par de apertura). Después de 3 segundos intenta abrir de nuevo. Si después de la tercera detección consecutiva de obstáculo la puerta no ha abierto, la puerta queda libre hasta que se solicite una apertura por parte del pasaje, o se dé una orden de cierre por el maquinista.

En el caso de que durante la maniobra de cierre se produzca una interferencia con un objeto de tamaño igual o superior a 30 x 60 mm intercalado a cualquier altura entre ambas hojas, la lectura de la sobreintensidad consumida por el motor provoca una reapertura automática de la puerta durante un intervalo de tiempo a definir, así como un cierre posterior. La secuencia es distinta en función del origen de la maniobra de cierre.

Cuando un obstáculo es detectado durante un cierre originado por botón pulsador de pasaje o por temporización, la puerta reabre parcialmente durante 0,5 s, a velocidad reducida quedando libre (pudiendo efectuar su apertura manual). La puerta intenta cerrar, a velocidad reducida, otra vez, después de 3 segundos. Si se han producido tres detecciones de obstáculos sucesivas (la puerta no ha cerrado) ésta se reabre completamente y permanece abierta hasta que aparezca una nueva orden de cierre por pulsador de botón de pasaje, por temporización o por orden de maquinista.



Cuando un obstáculo es detectado durante el cierre originado por el maquinista, la puerta queda libre (pudiendo efectuarse la apertura manual). La puerta intenta cerrar, a velocidad reducida, otra vez, al cabo de 3 segundos. Este ciclo se repite indefinidamente hasta que se da orden de habilitación de la puerta por parte del maquinista, momento en que la puerta pasa a operar según lo descrito en el párrafo previo.

En cualquier caso, el esfuerzo de cierre efectuado por la hojas no superará el valor medio de prefijado, ni picos puntuales. Estos valores oscilan entre los 1590 y 200 N.

En caso de fallo en el funcionamiento del sistema de puerta-estribo, existe un dispositivo que permite efectuar la condena manual de la puerta.

La condena se realiza mediante un dispositivo de accionamiento manual que actúa sobre el mecanismo.

La actuación de la condena provoca el corte de alimentación eléctrica de la puerta (pletina de mando y motor), impidiendo cualquier funcionalidad de la puerta. La condena sólo es posible a puerta cerrada y bloqueada.

La estructura de las hojas de las puertas estará constituida por perfilera conformada de aluminio extruído, de buena conformabilidad, en calidad Al.6063 T5 o similar, posteriormente soldada o atornillada y convenientemente tratada.

Tanto exterior como interiormente, las estructuras citadas en el punto anterior irán chapeadas con Aluminio de calidad Al.5052 H32, o similar de espesor 1,2 mm. (Aleación de resistencia mecánica media, alta resistencia a la corrosión, conformado fácil y buena soldabilidad).

Las hojas de puertas estarán dotadas en su interior con espuma rígida de poliuretano, aplicada por inyección.

La luna estará formada por vidrios pegados de las siguientes características:

- 1 vidrio laminado compuesto por:
- 1 Vidrio exterior, templado térmicamente, color bronce y tratamiento "antelio" ó similar por la cara interior de este vidrio.
- Intercalario de de PVB.
- 1 vidrio interior, templado térmicamente, incoloro.



Todas las juntas de goma a montar en estas hojas serán a base de perfiles inyectados según hilera, cortados y acoplados de EPDM. A continuación se muestra en la figura 14 una imagen del hueco de la puerta.



**figura 14**

El mecanismo es un bloque compacto que engloba a todos los elementos. Están montados sobre una estructura en perfil de aluminio autoportante, preparados para ser fijados directamente a la caja del coche.

Consiste en un motor de corriente continua de imanes permanentes, dotado de un conector intermedio que permite un rápido montaje y desmontaje, facilitando así las operaciones de mantenimiento. Asimismo, el motor lleva incorporada la transmisión motor/mecanismo.

El mecanismo consiste en la siguiente relación de elementos:

- Dispositivo de transmisión-conjugación.
- Dispositivo de enclavamiento.
- Sistema de desbloqueo automático.
- Sistema de desbloqueo manual.
- Sistema de detección de control de puerta cerrada y enclavada.

En la figura 15 se muestra una imagen del mecanismo.





**figura 15**

#### A.3.2.3.7 PROPULSIÓN

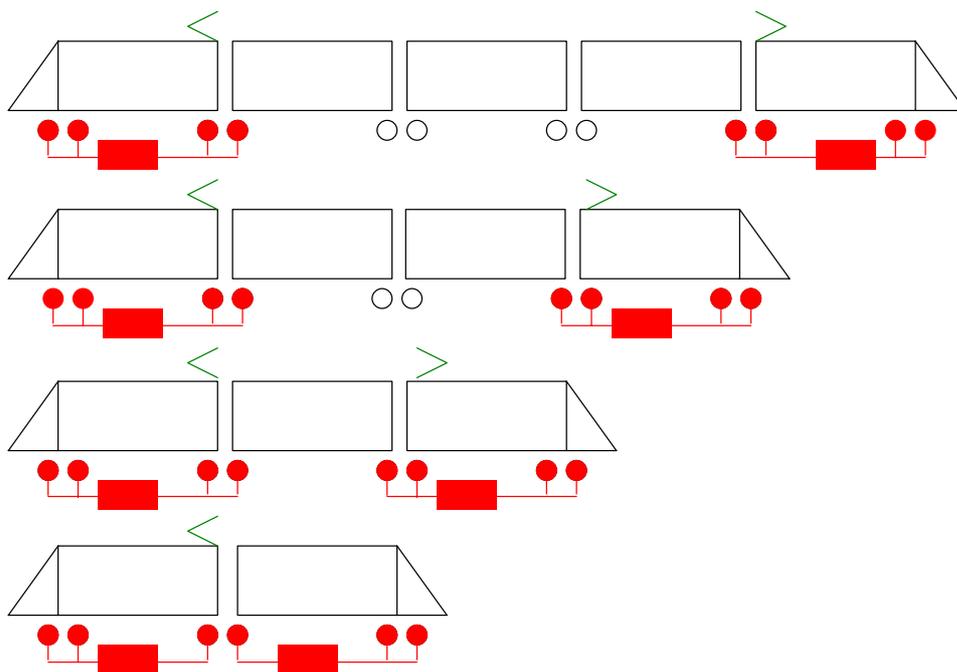
La propulsión incorpora tres elementos principales: el ondulator que emplea módulos de potencia por transistores IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor), el control por microprocesador, y el motor asíncrono.

Estos tres elementos se han diseñado para funcionar de modo conjunto a fin de crear una cadena de tracción de la mayor eficacia explotando al máximo la capacidad de cada uno de los bloques constructivos. La realización de diversas combinaciones con los elementos individuales permite dotar de tracción a todos los tipos de vehículos eléctricos, desde tranvías, trolebuses, locomotoras eléctricas hasta trenes de alta velocidad.

Las ventajas del equipo de propulsión para el constructor ferroviario son:

- Un sistema que, gracias a su diseño modular, conjuga las ventajas técnicas de una solución a medida con las de coste de un producto normalizado,
- Equipo de propulsión diseñado en módulos compactos, lo que deja el máximo espacio a otros equipos necesarios y contribuye a reducir el peso total del tren,
- Un sistema diseñado teniendo siempre bien presente el coste del ciclo de vida, el mínimo mantenimiento, y diseñado para facilitar el acceso al personal de mantenimiento,
- Una tecnología que optimiza los gastos de explotación y brinda un consumo de energía bajo,
- Un sistema de control del antipatinaje/bloqueo, de altas prestaciones, para sacar el máximo partido a la adherencia disponible,
- Experiencia a la hora de garantizar la compatibilidad con la señalización mediante un sistema de diseño integral,
- Un sofisticado sistema de adquisición de datos que proporciona al operario una información completa para el mantenimiento, con registro de fallos y equipos de autodiagnóstico.





**figura 16**

La figura 16 anterior muestra el croquis de alimentación principal. Las características principales son:

Cada tren dispone de dos onduladores (véase el esquema en la figura 17) de tracción tal como muestra la Figura 16 anterior (rectángulos rellenos),

Cada ondulator de tracción conecta desde 3 hasta 4 motores de tracción (según la configuración del tren) tal y como muestra la Figura 16 (cada círculo relleno representa un eje motorizado),

Cada cadena de tracción se conecta a la red informática por medio de la electrónica de control de la propulsión. La demanda de esfuerzo de cadena de tracción del maquinista se envía desde el manipulador de tracción/freno a la electrónica de control de la propulsión vía esta red.



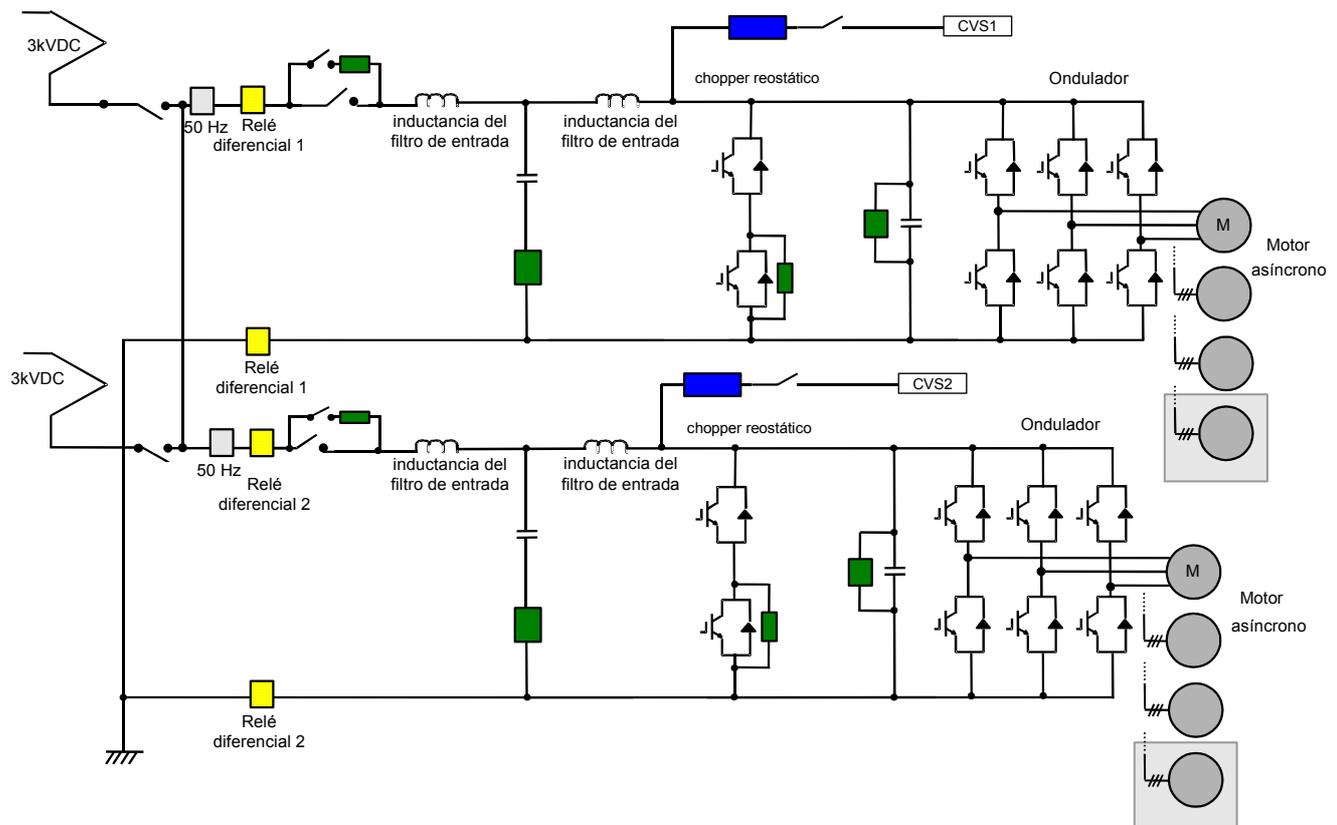


figura 17

La unidad se puede alimentar de la cateneria por medio de 2 pantógrafos, cada puede ser seccionado en caso de fallo por medio de un disyuntor. Cada disyuntor de acción rápida puede alimentar los dos equipos de tracción.

Un de los pantógrafos no subirá en servicio normal, el otro alimentara a través del disyuntor correspondiente las dos cadenas de tracción. El circuito de alta tensión, pantógrafo y disyuntor, está redundante

Cada unidad está accionada por dos cadenas de tracción totalmente independientes alimentadas. Cada una de estas cadenas de tracción está compuesta por un filtro de entrada un convertidor auxiliar y un ondulator que controla desde 3 hasta 4 motores con el correspondiente freno reostático.

En caso de fallo, la cadena de propulsión afectada se puede aislar abriendo su correspondiente conmutador

#### A.3.2.3.8 ENGANCHES

Es posible la formación de hasta tres unidades operando con mando múltiple. Para ello, irá instalado un enganche automático en cada extremo del tren, situado en el interior del testero y



fijado a la estructura del cabecero delantero del bastidor, permitiendo un acoplamiento mecánico, eléctrico y neumático de forma totalmente automática.

Éste deberá realizar la unión mecánica entre unidades. En este sentido deberá transmitir los esfuerzos de tracción y compresión que puedan surgir entre las mismas y absorber parte de la energía en caso de choque, por lo que dispondrá de un sistema de absorción de energía que reduzca los esfuerzos transmitidos a la estructura del coche.

El enganche automático puede ser retráctil, de manera que en la posición de no acoplado quedará retraído y ubicado en el interior del testero y dispondrá de una trampilla abatible que se abre automáticamente permitiendo extender el enganche automático hacia el exterior para realizar la maniobra de acoplamiento, y en la posición de acoplado quedará extendido dispuesto para realizar la maniobra de acoplamiento.

La operación de acoplamiento debe poder permitir la unión mecánica, eléctrica y neumática entre dos trenes mediante una sola acción totalmente automática. Igualmente, la operación de desacoplamiento debe poder realizarse en una sola acción totalmente automática.

El mecanismo que permite la retracción y extracción del enganche automático es accionado neumáticamente y controlado mecánica y/o neumáticamente.

Un dispositivo montado en el propio enganche centra vertical y horizontalmente la cabeza del enganche evitando así desplazamientos de la misma cuando el tren circule sin acoplar en posición extendida, además, este dispositivo permite el ajuste o regulación vertical y horizontal de la cabeza del enganche.

Los trenes acoplados en unidades múltiples, son capaces de circular en las siguientes curvas:

Circulación en curva de 250 m de radio en vía general.

Circulación a velocidad reducida en curva de 100 m de radio en talleres de mantenimiento.

En estas condiciones, el enganche automático dispone de los siguientes ángulos de movimiento de la cabeza de acoplamiento:

- Ángulo de giro horizontal:  $\pm 13^\circ$

- Ángulo de giro vertical:  $\pm 4^\circ$

Es posible la operación de acople cuando existan pequeñas desalineaciones entre las cabezas de los enganches. Para ello se dispone de un centrador que facilite su acoplamiento.

El rango de acoplamiento (gathering range) que garantiza las operaciones acoplamiento del enganche se detallara durante la fase del proyecto.

El enganche dispone de un dispositivo que permite la absorción de energía en caso de choque de un tren modular de cinco coches contra 1 otro tren modular idéntico parado y frenado situados en recta y horizontal, todos ellos en carga máxima. Este dispositivo reduce los esfuerzos transmitidos al tren, protegiendo así los pasajeros y evitando deformaciones de la estructura.

Absorbe los esfuerzos de tracción y compresión surgidos durante el servicio aumentando así el confort de marcha.

Las características de los dispositivos de absorción de energía son, a efectos de dimensionamiento para un tren como el del ejemplo:



#### CASO A :

Choque frontal en maniobra de acoplamiento, sin deformación permanente en los dispositivos de absorción, a una velocidad de acoplamiento, como mínimo de 5 km/h.

La energía absorbida recuperable es como mínimo de 41 kJ.

Esfuerzo de impacto 600 kN.

Carrera en compresión 55 mm.

#### CASO B :

Choque frontal en maniobra de acoplamiento, con deformación permanente en los dispositivos "fusibles" de absorción, a una velocidad de acoplamiento, como mínimo de 10 km/h.

La energía absorbida por dispositivo "fusible" es como mínimo de 125 kJ.

Esfuerzo de impacto 1450 kN

Carrera en compresión: 100 mm

### A.3.2.3.9 MÓDULOS WC

La configuración general del módulo está pensada para facilitar su limpieza y mantenimiento y, asimismo, todas las interfaces interiores evitan también cualquier zona donde pueda acumularse suciedad. Los módulos estarán diseñados para que las fijaciones queden tan ocultas como sea posible y ofrecer un aspecto higiénico y estético que optimice el espacio.

El techo del módulo da la posibilidad de ser fabricado en aluminio pintado o en resina fenólica y se ha pensado de tal forma que sea registrable.

Todas las paredes que conforman el módulo, a excepción de la pared técnica en la cual se ha pensado ubicar la mayor parte de los accesorios, la cual será de fibra de vidrio GRP reforzada con resina fenólica, estarán formadas por paneles de HPL. Existe la posibilidad de emplear fibra de vidrio reforzada con resina fenólica en todo el WC.

El suelo estará fabricado en GRP y estará diseñado en forma de bandeja para asegurar la máxima estanqueidad. La parte plana del suelo estará recubierta por un pavimento antideslizante y tendrá un sumidero.

Los materiales ofertados tienen las adecuadas propiedades mecánicas, excelente comportamiento al fuego y resistencia a la abrasión.

Todo el conjunto está diseñado tal que los elementos del módulo y sistema sean fácilmente accesibles para posibilitar las operaciones de mantenimiento.

Los módulos standard tienen los siguientes accesorios:

Un indicador luminoso libre/ocupado situado en la pared exterior.

- Una puerta recta abatible y abisagrada, con maneta standard.
- Un conjunto extractor y rejilla en el techo del módulo.



- Conjunto lavamanos compuesto por encimera de material composite.
- Un grifo con actuación IR.
- Una papelera.
- Un dispensador de jabón.
- Un dispensador de papel higiénico.
- Un espejo abisagrado dotado de lámina adhesiva para protección antirrayadura.
- Un secamanos con pulsador.
- Una percha .
- Un asidero fijo en el interior del módulo y dos en el exterior.
- Un sumidero.
- Un conjunto de iluminación formado por dos fluorescentes.
- Peana.
- Conjunto tapa y corona.
- Un equipo de ambientación.
- Conjunto altavoz con rejilla sin conectores ni cableado.

El módulo PMR tendrá los mismos accesorios que el estándar a diferencia de la puerta y con la adición de los siguientes accesorios:

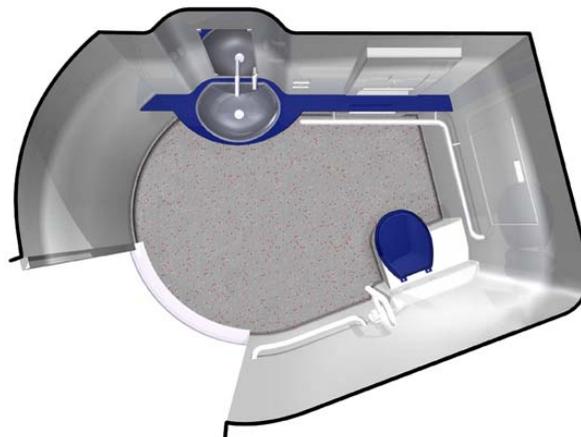
- una percha más
- mesa bebé
- segundo espejo de cuerpo entero
- un asidero abatible al lado de taza
- un asidero horizontal bordeando lavamanos.

En las figuras 18 y19 se muestra el módulo WC para personas de movilidad reducida.





**figura 18**



**figura 19**

Para cada ciclo se realiza una aspiración completa de los residuos en la taza hasta el tanque de retención mediante un eyector. Se efectúa el vacío en la totalidad del sistema, depósito incluido.

El conjunto taza consta de los siguientes elementos:



Taza en acero inoxidable antiadherente. El conjunto incluye un sensor de nivel máximo de manera que si éste detecta un volumen excesivo en la taza, el sistema queda automáticamente fuera de servicio.

La salida de la taza en forma de codo está especialmente diseñada para bloquear el paso de aquel tipo de objetos que pudieran dañar el sistema, tales como bolígrafos, jeringuillas etc.

Para generar el vacío, el sistema está equipado con un eyector Venturi que funciona mediante aire comprimido.

Un panel será instalado, siendo accesible mediante una trampilla, incorporando los siguientes elementos:

- Eyector tipo VENTURI.
- Válvula de descarga.
- Filtro de olores.
- Filtro regulador.
- Manómetro de presión.
- Vacuómetro.
- Vacuostato.

El filtro de olores está basado en un neutralizador químico que elimina, entre otros, los gases amoníaco y sulfuro de hidrógeno.

El módulo dispone de una unidad que controla los componentes para la regulación y control del aire comprimido en vacío. La unidad de control indica el estado del sistema en todo momento. El sistema es compacto y muy fiable.

La unidad, que funciona a través de una tarjeta electrónica, controla todo el ciclo del WC a través de una electroválvula para cada uno de los siguientes elementos:

- Eyector.
- Válvula de corte.
- Bomba de agua.
- Sensor de nivel taza.
- Sensor de nivel tanque de retención.
- Sensor de nivel tanque de aguas limpias.

Es un sistema de WC que recoge los residuos de la taza por medio de vacío en un depósito intermedio de inox de 6 litros aprox. Después se presuriza este depósito empujando los residuos al depósito de retención. Este depósito de retención, a diferencia del sistema de vacío total, está a presión atmosférica.



El tanque está fabricado en inox. AISI 316L y diseñado para ser instalado en un espacio habilitado dentro del coche contiguo al módulo.

La capacidad total del tanque es de unos 420 L. Aproximadamente 70 litros deben ser tenidos en cuenta para el vacío de dicho depósito. Dicho depósito recoge las aguas residuales de la taza. Las aguas procedentes del lavamanos caen directamente a la vía.

El depósito no está aislado ni calefactado. Dado que el sistema de WC está dentro del coche, cuando el tren esté en funcionamiento, nunca se alcanzarán estas temperaturas. Cuando se deje el coche en la playa sin servicio, se deberán tomar las medidas de mantenimiento preventivo correctas, esto es, que se drenarán las tuberías de agua y depósito de agua mediante correspondiente válvula de bola.

El tanque contiene paredes rompeolas e irá equipado con dos sensores ultrasónicos de dos niveles 80% y lleno (en términos de capacidad útil del tanque) y dos indicadores comunes exteriores de nivel ubicados uno a cada lado del tanque que indican los niveles tanto del tanque de retención como el de aguas limpias.

El tanque también está equipado con los siguientes accesorios:

- Dos dispositivos de vaciado por succión "Camlock", uno a cada lado del coche.
- Una entrada de conexión para la tubería proveniente de la taza y del lavamanos.
- Dos salidas de conexión para la tubería del vaciado del depósito.
- Conexión para limpieza.

El depósito de aguas residuales está fabricado en polietileno de alta densidad con un espesor de 8 mm forrado con aislante tipo Rockwool de 25 mm de espesor y 40 Kg/m<sup>3</sup>. El depósito tiene una capacidad de 420 litros.

El depósito de retención está equipado con sensores de nivel de 80 y 95% de la capacidad real del depósito de residuos. Estos indicadores de nivel transmiten al sistema de control la señal para dejar el wc fuera de servicio cuando el nivel del depósito de aguas residuales alcanza el 95 %.

El depósito de residuos incorpora bocas de vaciados tipo CAMLOCK de 3 pulgadas según norma UIC y dos bocas de llenado de 1 pulgada para la limpieza interior del depósito.

Las tuberías de vaciado se prolongan a ambos extremos del coche para facilitar las operaciones de vaciado del depósito.

El depósito no está aislado ni calefactado. Dado que el sistema de WC está dentro del coche, cuando el tren esté en funcionamiento, nunca se alcanzarán estas temperaturas. Cuando se deje el coche en la playa sin servicio, se deberán tomar las medidas de mantenimiento preventivo correctas, esto es, que se drenarán las tuberías de agua y depósito de agua mediante correspondiente válvula de bola.

En el caso de instalación del sistema de vacío total los depósitos son de acero inoxidable. La capacidad del depósito de aguas limpias es de 300 litros, fabricado en acero inoxidable. El depósito no está ni aislado ni calefactado.



El tanque va equipado con un sensor de dos niveles. El nivel se puede leer desde ambos lados del coche en el indicador de nivel para niveles de aguas limpias y aguas negras.

Las siguientes entradas son también parte del módulo:

- Una salida rebosadero.
- Una salida ventilación.
- Una salida para conexión de las tuberías módulo.
- Una salida para la conexión de la tubería de llenado.

El depósito no está aislado ni calefactado. Dado que el sistema de WC está dentro del coche, cuando el tren esté en funcionamiento, nunca se alcanzarán estas temperaturas. Cuando se deje el coche en la playa sin servicio, se deberán tomar las medidas de mantenimiento preventivo correctas, esto es, que se drenarán las tuberías de agua y depósito de agua mediante correspondiente válvula de bola.

El depósito de aguas limpias está realizado en polietileno de alta densidad con un espesor de 8 mm y su capacidad será de 300 litros.

El depósito no está aislado ni calefactado. Dado que el sistema de WC está dentro del coche, cuando el tren esté en funcionamiento, nunca se alcanzarán estas temperaturas. Cuando se deje el coche en la playa sin servicio, se deberán tomar las medidas de mantenimiento preventivo correctas, esto es, que se drenarán las tuberías de agua y depósito de agua mediante correspondiente válvula de bola.

El sistema completo de aguas limpias está situado en el interior del coche, en un armario junto al módulo. Será fácilmente desmontable una vez instalado en el coche.

Se tendrá acceso al depósito desde la plataforma a través del panel de registro que da acceso al depósito de aguas limpias.

El sistema de niveles será por sensor de presión. Los sensores darán señales de 25%, 50%, 75% y 100% de la capacidad total. Cuando el depósito esté al 0%, el WC se colocará en fuera de servicio, dando una señal al conductor del tren, quien a su vez avisará a la persona de servicio para que proceda al bloqueo de la puerta.

Conectados al depósito de aguas limpias, se dispone de dos bocas de llenado ubicadas a ambos lados del tren, así como un dispositivo de rebose y una salida en la parte inferior para el drenaje del depósito.

El equipo lavamanos tomará el agua del depósito de aguas limpias mediante una electro-bomba de presión autorregulable. La bomba se activará cada vez que le llegue la señal proveniente del detector fotoeléctrico del grifo y hará llegar el agua con un caudal aproximado de 1 a 2 l/min.



#### A.3.2.3.10 PASILLO DE INTERCIRCULACIÓN

El pasillo es la parte flexible del tren, que absorbe los movimientos relativos entre los coches y proporciona al viajero un paso confortable y seguro desde un coche al otro.

Dado a su construcción y diseño, el pasillo es fácil de mantener y muestra una larga vida útil.



Los conjuntos y subconjuntos esenciales del Pasillo, se ilustran en la figura 20.

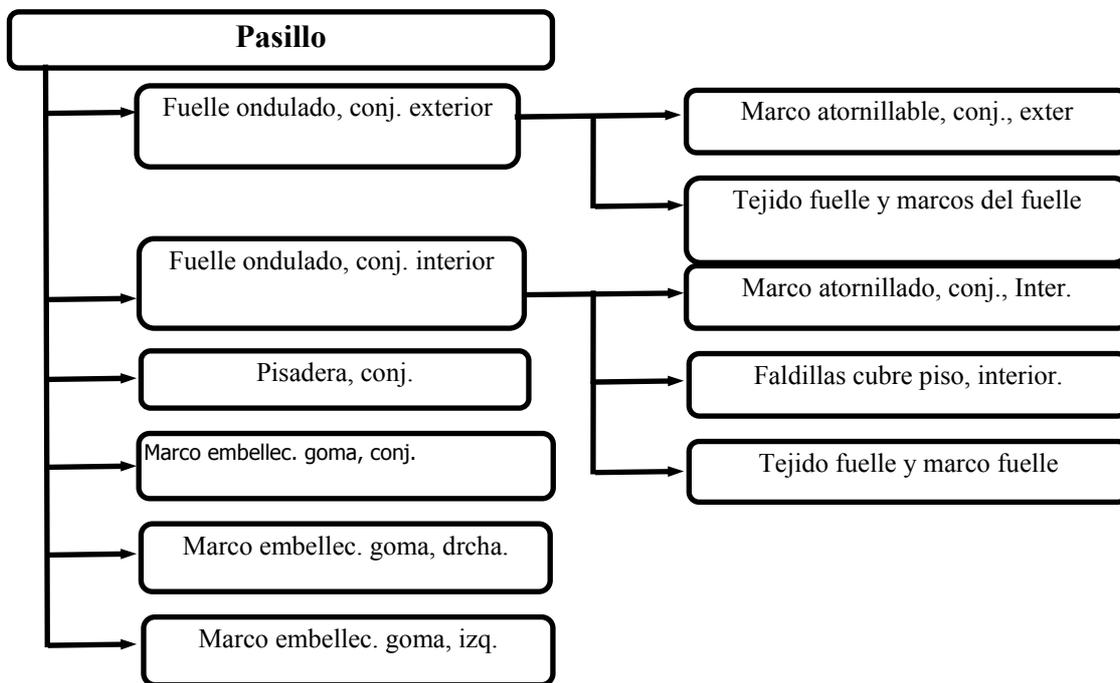
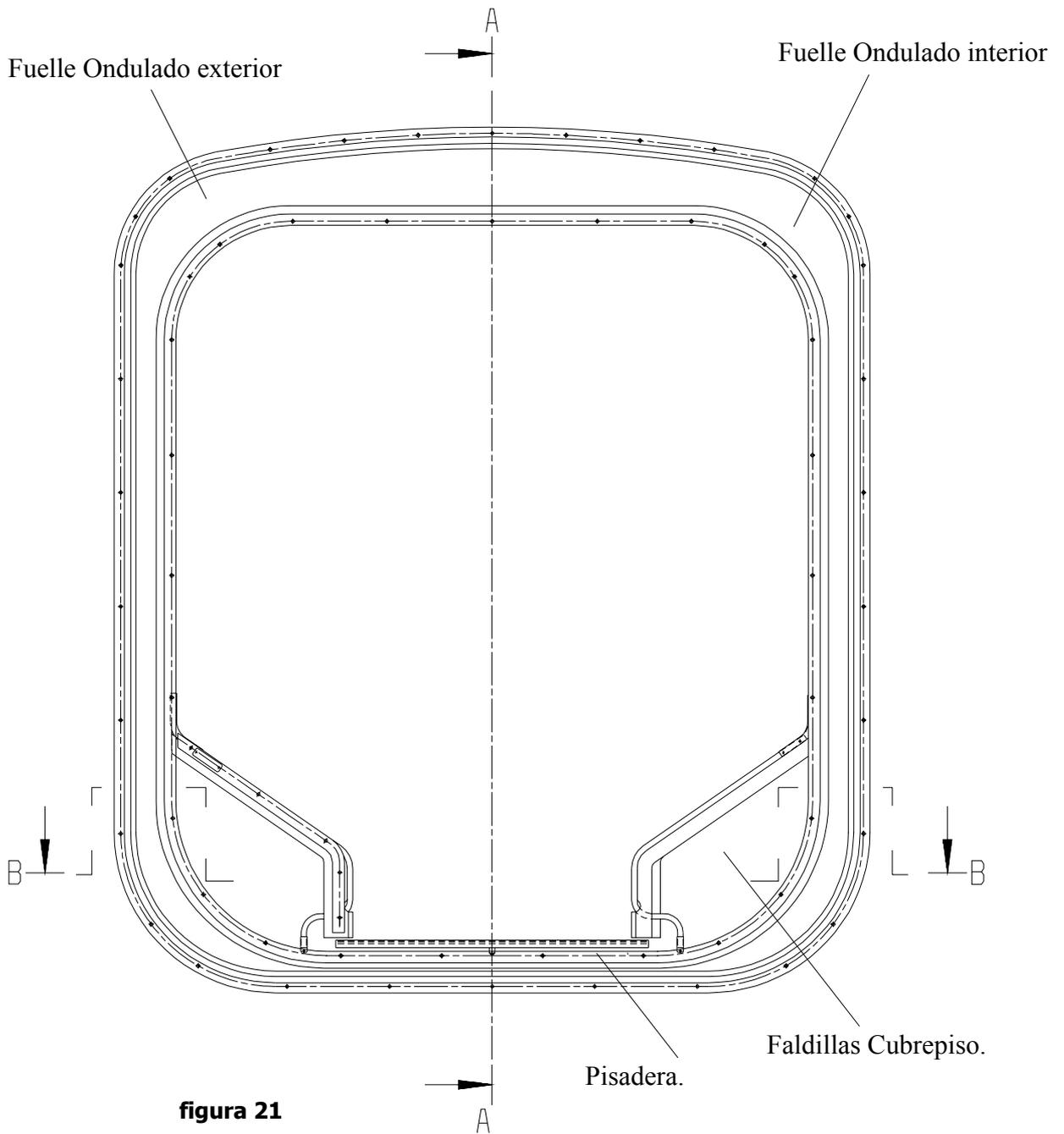


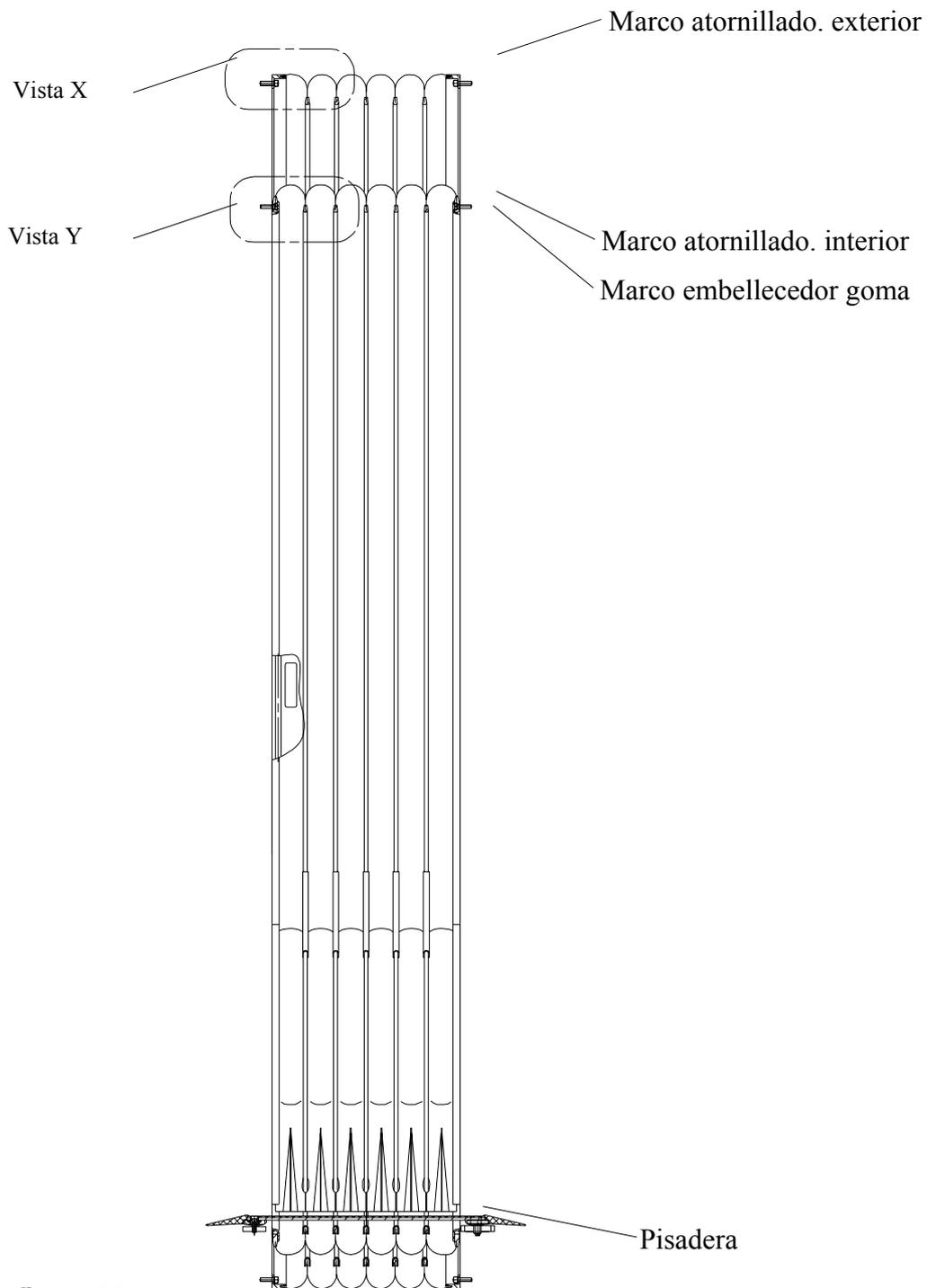
figura 20

El Pasillo, se compone entonces de los subconjuntos: Fuelle Ondulado exterior, Fuelle Ondulado interior y de los Marcos embellecedores de goma.

Los subconjuntos mencionados se muestran en las siguientes figuras de 21 a 25:







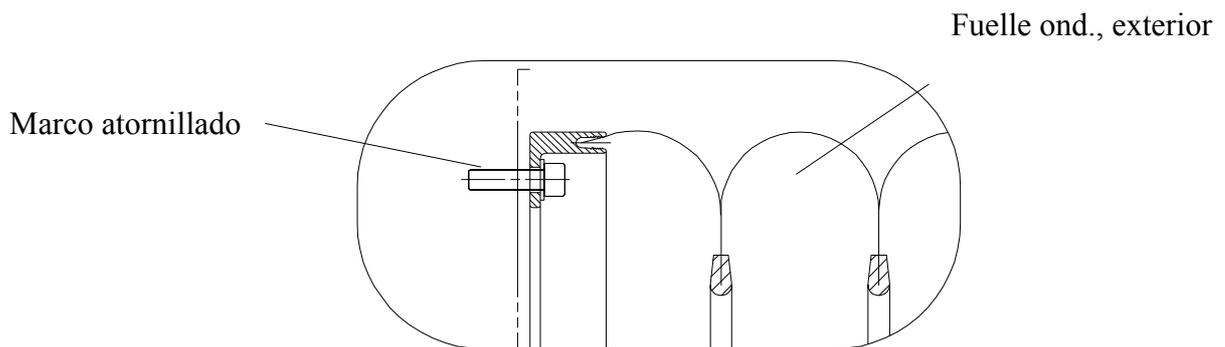
**figura 22**

El fuelle ondulado exterior, que es cerrado en todo su perímetro, consta de unas ondas de tejido flexible, abiertas hacia el interior, y de los marcos del fuelle. Se compone de seis ondas. Las



ondas están hechas de tejidos especiales cosidos y encajados en los marcos de aluminio. Los marcos sirven para la estabilidad de las ondas y la tela sirve para la elasticidad del fuelle.

La fijación del Fuelle ondulado exterior, se realiza a lo largo de todo el perímetro mediante unos marcos atornillables.



**figura 23**

El fuelle ondulado interior, cerrado en todo su perímetro, tiene su contorno ajustado al contorno interior del vehículo, y consta de ondas de tejido flexible y abiertas hacia el interior. El fuelle ondulado interior se compone de seis ondas y de unas faldillas que cubren el piso, y que están instaladas en la parte lateral. Las ondas son de unos tejidos especiales que vienen cosidos entre sí y encajados con los marcos de aluminio. Los marcos sirven para la estabilidad de la forma y la tela sirve para la flexibilidad del fuelle.

La fijación del fuelle ondulado interior a los testeros se realiza a través de unos marcos atornillados.

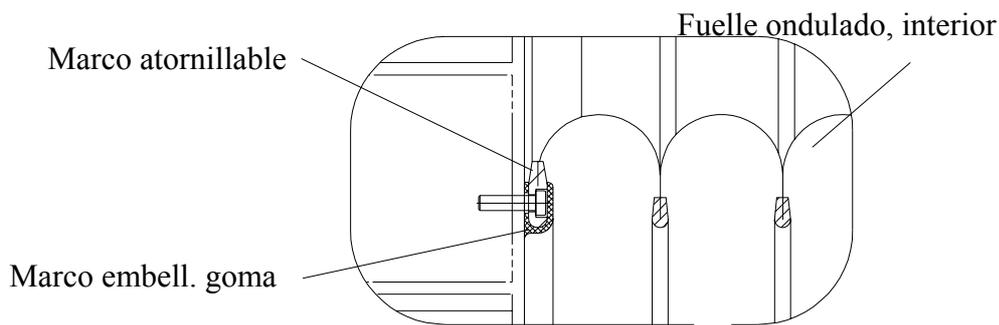
Las faldillas cubre piso sirven para que durante la marcha queden ocultos los huecos que aparecerían en el suelo. Las faldillas cubre piso están constituidas de forma similar al fuelle ondulado por unas ondas de tela flexible, que vienen unidas con unos perfiles de aluminio. Estos perfiles de aluminio están remachados en el interior mediante unas pequeñas molduras de aluminio que van superpuestas sobre los perfiles que forman los múltiples marcos del fuelle.

La fijación de las faldillas cubre piso a los testeros se realiza a través de unos listones atornillados.

Los marcos embellecedores vienen encajados sobre los marcos del fuelle ondulado. y de los listones atornillados de las faldillas cubre piso.

Los marcos embellecedores de goma sirven para tapar los tornillos de sujeción.

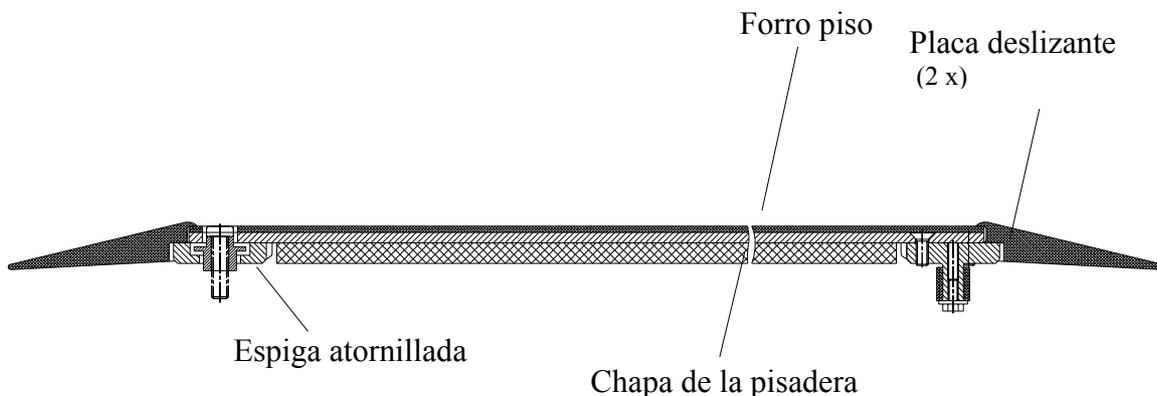




**figura 24**

La pisadera, se compone de una chapa de aluminio y un forro para el piso pegado, de las placas deslizantes (PUR), así como de un rodamiento rígido, y una espiga guía con un cojinete de deslizamiento (Figura 6). Las placas deslizantes y la espiga guía vienen respectivamente fijadas a la chapa de aluminio con tornillos. El rodamiento rígido viene atornillado con un tornillo sobre la placa del piso lado coche. La pisadera se sujeta y se guía por un lado a través del rodamiento rígido, y por el otro lado a través de la espiga guía, que se introduce en el agujero rasgado existente en el coche.

Sobre toda la superficie de la chapa de la pisadera viene pegado un forro.



**figura 25**



### A.3.2.3.11 INTERIORISMO

El interiorismo se compone de todos los componentes que se encuentran en el interior del tren:

- Paneles laterales
- Piso
- Asientos
- Iluminación
- Equipajeros
- Traspontines
- Sistemas de información pasajeros
- Otros

A continuación, en las figuras 26 a 31 se muestran imágenes del interiorismo.



**figura 26**



**figura 27**



**figura 28**



**figura 29**





**figura 30**



**figura 31**

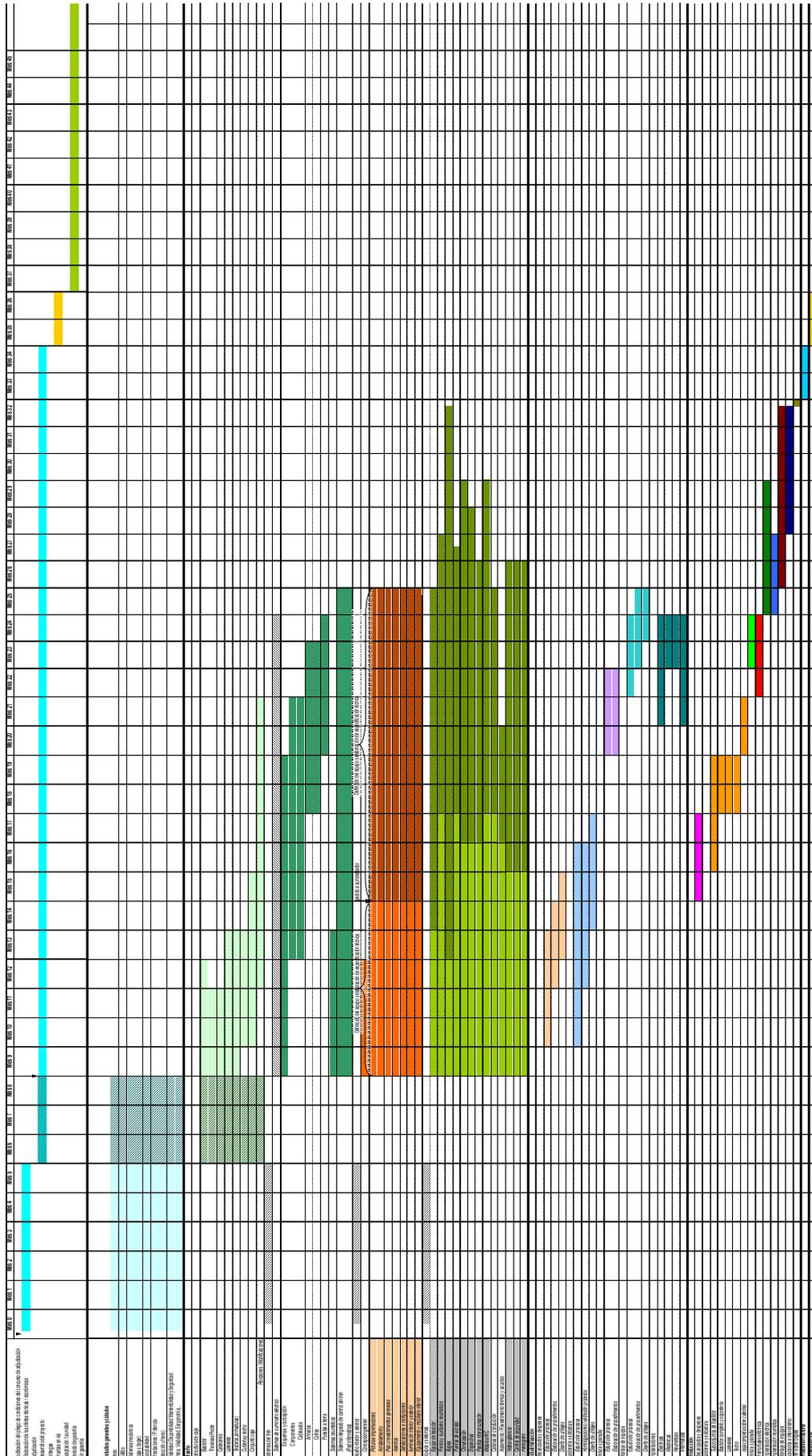


#### A.3.2.4.      FASES DE DESARROLLO DEL PROYECTO

A continuación se muestra el planning de desarrollo del proyecto.







A la vista del planning se observan los puntos críticos en el desarrollo del proyecto se encuentra en la fabricación de caja, concretamente en la fabricación de los subconjuntos y su industrialización (preparación de todos los procedimientos, utillajes, ets.)

De ahí que en el presente proyecto se consideren las fases de fabricación e industrialización como las más apropiadas para ser transferidas o externalizadas a un proveedor externo a la empresa constructora, como lo sería la unidad productiva analizada en el presente proyecto.



## **A.4. ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE CONJUNTOS COMO EL TIPO ANALIZADO**

### **A.4.1. ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE DE CERCANÍAS**

El principal factor que se debe tener en cuenta para estimar la demanda de transporte ferroviario de cercanías en un país es la evolución de la población en las áreas metropolitanas del mismo.

En el caso de España deben tenerse en cuenta, como áreas metropolitanas en las que el transporte ferroviario de cercanías tiene una importancia capital, las siguientes:

- Madrid
- Barcelona
- Valencia
- Bilbao
- Sevilla

Del análisis de las áreas metropolitanas mencionadas (es decir, la capital más su área de influencia más inmediata) se deduce que en los últimos 15 años, todas ellas sin excepción han incrementado su población.

El estudio de cómo ha evolucionado la población en estas áreas metropolitanas en los últimos años nos muestra dos fenómenos distintos que tienen una influencia capital en cómo se puede configurar la red de transporte público ferroviario del futuro. En primer lugar se tiene la pérdida de población de la capital a favor de los núcleos urbanos de los alrededores (es el caso de Madrid y Barcelona). En segundo lugar se tiene el incremento de población del área metropolitana impulsado por el crecimiento de la capital (es el caso del área metropolitana de Valencia).

#### **A.4.1.1. LAS ÁREAS METROPOLITANAS DE MADRID Y BARCELONA**

Del primero de los fenómenos mencionados, es decir, la pérdida de población de la capital (o su no crecimiento), frente a una cada vez mayor población de los núcleos urbanos periféricos del área metropolitana se muestra con toda claridad en Madrid, en Barcelona y, en menor medida, en Bilbao.

Si nos concentramos en cómo ha evolucionado la población en las áreas metropolitanas de Barcelona y Madrid se pueden constatar los hechos siguientes:

- La Capital pierde población
- Los núcleos periféricos del área metropolitana ganan población
- La población global del área metropolitana se incrementa



EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN DEL ÀREA METROPOLITANA DE BARCELONA

	1975	1981	1986	1991	1996	2001	% incremento
<b>Baix Llobregat</b>	511.971	573.461	583.354	610.192	643.419	692.892	<b>35,34%</b>
<b>Baix Penedès</b>	27.429	29.722	33.211	38.080	47.550	61.256	<b>123,33%</b>
<b>Barcelonès</b>	2.412.613	2.454.491	2.376.600	2.302.137	2.131.378	2.093.670	<b>-13,22%</b>
<b>Garraf</b>	62.904	69.084	71.816	76.915	90.435	108.194	<b>72,00%</b>
<b>Maresme</b>	231.112	253.527	269.502	293.103	318.891	356.545	<b>54,27%</b>
<b>Vallès Occidental</b>	545.591	598.324	620.786	649.699	685.600	736.682	<b>35,02%</b>
<b>Vallès Oriental</b>	194.564	225.095	240.464	262.513	285.129	321.431	<b>65,21%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>3.986.184</b>	<b>4.203.704</b>	<b>4.195.733</b>	<b>4.232.639</b>	<b>4.202.402</b>	<b>4.370.670</b>	<b>9,65%</b>

Tabla 1

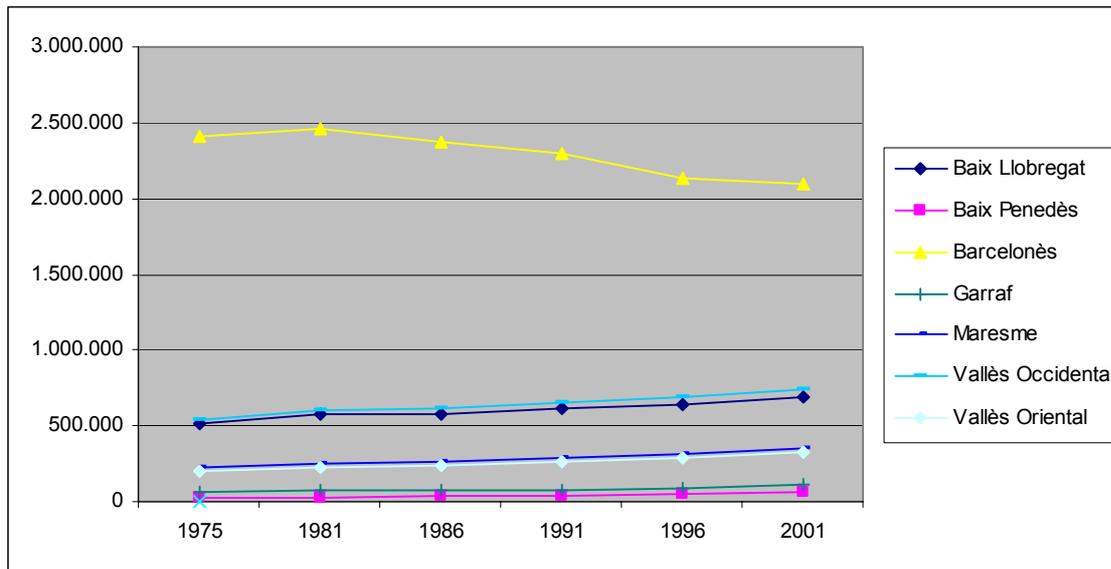


figura 31



EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN DEL AREA METROPOLITANA DE MADRID

ZONA	1985	1990	1995	2000	2001	2002	% INCREMENTO
<b>Capital</b>	3.208.843	3.120.732	3.029.734	2.882.860	2.957.058	3.016.788	-5,99%
<b>norte metropolitano</b>	149.689	182.672	214.924	238.887	247.728	255.117	70,43%
<b>este metropolitano</b>	366.203	398.506	439.297	460.365	480.944	501.730	37,01%
<b>sur metropolitano</b>	887.796	956.463	1.014.354	1.037.514	1.060.920	1.081.843	21,86%
<b>oeste metropolitano</b>	134.370	185.315	253.448	305.837	327.233	349.670	160,23%
<b>sierra norte</b>	16.847	17.615	20.385	23.275	24.586	26.038	54,56%
<b>nordeste comunidad</b>	11.805	14.873	20.686	27.394	29.477	32.926	178,92%
<b>sudeste comunidad</b>	47.774	49.193	55.814	60.777	62.983	65.535	37,18%
<b>sudoeste comunidad</b>	24.645	28.856	40.256	52.332	56.566	62.218	152,46%
<b>sierra sur</b>	17.335	17.580	20.274	22.249	22.982	24.288	40,11%
<b>sierra central</b>	51.119	55.349	72.487	93.918	101.956	110.999	117,14%
<b>TOTAL</b>	4.916.426	5.027.154	5.181.659	5.205.408	5.372.433	5.527.152	12,42%

Tabla 2

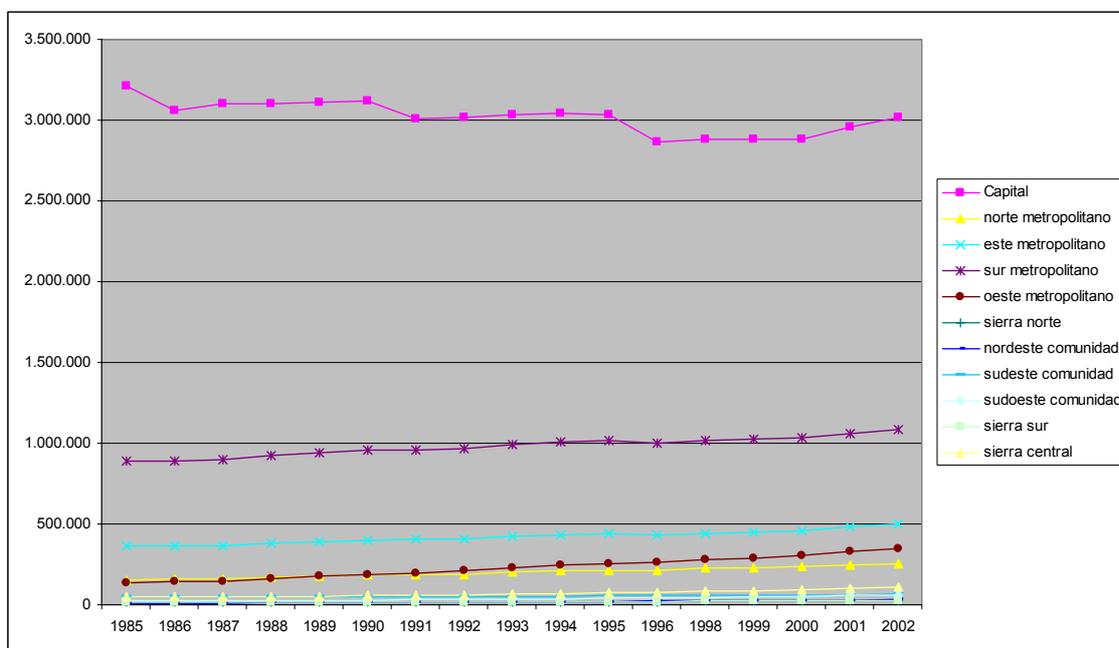


figura 32



Deben considerarse asimismo de forma conjunta con los hechos mencionados arriba los fenómenos de la inmigración extranjera, el precio del suelo y de la vivienda.

Estos dos factores son los que dan lugar a proyecciones para los próximos años de un crecimiento aún mayor. Por un lado la demanda cada vez mayor de mano de obra extranjera para seguir manteniendo el crecimiento en los sectores de la construcción y servicios. Por otro lado el hecho que la escasez de suelo edificable en las grandes ciudades hace subir su precio de tal modo que la demanda e desplaza a núcleos cada vez más alejados de las capitales.

EVOLUCIÓN DE LA INMIGRACION ESTRANJERA EN EL AREA METROPOLITANA DE BARCELONA

COMARQUES	1997	1998	1999	2000	2001	
Baix Llobregat	26.010	28.897	29.955	30.112	32.082	23,34%
Baix Penedès	3.749	4.592	5.233	6.824	6.126	63,40%
Barcelonès	31.434	37.379	39.335	42.704	44.383	41,19%
Garraf	5.381	6.019	6.111	6.099	6.066	12,73%
Maresme	15.103	17.645	17.972	20.028	20.444	35,36%
Vallès Occidental	22.103	26.147	27.288	30.028	29.259	32,38%
Vallès Oriental	14.575	15.926	16.898	17.662	19.058	30,76%

Tabla 3

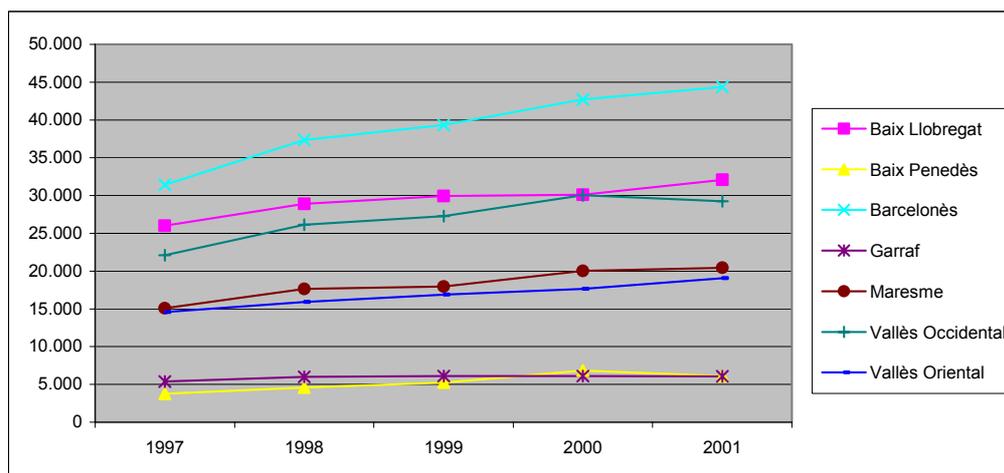


figura 33

En general, se puede afirmar que la demanda de transporte público de tipo ferroviario se incrementa paralelamente a lo que crece la población de un área concreta. En el caso de las áreas metropolitanas de Madrid y Barcelona, el incremento de población que se ha producido en los últimos 15 años en la globalidad de las mismas ha traído consigo un incremento más que notable en la demanda de transporte público.

Asimismo, el hecho que la población se incremente en mayor medida en los núcleos periféricos hace que la demanda de transporte público se incremente principalmente en éstos. Por ello, el tipo de transporte que cabe potenciar en estas áreas metropolitanas es el de tipo interurbano, que facilite la comunicación de núcleos situados en un radio de 50 km del centro de la capital con ésta con tiempos de viaje competitivos con el tráfico por carretera, que se estiman entre los 50 y 60 minutos.



Además de las redes de cercanías de tipo radial, que son la mayoría, principalmente en Madrid y en Barcelona, actualmente se detecta la necesidad de unas redes de cercanías tipo periférico. En las redes de transporte del área metropolitana de Barcelona, considerando la red de RENFE, la de FGC y la de TMB, no existe ningún tipo de comunicación entre núcleos periféricos de dicha área. De hecho, la única forma de moverse desde Sant Cugat a Montmeló con transporte público ferroviario es utilizando la red de FGC, con trasbordo en Plaza Catalunya, para posteriormente tomar la línea correspondiente de cercanías en la estación de Passeig de Gràcia. En total se trataría de un trayecto de unas dos horas, algo desorbitado si se tiene en cuenta que se trata de una distancia de 15 km.

Para paliar este déficit en la comunicación entre la periferia de lo que se viene a llamar segunda corona metropolitana, las actuaciones se circunscriben a tráfico rodado y consisten en la ampliación de un carril por cada sentido en la autopista AP-7, y el proyecto del cuarto cinturón, que entre Mataró y Abrera comunicaría el Maresme con el Baix Llobregat a través de los dos Valles.

Sin embargo, cada vez con más fuerza se deja sentir la necesidad de dotar con infraestructura de transporte público dicha corona metropolitana. Más aún si se tiene en cuenta que dicha infraestructura ya existe: la línea de mercancías Mollet – El Papiol, necesitaría de muy pocas modificaciones para poder ser aprovechada y gozaría de una demanda considerable, descongestionando sensiblemente la AP-7. De hecho existen proyectos bastante avanzados en estudio que contemplan la creación de estaciones, nodos intercambiadores con las líneas de FGC (metro del Vallès y metro del Baix Llobregat) y líneas de autobús complementarias.

A continuación se muestra la situación actual del transporte público ferroviario en el área metropolitana e Barcelona.



figura 34



En Madrid ya se han iniciado este tipo de infraestructuras con notable éxito. El principal ejemplo el Metrosur, que comunica entre si las principales ciudades de la periferia sur de la comunidad de Madrid, absorbiendo una demanda existente y cumpliendo con las reclamaciones históricas de los alcaldes de municipios como Getafe o Leganés.

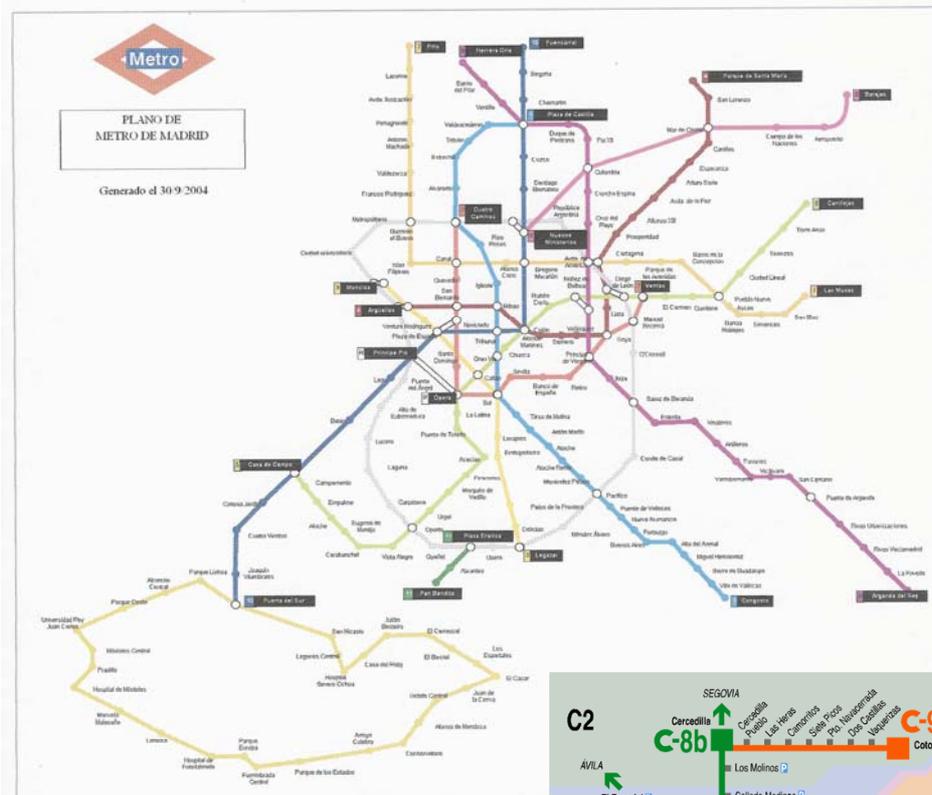


figura 34

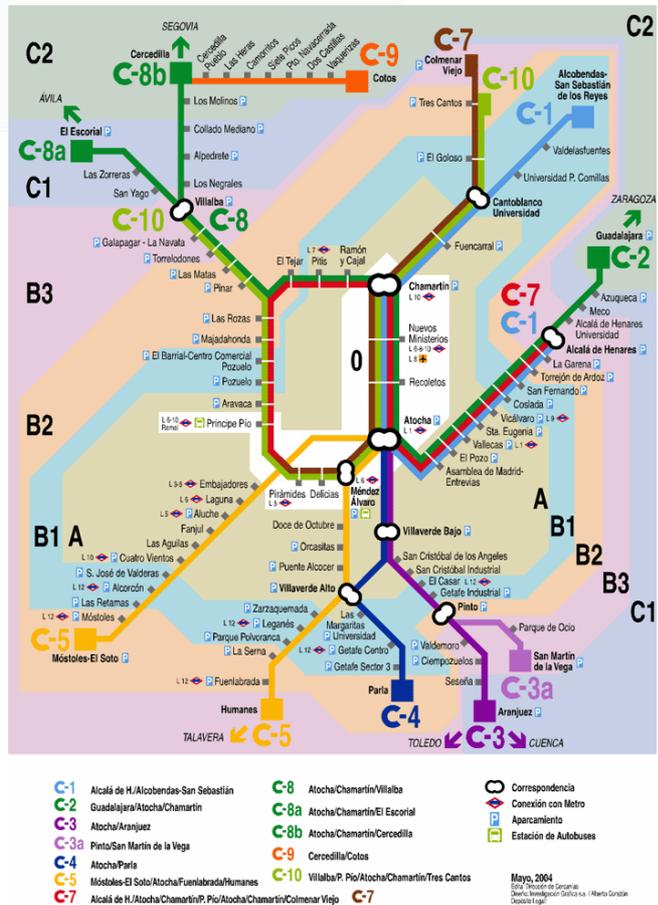


figura 35



Mayo, 2004  
 Edif. Accesorio de Cercanías  
 Suro. Investigación Geológica S.A. - Martín González  
 Depósito Legal

A todos los factores mencionados anteriormente, cabe añadir la demanda no cubierta en el pasado, es decir, todas las obras de ampliación, e incremento de la frecuencia en las redes de transporte público del interior de las capitales, principalmente Metro, que se efectúan años después del incremento de la demanda (tras años de saturación), o la mejora y renovación del parque móvil existente. Como ejemplos se tiene los pedidos de material rodante que tiene previsto efectuar Metro de Barcelona para renovar los vehículos de las líneas existentes, los nuevos metros de la futura línea 9 y las ampliaciones de la nueva red tranviaria del Llobregat y del Besos tras el éxito inicial de su puesta en servicio.





Las principales necesidades de esta área metropolitana se concentran en la capital, en la que el transporte público se halla saturado por el incremento sostenido en la demanda durante muchos años, que han dejado pequeña las líneas de metro y de tranvía.

Frente a esta demanda, las actuaciones a medio plazo se prevén en el incremento del número de vehículos en servicio en las líneas de metro para incrementar la frecuencia, la creación de nuevas líneas de tranvía y el nuevo metro de superficie de la fachada marítima de Valencia (Balcón al Mar).

#### A.4.1.3. OTRAS ÁREAS DE INCREMENTO DE DEMANDA DE CERCANÍAS

Además de las áreas metropolitanas mencionadas en apartados anteriores a título de ejemplo, existen otras áreas que sin encontrarse alrededor del área de influencia de una gran capital, han experimentado en los últimos años un gran auge, lo cual da como resultado un incremento en la demanda de medios de transporte público principalmente de cercanías.

El mejor ejemplo de este tipo de zonas es la costa alicantina.

COMARCA	Padrón 1998	Padrón 1999	Padrón 2000	Padrón 2001	Padrón 2002	Proyección 2006	% incremento
La Marina Alta	129.602	133.457	138.419	145.100	154.438	176.975	27%
La Marina Baixa	122.523	126.398	131.256	138.171	147.039	176.014	30%
L'Alacantí	368.725	372.884	379.173	388.364	403.128	418.636	12%
El Baix Vinalopó	233.258	235.835	239.403	243.011	248.350	263.695	12%
El Baix Segura/La Vega Baja	208.138	215.259	228.101	244.086	267.239	335.469	38%
TOTAL	1.062.246	1.083.833	1.116.352	1.158.732	1.220.194	1.370.789	23%

**Tabla 5**

Las perspectivas de crecimiento de esta zona son las mayores de toda la geografía española, y se puede considerar como la zona más dinámica desde el punto de vista demográfico junto con la comunidad de Madrid.

Municipio	Padrón 1998	Padrón 1999	Padrón 2000	Padrón 2001	Padrón 2002	Proyección 2006	% incremento
Alicante/Alacant	272.432	272.432	276.886	283.243	293.629	297.949	9%
Benidorm	50.946	52.845	54.321	57.227	61.352	75.716	33%
Calpe/Calp	14.819	15.605	16.733	18.037	20.103	25.072	41%
Campello (el)	16.173	17.564	18.366	19.238	20.393	24.415	34%
Jávea/Xàbia	21.084	21.996	23.133	24.645	26.368	31.375	33%
Torreveija	38.336	42.278	50.189	58.828	69.763	111.764	66%
Villajoyosa/Vila Joiosa (la)	22.969	23.340	23.704	24.246	25.073	27.422	16%
Santa Pola	17.600	18.253	18.922	19.720	20.965	24.373	28%

**Tabla 6**

El principal efecto dinamizador de la zona es el turismo, que en los meses de verano duplica la población de algunos de sus núcleos más emblemáticos. Pero no sólo es éste. El ocio y, más en general, el sector servicios, su cercanía a Madrid, y el establecimiento de la residencia de un gran número de personas de la Europa comunitaria tras su jubilación hacen de esta zona una de las que más esta creciendo de todo el continente.



En la actualidad, únicamente existe una línea de ancho métrico sin electrificar que recorre la costa entre Alicante y El Campello (el popularmente conocido como "trenet"). Asimismo, un tramo de tranvía de poco más de 2 km de longitud comunica el centro de Alicante con su paseo Marítimo. En ambos casos FGV es el ente explotador del servicio.

Entre otras actuaciones, para hacer frente a la demanda existente, se prevé la unión de todos los tramos de vía métrica existente, la electrificación completa de la línea y su ampliación hasta los núcleos de Benidorm y el parque temático de Terra Mítica.

Para ello se prevé emplear indistintamente tranvías para los trayectos por el interior del núcleo urbano de Alicante, como vehículos híbridos cercanías-tranvía que limitarán su velocidad en el interior de la ciudad para unas prestaciones tranviarias y permitirá tiempos de viaje competitivos en los trayectos interurbanos. A continuación se muestra un plano de la línea.



figura 37



#### **A.4.2. ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE DE ALTA VELOCIDAD Y VELOCIDAD ALTA.**

Para el análisis de la demanda del transporte de la alta velocidad en España, debe partirse de la base de que la práctica totalidad de las infraestructuras están por hacer, a diferencia de lo que sucede con las cercanías, o los transportes metropolitanos, en los que se trata básicamente de ampliar el parque móvil para absorber una demanda creciente, para renovar el ya existente, o ampliar la red de infraestructuras con una o dos líneas más sobre las ya existentes.

Actualmente únicamente la línea de Alta Velocidad Madrid – Sevilla funciona efectivamente como una línea de alta velocidad (llega a los 300km/h) con señalización convencional ASFA.

La línea de Madrid-Zaragoza-Lleida-Barcelona se encuentra sólo ejecutada hasta Lleida, y en estos tramos se está en fase de implantación de los nuevos protocolos Europeos de señalización ERTMS que permiten alcanzar velocidades de hasta 350km/h.

Debido a que en España las distancias entre capitales de provincia en pocas ocasiones superan los 900km (y para las grandes capitales en ningún caso), y que para un trayecto de 900 km en alta velocidad (con dos paradas intermedias y con una velocidad punta de 350 km/h) se puede alcanzar una velocidad media de 250 km/h, el trayecto no duraría más de 4 horas. Podría entrar en competencia directa con el avión.

España es, por lo tanto, un país en el que la Alta velocidad podría tener su oportunidad de crecer, de ser rentable a largo plazo y, por lo tanto, en la que el estado podría apostar como solución de futuro. Asimismo, la mayor rentabilidad de trayectos con más demanda podría servir para la financiación de trayectos más deficitarios, en los que la demanda sería sensiblemente menor, pero que permitiría revitalizar capitales y provincias sumidas en el aislamiento como Soria o Teruel.

Además de una red básica de Alta Velocidad, ésta se podría complementar con trayectos en los que se podrían emplear trenes tipo lanzadera, que alcanzasen los 250 km/h. Estos trayectos serían los de "cercanías de alta velocidad", que permitirían comunicar ciudades relativamente alejadas de las grandes capitales (Madrid y Barcelona) con un tiempo de viaje equivalente al de un trayecto en cercanías, y los trayectos que a modo de ramificaciones de la red principal, comunicarían con capitales más apartadas y con menos población (Soria, Teruel, o Zamora).

A continuación se plantea una posible configuración de la red de Alta Velocidad y velocidad alta en España, que permitiese la comunicación a través de este medio de transporte de todas las provincias de España.



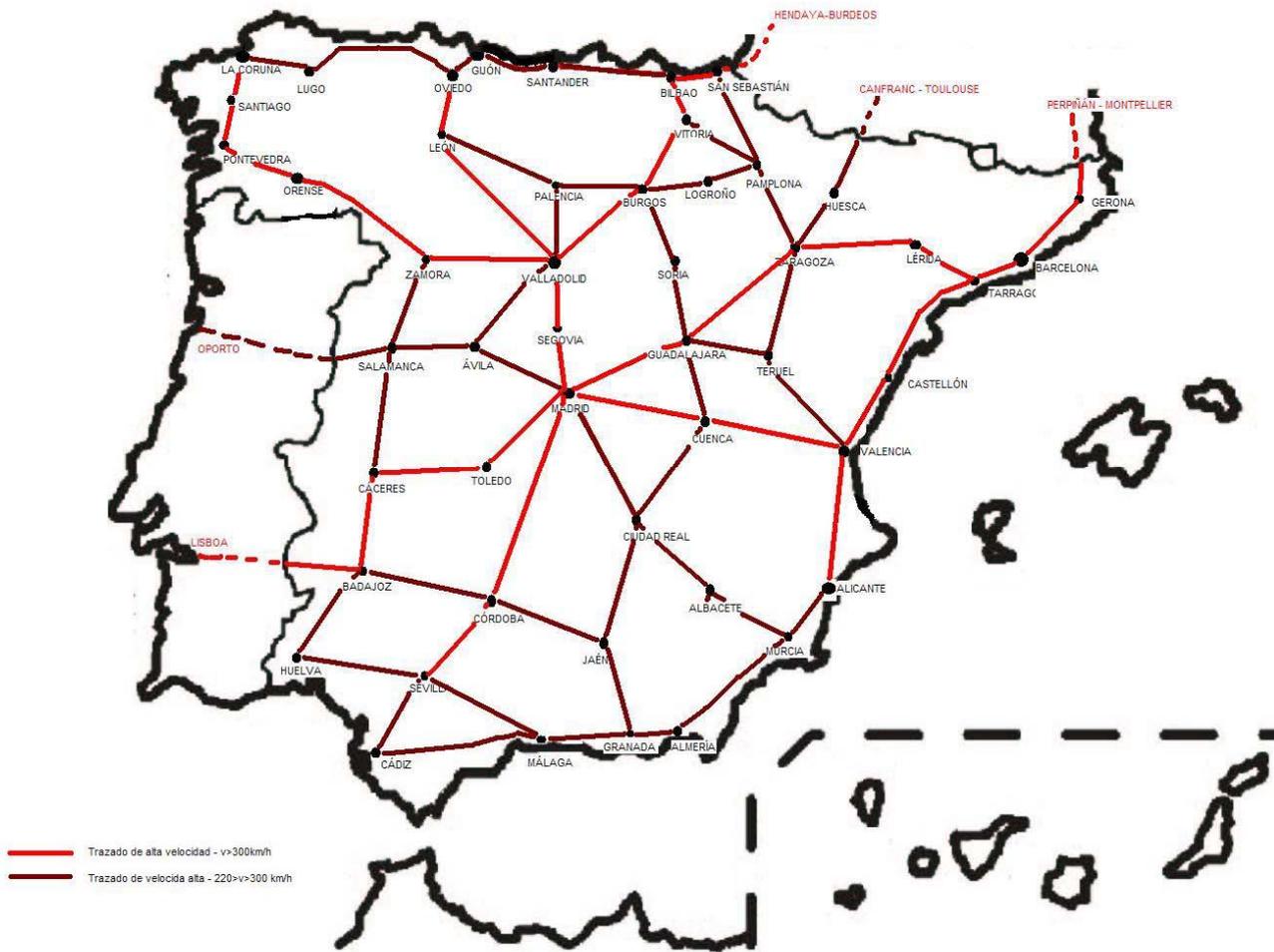


figura 38



### **A.4.3. PERSPECTIVAS DE ADJUDICACION DE PEDIDOS A LA UNIDAD PRODUCTIVA EN UN HORIZONTE DE 15 AÑOS.**

A continuación se detalla una estimación de la demanda en unidades a fabricar al año por la unidad productiva proyectada.

Para efectuar esta estimación se ha tenido en cuenta el número de pedidos de material rodante para los diversos entes responsables de la gestión (y adquisición) del transporte ferroviario de cercanías y alta velocidad.

Esta previsión del número de pedidos se ha efectuado en un horizonte de 15 años vista. El hecho de tomar este periodo se debe a la propia vida útil de los conjuntos diseñados. Actualmente, aproximadamente cada 15 años se suele efectuar una revisión general de los vehículos ferroviarios. Se llevan a cabo remodelaciones completas, que incluyen la sustitución de los conjuntos más sometidos a fatiga, que son los de caja: traviesas pivote y cabeceros.

Asimismo, cada 15 años, una administración efectúa un pedido grande de material rodante. Teniendo en cuenta las nuevas obras puestas en marcha principalmente en las áreas de alta velocidad, y en los transportes de cercanías y urbanos de las principales áreas metropolitanas de España, el volumen de pedidos del próximo periodo será especialmente importante, todo ello sin olvidar los pedidos más pequeños que se distribuyen dentro del propio periodo de 15 años, y que a su vez suponen la mayor dificultad de adaptación para los grandes centros de fabricación.

En España, se acaban de adjudicar los pedidos de fabricación de 80 trenes de la nueva generación de trenes de cercanías llamados Civia, que están destinados a reemplazar a las series 447 actualmente en funcionamiento. De este modo, se irán retirando progresivamente las series remodeladas 450 (fabricadas en los años 70 del siglo pasado y remodeladas a principios de los 90). Estos nuevos trenes suponen la apuesta definitiva de RENFE por los vehículos de estructura de aluminio.

Otro de los pedidos que se acaban de adjudicar es el de fabricación de 50 unidades de la línea 9 del Metro de Barcelona y 30 que reemplazarán a las obsoletas de la línea 5. Asimismo se prevé que en breve salga a concurso la fabricación de las unidades que reemplacen a los metros de la línea 4, no inferior a 25 unidades de 5 coches.

En el sector tranviario, la administración pública madrileña acaba de adjudicar la fabricación de 50 metros ligeros de superficie. Se esperan pedidos por parte de FGV para los vehículos híbridos tren de cercanías-tranvía, que prestarán servicio en la línea de Alicante-Altea-Dénia-El Campello, con ampliación previsible a Benidorm. Entre otras ciudades que han apostado por la puesta en marcha de un tranvía tras el éxito del de Barcelona, destaca Tenerife.

Entre las ciudades que en los próximos años van a poner en marcha el metro como nueva infraestructura destacan Málaga, Sevilla, y Zaragoza.

En la Alta velocidad, teniendo en cuenta la perspectiva de obras ya en marcha, adjudicadas o en licitación, las necesidades de trenes en los próximos años aseguran para los próximos pedidos para hasta unos 200 trenes, cifra aún alejada del parque móvil de países como Francia o Alemania, en los que la alta Velocidad lleva una ventaja de 30 años.

Teniendo en cuenta los pedidos de trenes que se van a adjudicar en los próximos 15 años, se estimará en qué medida redundará en carga de trabajo para la unidad productiva proyectada.



En primer lugar se ha analizado cual es la cantidad potencial total de conjuntos a fabricar en el horizonte establecido. Para ello se ha sumado el total de trenes por ente explotador del servicio ferroviario correspondiente. Se ha asumido la hipótesis de 5 coches por unidad de tren cercanías y 6 coches por unidad de tren de velocidad alta o alta velocidad.

Se ha considerado asimismo que para cada coche la unidad productiva está capacitada para fabricar 6 conjuntos de los cuales el analizado a efectos de dimensionamiento y cálculo de los talleres se ha tomado como ejemplo.

Así pues:

1. El número de coches por tren en un tren de cercanías es de 5.
2. El número de coches por tren en un tren de alta velocidad es de 6.
3. Para cada coche se considera que la unidad productiva tiene la posibilidad de fabricar 6 conjuntos:
  - a. 2 cabeceros (delanteros, traseros o uno de cada en caso de coches extremos)
  - b. 2 traviesas pivote (1 para cada bogie)
  - c. 2 conjunto varios (pueden ser distintos en función del tipo de tren)

Se ha aplicado un factor del 80% que contempla el porcentaje de nuevos vehículos a fabricar cuya estructura básica estará constituida por aluminio para los trenes de cercanías y urbanos. Este factor es del 100% en los trenes de alta velocidad y velocidad alta.

Se ha efectuado una extrapolación de pedidos a nivel Europeo, considerando que el mercado ferroviario español supone en el sector de la cercanías y transporte urbano aproximadamente un 8% del total Europeo, mientras que para la alta velocidad, dado el elevado numero de obras en marcha y/o licitadas, y que se trata de un sector en clara expansión en nuestro país, el mercado español de alta velocidad supone en términos de nuevos pedidos u 20% del total europeo.

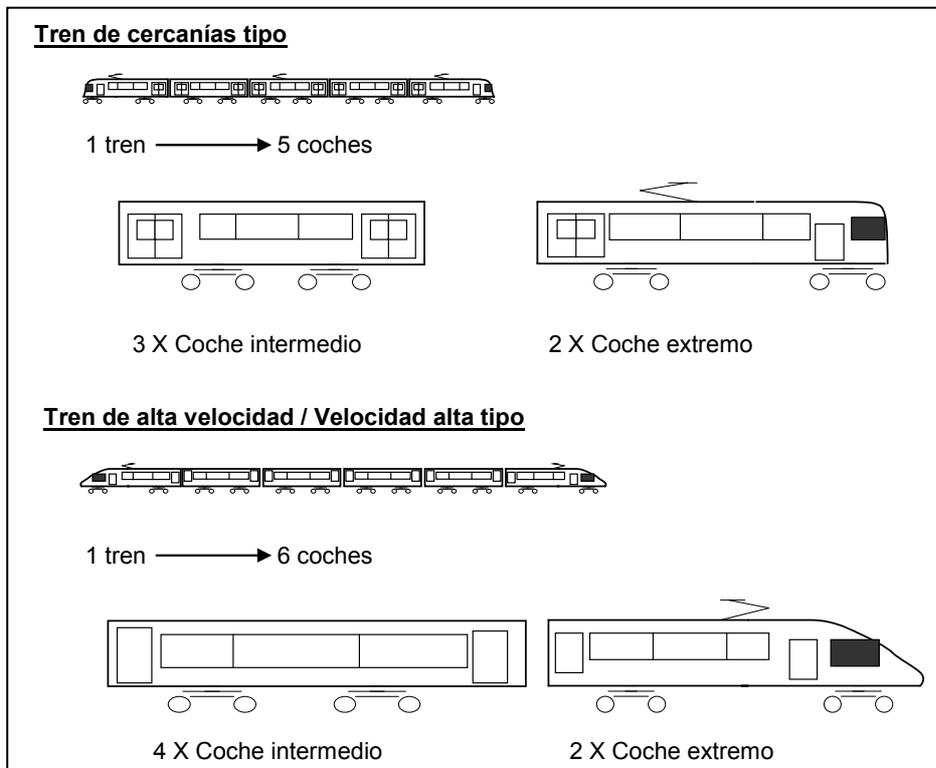
Por último, se ha considerado un factor de éxito de la unidad productiva, que quiere representar el porcentaje de pedidos de los potencialmente adjudicables van a ser efectivamente fabricados por la unidad productiva proyectada. Estos factores se han considerado, para cercanías y alta velocidad, respectivamente de 56% y 80%

El resultado obtenido finalmente es que en un horizonte de 15 años, la demanda anual de conjuntos a fabricar para la unidad productiva proyectada es de 6000, distribuidos en 400 para el área de cercanías y transporte urbano, y 2000 para el sector de la alta velocidad.

A continuación se detallan todos los cálculos.



## ESTIMACIONES DEMANDA



### **Conjuntos que pueden ser fabricados por la unidad productiva proyectada**

Conjuntos básicos

Coche intermedio  
- 2 Cabeceros traseros  
- 2 traviesas Pivote

Coche extremo  
- 1 Cabeceros traseros  
- 1 Cabecero delantero  
- 2 traviesas Pivote

Conjuntos opcionales  
(pueden variar en función del tipo de tren)

-Cantoneras y marcos de puertas  
-Montantes de Ventanas  
-Interfases mecánicas con equipos:  
·Marco Pasillo intercomunicación  
·Guías de sujeción de equipos bajo bastidor  
·Estructuras de armarios eléctricos  
-Viereteaguas  
-Estructura metálica de Cabina

### **Hipótesis para calcular la demanda anual de conjuntos**

Se estima que para cada coche se fabrican los conjuntos básicos + 2 conjuntos de los opcionales :

- PARA CADA COCHE → 6 CONJUNTOS



**Cálculo de la demanda**

HORIZONTE 15 AÑOS

**CERCANÍAS**

Operador	nº Trenes	nº coches	Conjuntos a fabricar	Aplicando Factor Aluminio 80%
Renfe	160	800	4800	3840
UN Cercanías	100	500	3000	2400
UN Regionales	60	300	1800	1440
FGC	20	100	600	480
Metro Valencia	20	100	600	480
Euskotren	30	150	900	720
Metro BCN	50	250	1500	1200
Metro Madrid	30	150	900	720
Metro Bilbao	20	100	600	480
Metro Sevilla	10	50	300	240
Metro Málaga	5	25	150	120
Metro Zaragoza	10	50	300	240
Tranvía Madrid	50	250	1500	1200
Tranvía BCN	10	50	300	240
Tranvía Alicante	10	50	300	240
Tranvía Tenerife	5	25	150	120
FEVE	20	100	600	480

**TOTAL 450 10800 (A)**

Conjuntos potenciales al año en España (B=A/15) 720 (B)  
 Idem España + UK, Francia, Bélgica y Alemania (C=B/0,08) 9000 (C)  
 Porción de mercado objetivo a ocupar 44% (X)  
 Conjuntos fabricados al año (Y=C\*X) 4000 (Y)

**ALTA VELOCIDAD Y VELOCIDAD ALTA**

Operador	nº Trenes	nº coches	Conjuntos a fabricar	Factor Aluminio
Renfe	200	1200	7200	7200 (D)

Conjuntos potenciales al año en España (E=D/15) 480 (E)  
 Idem España + resto de Europa (F=E/0,2) 2400 (F)  
 Porción de mercado objetivo a ocupar 83% (Z)  
 Conjuntos fabricados al año (T=F\*Z) 2000 (T)

**Demanda anual total: 6000 conjuntos**

