

# LAS NUEVAS UNIDADES DE TREN PARA FGC

*Como ya adelantábamos en el anterior número de CARRIL, pasamos a ocuparnos aquí del tema de la renovación del material móvil de viajeros que, siguiendo las directrices de sus actuales planes de actuación, pretende llevar a cabo Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya. Con una tecnología que se aparta totalmente de la hasta ahora conocida en el ámbito de la compañía, estas nuevas unidades de tren (la primera de las cuales realizó su primera prueba de línea el pasado junio) irán sustituyendo progresivamente al, en algunos casos, ya vetusto material móvil en servicio.*

*En el presente número se inicia la descripción de la unidad, en sus dos versiones para vía métrica y para vía internacional. Su extensión ha aconsejado dividirla en dos partes, la segunda de las cuales aparecerá en el número 6 de CARRIL y en unas fechas (diciembre próximo) en las que, como es de desear, se hallarán ya solventados los problemas que han impedido la puesta en servicio en las fechas inicialmente previstas.*

*Asimismo, como complemento, se ha estimado oportuno adjuntar unas líneas relativas al material para viajeros que actualmente está circulando por las líneas de FGC. En esta primera parte se tratará brevemente el de la de «Catalunya i Sarrià» (por la cual comenzarán a circular las nuevas unidades), mientras que en la segunda se hablará del de la línea de «Catalans».*

El pasado día 22 de febrero era transportada a los talleres de Sarrià la primera de las nuevas unidades de tren eléctricas encargadas por Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya (FGC) y destinadas a la progresiva renovación de su parque de material móvil de viajeros. Aunque se trataba de un paso importante, no era en realidad sino uno más dentro de los ambiciosos planes de actuación trazados por la Generalitat y cuyo resultado será, a la vuelta de unos años, la total remodelación, en todos los aspectos, de las líneas ferroviarias que se encuentran a cargo de FGC<sup>(1)</sup>. Como es sabido, además de los funiculares de Vallvidrera y Gelida, en estos momentos explota dos líneas aisladas con origen en Barcelona y con unas características claramente diferenciadas por muchos motivos, tanto históricos como técnicos. Ambas fueron recibidas por la Generalitat de Catalunya como consecuencia de los traspasos de competencias que la actual legislación establece entre el Estado y las comunidades autónomas. Las dos habían estado, durante algunos meses y provisionalmente, en manos de FEVE al cesar las antiguas compañías titulares sus respectivas explotaciones.

En efecto, en primer lugar fue la Compañía General de los Ferrocarriles Catalanes (CGFC) la que, por no poder hacer frente a la explotación de su red de vía métrica, renunció en 1976 a las concesiones que en aquellos momentos ostentaba. Poco después, en 1977, era Ferrocarrils de Catalunya (FCC), junto con su filial Ferrocarril de Sarrià a Bar-



(1) CARRIL 4 («Modernización en marcha»).

La primera unidad captada en Sabadell-estació durante uno de sus viajes de pruebas. (Foto FGC)



La unidad 111.01-181.01-111.02 camino de La Floresta. (Foto P. Borrás).

celona (FSB) la que tomaba una decisión semejante. En mayor o menor medida, las instalaciones y el material móvil de ambas compañías habían venido llevando una vida relativamente precaria durante los últimos años como consecuencia de la escasez de medios con que se habían visto obligadas a trabajar ante una casi total indiferencia por parte del Estado. Ello condujo a que CGFC por un lado y FCC-FSB por otro, empresas todas ellas con capital totalmente privado sobre las que recaía la responsabilidad de sacar adelante el servicio día tras día, desembocaran en la situación mencionada víctimas de su progresiva descapitalización.

En manos de FEVE y con unos alarmantes números rojos, todo hacía pensar que ambas líneas estaban destinadas a un cierre (o

como mínimo a una importante mutilación) a un plazo más o menos corto, tal como ya había sucedido con otras líneas secundarias catalanas y del resto de España. Sin embargo, pronto fue disminuyendo dicho temor al hacerse cargo la Generalitat en 1978 de las antiguas concesiones de dichas compañías. La casi inmediata creación de FGC como entidad destinadas a la explotación de las dos líneas venía a ser como la confirmación de una política ferroviaria de signo positivo. No eran pocos los problemas a que había que hacer frente, tanto en el «carrilet» como en el «tren de Sarrià». En unas líneas cuya importancia en el conjunto del transporte urbano y suburbano de Barcelona queda fuera de toda duda, la ausencia general de inversiones durante los últimos años había lleva-

do en ambos casos a hacer realmente difícil la prestación de los respectivos servicios. Tanto las instalaciones fijas como el material móvil se hallaban casi al límite de sus posibilidades, dándose incluso casos como el del ramal de Martorell a Igualada (que llegó a estar sentenciado a muerte por FEVE en su día)<sup>(2)</sup> en los que el estado de la vía hacía difícil creer que por allí pudieran circular trenes en servicio regular.

## HACIA UN NUEVO MATERIAL DE VIAJEROS

Independientemente del resto de los aspectos (infraestructura, vía, electrificación, señalización, atención al viajero, etc.), se consideró fundamental la renovación total, aunque progresiva, del parque de material móvil de viajeros de ambas líneas. En el caso de la de «Catalans» (antiguos dominios de CGFC), el material hasta entonces en servicio estaba (y está aún) formado por unidades eléctricas para el tramo suburbano y para la línea de Manresa (a cuya estación llegan remolcadas por locomotoras diesel), así como por automotores diesel para la de Igualada, aún sin electrificar. En ambos casos se trata de material que, bien por causa de un excesivo nivel de utilización o bien por su escaso confort, necesita una sustitución o una profunda remodelación para adecuarlo a las exigencias actuales del público. En el caso de la línea de «Catalunya i Sarrià» (nombre oficial dado por FGC a lo que constituían las antiguas concesiones de FCC y FSB), el parque de viajeros está constituido por material eléctrico en su totalidad, aunque diversificado en su mayoría según preste servicio urbano o suburbano. Especialmente el destinado a este último había venido siendo objeto de progresivas modernizaciones que, unidas al ya muy aceptable confort original y a un buen comportamiento de sus elementos funcionales, hace que tenga aún una vida prevista relativamente larga; por el contrario, el material para servicio urbano (que en algunos casos va equipado con elementos con más de 60 años a sus espaldas) funciona casi al límite y espera una pronta sustitución.

Los primeros pasos destinados al estudio de un nuevo tipo de material para viajeros comenzaron pues a darse de inmediato. Así, teniendo en cuenta los servicios a prestar en ambas líneas, se optó por una unidad de tren (UT) que, tanto en la versión para vía ancha como en la destinada a vía estrecha, permitiera ofrecer al viajero el confort y la rapidez que son normales hoy día en servicios similares de cualquier ciudad de Europa. En torno a estas premisas y a un criterio de unificación del material se estableció el correspondiente pliego de condiciones, sa-

(2) CARRIL 6.5 («El futur del carrilet d'Igualada»).

liendo de inmediato el proyecto a concurso. Como paso previo imprescindible, la Generalitat había gestionado y obtenido un crédito extraordinario de 6.000 millones de pesetas cuyo destino iba a ser precisamente la adquisición del primer lote de las nuevas unidades de tren.

El plan inicialmente trazado contemplaba la progresiva construcción y puesta en servicio de UTs en ambas líneas: la de vía métrica de «Catalans» y la de vía internacional de «Catalunya i Sarrià», siendo esta última la que vería en primer lugar la entrada en servicio de las mismas. La primera etapa, que es la que actualmente se halla en marcha, establecía la construcción de un total de 25 UTs de tres coches cada una, todas con unas características básicas idénticas; de ellas, 20 serían para vía ancha (1.435 mm) y las 5 restantes para vía estrecha (1.000 mm). El citado plan inicial contemplaba asimismo la posibilidad de cursar posteriores pedidos de unidades idénticas a estas primeras y destinadas a cubrir progresivamente las necesidades debidas a la retirada de la circulación del material antiguo. Hasta el momento de escribir estas líneas, y probablemente como consecuencia del retraso producido en el calendario establecido para las entregas y puesta en servicio comercial, FGC todavía no ha decidido cursar ningún pedido adicional, si bien los últimos planes hechos públicos por la compañía preveían la posibilidad de construir un segundo lote de 14 UTs de vía ancha más otras 12 de vía estrecha, así como 34 remolques intermedios adicionales para vía estrecha destinados a dotar a todas las unidades de «Catalans» de tres remolques en lugar del único inicialmente previsto. Es de suponer que, a medida que se vayan solventando los problemas aparecidos en la primera UT construida (piénsese que no se ha llevado a cabo la construcción de una unidad prototipo como hubiera sido deseable en caso de haber\* dispuesto de tiempo suficiente), se irá perfilando un nuevo calendario de futuros pedidos. Con ello deberán cubrirse las necesidades de ambas líneas, no solamente las actuales, sino también las derivadas de las actuaciones a corto y medio plazo en la red de FGC. Entre éstas se incluyen la total electrificación del ramal de Manresa (prevista para el presente 1983), la futura electrificación del de Igualada (un total de más de 30 km previstos para finales de los ochenta) y la construcción del ramal de Bellaterra a la Universidad Autónoma (para 1984), a todo lo cual habrá que añadir los incrementos previstos en las cadencias de los servicios.

Aunque las diferencias entre ambas líneas imponían necesariamente diferencias en algunas de las características de las UTs destinadas a cada una de ellas, se creyó oportuno establecer la máxima unificación posible en las respectivas versiones, desde su aspecto exterior hasta los equipos, todo ello con vistas a una racionalización no sólo del proyecto y la construcción, sino también del posterior mantenimiento, posibilitando al máxi-



22 de febrero de 1983: el coche motor 111.01 pocos momentos antes de entrar en contacto por vez primera con las vías de FGC. (Foto VCN).

Detalle del lateral en el que se ve la puerta central de uno de los coches; sobre ella se halla la rejilla de toma de aire para el equipo de renovación y para un posible futuro equipo acondicionador. (Foto VCN).



mo la intercambiabilidad entre los talleres de Sarrià y Martorell. Más adelante se verán en detalle las diferencias entre las dos versiones de la UT que nos ocupa, si bien podemos avanzar que vienen motivadas por factores tales como las alturas de los andenes, el gálibo, la necesidad o no de WC, los radios de curva en línea, etc.

El resultado del concurso, al cual se presentaron diversas opciones por parte de diversas empresas españolas, fue la adjudicación de la construcción de todas las UTs al grupo formado conjuntamente por las empresas La Maquinista Terrestre y Marítima (MTM), Material y Construcciones (Macosa) y Alstom Atlantique. Todas ellas actúan de forma solidaria como un constructor único frente a FGC, habiéndose establecido, para este primer pedido de 25 composiciones, un reparto lógico de funciones entre ellas el cual, a grandes rasgos, sigue el esquema que puede verse a continuación.

#### MTM:

- La totalidad de las cajas (40) de los coches motores para vía ancha;
- La totalidad de los bogies (80 motores y 40 portantes) para vía ancha;
- 80 motores eléctricos de tracción (64 para coches de vía ancha y 16 para coches de vía estrecha);
- 5 equipos eléctricos de potencia destinados a las unidades de vía estrecha.

#### Macosa:

- La totalidad de las cajas (20) de los coches remolques de vía ancha;
- La totalidad de las cajas de los coches motores (10) y remolques (5) de vía estrecha;
- La totalidad de los bogies (20 motores y 10 portantes) para vía estrecha.

#### Alstom:

- 25 equipos eléctricos y electrónicos de potencia y control que incluyen la mayoría de los elementos destinados a todas las UTs;
- 20 motores de tracción (16 para coches de vía ancha y 4 para coches de vía estrecha).

Asimismo, por la importancia de su participación en el proyecto, merece ser citada aquí la empresa helvética Alùsuisse, la cual en este caso ha actuado como proveedora del grupo, aportando tanto la tecnología para la construcción de las caas de los coches como materiales semiacabados destinados a las mismas.

### UNA TECNOLOGIA DE VANGUARDIA

El proyecto seleccionado presenta reunidas una serie de soluciones de avanzada tec-

nología y hasta el momento muy poco (o incluso nada) comunes en España. En realidad, es de inspiración netamente francesa y, para el mismo, han servido de base anteriores experiencias llevadas a cabo en el vecino país en materia de UTs para servicios urbanos y suburbanos, entre las cuales destacan principalmente el metro de Lyon y las últimas realizaciones para el de París.

Concretamente, del primero posee, con características muy parecidas, la solución de la regulación electrónica de potencia por medio de «chopper» enriado con freón, técnica muy poco empleada en el material ferroviario que circula por nuestro país y no siempre de forma definitiva. Fue el metro de Barcelona quien, en 1970, la aplicó por primera vez en España a título experimental, equipando a una unidad de la serie 1000 provisionalmente con «chopper». Posteriormente, en 1974 RENFE puso en servicio, también experimentalmente, dos UTs de la serie 440 (concretamente las 440-501 a 502) dotadas de origen con regulación electrónica; estuvieron prestando servicio en diversas líneas aunque tampoco en este caso se pasó de ahí. La propia RENFE encargó más tarde otros cuatro prototipos, esta vez de locomotoras de la serie 269 (las 269-601 a 604), si bien en los posteriores pedidos de dicha serie se ha vuelto al sistema clásico de regulación de potencia por medio de resistencias. Por fin, el pasado año comenzó a entrar en servicio la primera serie de locomotoras proyectadas y equipadas en su totalidad con «chopper», la 251 que se prevé contará con un total de 30 unidades. Finalmente, también RENFE ha previsto que una subserie de sus locomotoras 250 (las 5 últimas del total de 40) vayan asimismo equipadas con regulación electrónica. Pero quizás la aplicación más reciente, y la que más se aproxima a la que es motivo de este artículo, sea la de la segunda subserie de los coches tipo 5000 pertenecientes al metro de Madrid, los cuales recientemente han comenzado a prestar servicio. Como se ve, no es muy extenso el número de locomotoras o automotores eléctricos que podemos encontrar en España dotados de «chopper», sobre todo si se compara con el que existe en muchos países europeos y si se tiene en cuenta que las primeras realizaciones a este respecto datan de finales de los años sesenta.

Otro de los puntos comunes con el material francés, y ya concretamente con el del metro de París, consiste en los motores de tracción, directamente derivados de los que equipan al material tipo MF-77 de la RATP<sup>(3)</sup>, siendo asimismo similares su disposición en el bogie y sus transmisiones; el motor (uno

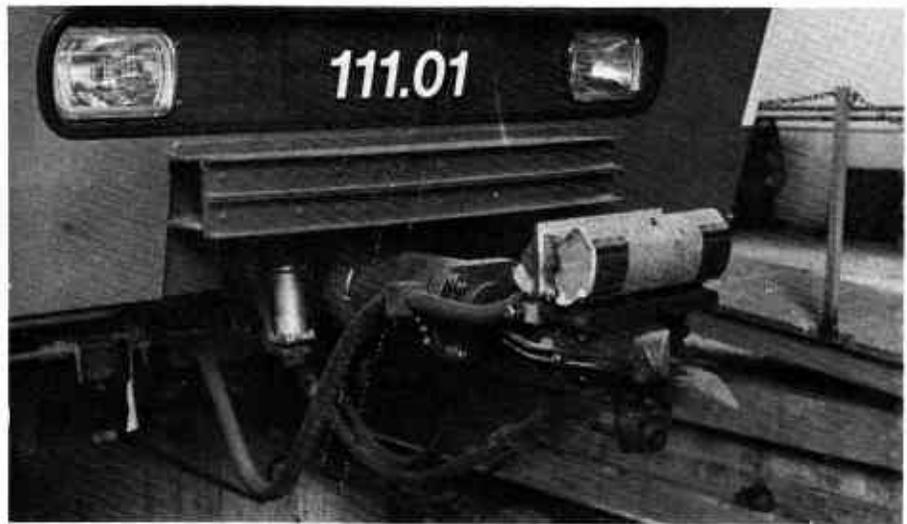


(3) RATP: Régie Autonome des Transports Parisiens

Aspecto del testero de un coche motor para vía ancha (Foto VCN).

solo por cada bogie) va situado longitudinalmente y ataca a los dos ejes simultáneamente, solución ésta tan sólo llevada a la práctica en España para la ya citada serie 5000 del metro de Madrid y prevista para las futuras UTs de Eusko Trenbideak destinadas a su línea de «Suburbanos» en Bilbao<sup>(4)</sup>.

Finalmente, el tercero de los aspectos que deben tenerse en cuenta como característicos del proyecto de las unidades de FGC es el de la construcción de las cajas de los coches totalmente mediante aleaciones de aluminio, principalmente gracias al empleo de perfiles extruidos de gran sección y longitud, siendo asimismo esta solución común al material MF-77 y MI-79<sup>(5)</sup> de la RATP, aunque ya ha sido experimentado en gran número de vehículos ferroviarios de pasajeros que están circulando por todo el mundo, y entre los cuales figuran los remolques de nuestro Talgo Pendular.



El enganche automático BSI con que van equipados los testeros libres de todas las unidades. (Foto VCN).

## CARACTERÍSTICAS GENERALES

La composición de la UT responde al tipo M<sub>1</sub>-R-M<sub>2</sub>, es decir, está formada por tres coches, de los cuales los dos extremos son

(4) También las locomotoras de las series 269/279/289, 250 y 251 de RENFE poseen bogies monomotores, aunque tanto la disposición de los motores como el sistema de transmisión a los ejes son totalmente distintos de los que nos ocupan.

(5) Las unidades tipo MI-79 fueron encargadas simultánea y coordinadamente por la RATP y por la SNCF para el servicio de las líneas de interconexión que existen en las redes de ambas compañías en los suburbios de París.

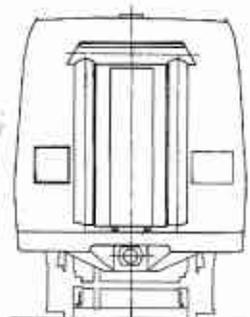
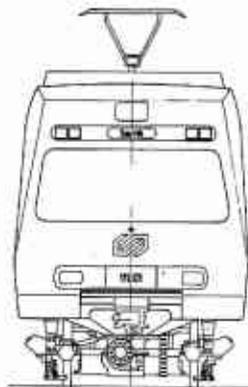
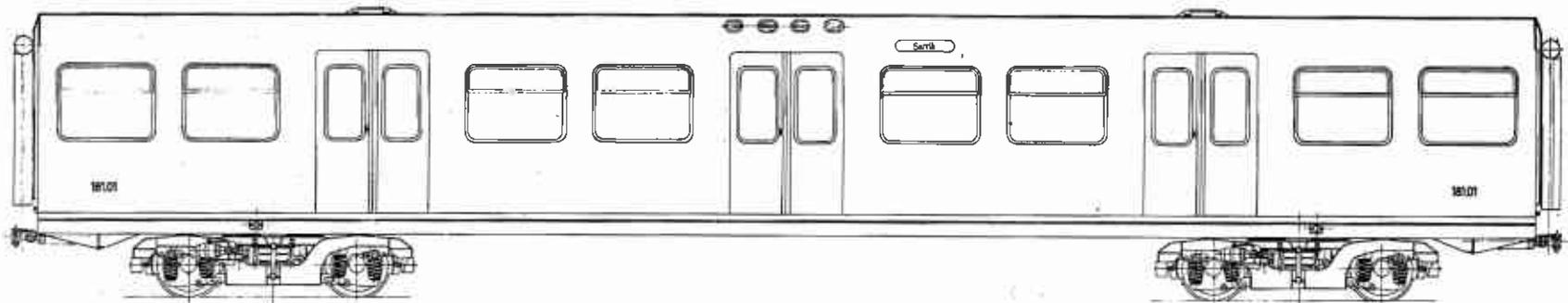
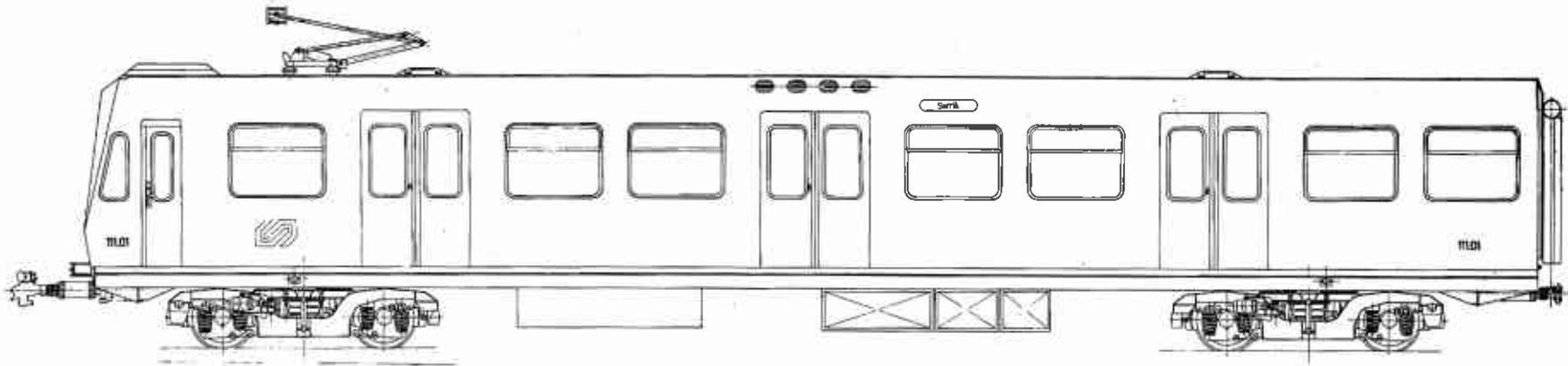
motores mientras que el central es remolque. Ésta es en principio la composición elegida y la que poseerán las 25 primeras UTs, si bien no existe inconveniente, en caso de que el servicio lo requiera, para segregar el remolque intermedio a fin de obtener una composición M<sub>1</sub>-M<sub>2</sub> con coches motores únicamente. Asimismo, y siempre que el perfil y otras condiciones de la línea lo permitan, es posible añadir a la composición básica uno o más remolques adicionales a fin de aumentar la capacidad de la unidad (posibilidad que, como ya hemos dicho an-

teriormente, está contemplando FGC de cara a futuros pedidos). Los dos coches motores no son iguales en lo que respecta a la dotación de equipos eléctricos y neumáticos de la UT, yendo estos últimos repartidos entre ambos; por ello, la composición M<sub>1</sub>-M<sub>2</sub> es inseparable salvo casos excepcionales.

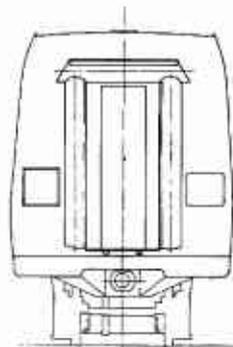
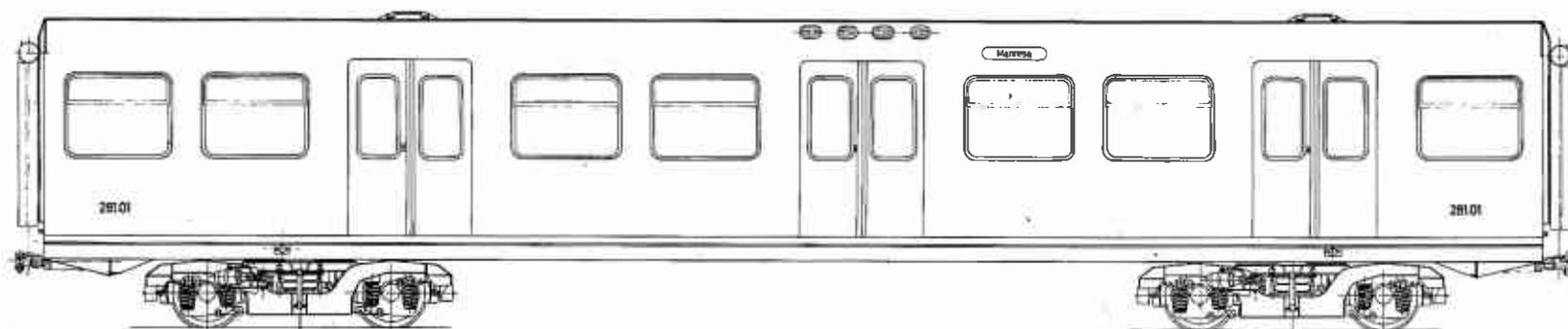
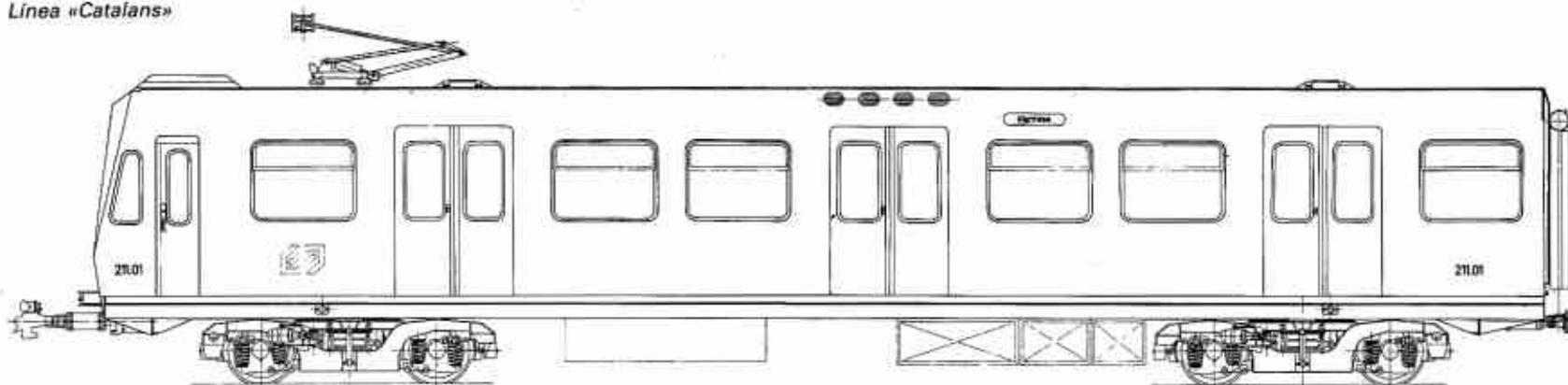
Exteriormente, posee una línea bastante original y que se aparta un poco de lo que hasta ahora ha sido usual en nuestro país, motivo por el que ha sido bastante discutida. En efecto, la sección transversal de la caja posee aproximadamente la forma de un

Entrando en la estación de Les Planes durante un viaje de pruebas. (Foto P. Borrás).

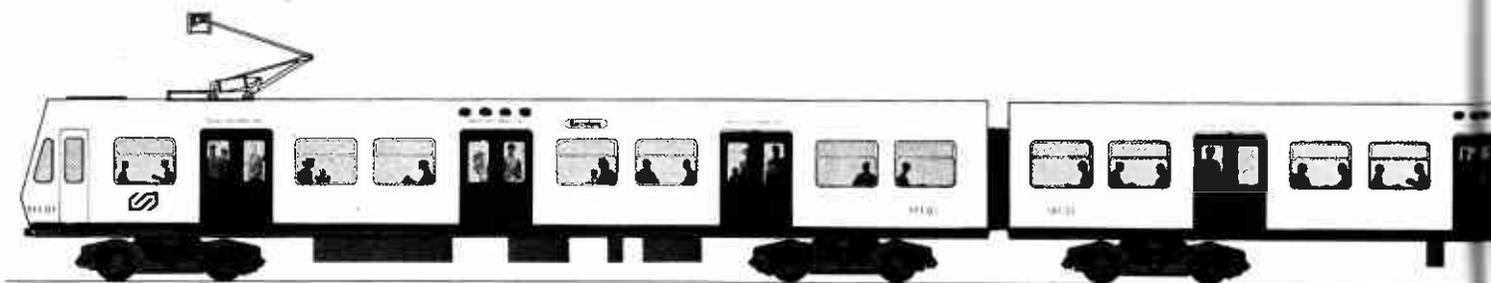


*Línea «Catalunya i Sarrià»*

*Vistas laterales y frontales de los coches motor y remolque para la línea de «Catalunya i Sarrià».*  
*Ancho de vía: 1.435 mm.*  
*Escala 1:87.*  
*(Doc. CARRIL).*



Vistas laterales y frontales de los coches motor y remolque para la línea de «Catalans».  
Ancho de vía: 1.000 mm.  
Escala 1:87.  
(Doc. CARRIL).



hexágono irregular, de tal manera que los laterales no son planos ni verticales, sino que presentan un ensanchamiento hacia su parte inferior y aproximadamente medio metro por encima del piso del coche. De forma semejante, los testeros extremos de los coches motores poseen un aspecto ciertamente muy original caracterizado por el gran parabrisas y por su forma especial tendente a reducir al máximo la resistencia aerodinámica del tren.

Las dos uniones existentes entre coches de una misma UT se realiza por medio de enganches BSI semipermanentes, los cuales únicamente garantizan las conexiones mecánica y neumática, mientras que las eléctricas son independientes; en este caso, todas las operaciones de acoplamiento y desacoplamiento entre coches deben realizarse manualmente. Por el contrario los testeros extremos de la UT van provistos de enganches BSI automáticos que permiten la formación de composiciones de hasta tres unidades funcionando en múltiple (es decir, conducidas desde una sola cabina); los enganches automáticos van accionados desde el interior de las cabinas y, además del enganche mecánico (tracción y choque), llevan incorporadas las correspondientes uniones para el circuito neumático y botonerías para las conexiones de los diferentes circuitos eléctricos. La elección de este último tipo de enganche automático queda plenamente justificada para la línea de «Catalans», en la que es bastante frecuente ver circular composiciones formadas por dos unidades eléctricas Naval acopladas en múltiple (6 o más coches en total). No obstante, en la línea de «Catalunya i Sarrià» no es posible de momento hacer circular trenes de más de tres coches debido a la reducida longitud de los andenes de la mayoría de las estaciones (aunque algunas de ellas pueden admitir hasta cuatro coches); por ello, y mientras subsista el actual material dotado de enganche automático Tomlinson, el enganche BSI del nuevo material sólo podrá emplearse, en esta última línea, para el remolque accidental del mismo, no sin antes utilizar un dispositivo adicional intermedio en caso de que deban acoplarse enganches de tipos distintos.

La numeración elegida se aparta asimismo de la que venía siendo usual en ambas líneas para el material de viajeros y que consistía, para todos los coches, en números de dos a cuatro cifras según los casos. El nuevo

sistema adoptado contempla la existencia de tres primeras cifras que designan la serie y otras dos, separadas de las anteriores mediante un punto, que indican el número del coche dentro de su serie. Ello es válido tanto para los coches motores como para los remolques, quedando pues la numeración de las diferentes series como sigue:

– Coches motores para vía de 1.435 mm: 111.01 a 111.40

– Coches remolques para vía de 1.435 mm: 181.01 a 181.20

– Coches motores para vía de 1.000 mm: 211.01 a 211.10

– Coches remolques para vía de 1.000 mm: 281.01 a 281.05

Tal como antes hemos indicado, los coches motores no son todos iguales entre sí, correspondiendo los de numeración impar al tipo M<sub>1</sub> y los de numeración par al tipo M<sub>2</sub> y no siendo en ningún caso acoplables entre sí dos motores de la misma paridad (al tratar de la descripción de los equipos se verán las diferencias entre unos y otros).

Debido al tipo de servicio a que van destinados (especialmente en el trayecto urbano de la línea de «Catalunya i Sarrià»), la determinación de las prestaciones se ha realizado de forma que sea posible obtener unas aceleraciones y deceleraciones relativamente altas que permitan reducir al máximo los tiempos de arranque y frenado. Con ello se pretende conseguir un valor elevado de la velocidad comercial en los tramos urbanos, en los cuales la distancia entre estaciones es reducida y la frecuencia de los arranques y las frenadas alta. Sin embargo, para que lo anterior sea posible manteniendo la potencia de los motores de tracción dentro de unos límites razonables, se hace necesario establecer una relación de transmisión relativamente «corta» entre éstos y los ejes de rodadura, con lo cual la velocidad máxima alcanzable queda ligeramente limitada. Así pues, las prestaciones han quedado establecidas de forma que la velocidad máxima es de 90 km/h, obteniéndose una aceleración máxima de casi 1 m/s<sup>2</sup> a partir del arranque. Estos valores son los nominales para la circulación de la UT básica (3 coches) por tramos horizontales y rectos y con la composición a plena carga. Para el frenado, se obtienen unos valores de deceleración de 1,2 m/s<sup>2</sup> como máximo en condiciones norma-

les de servicio (actuando los frenos neumático y eléctrico de forma combinada); en el caso de una frenada de urgencia, la deceleración prevista es de 1,3 m/s<sup>2</sup> como máximo (freno neumático exclusivamente).

De todo lo anterior se desprende que quizás sea ligeramente reducido el valor de 90 km/h adoptado para la velocidad máxima (que es la que hasta el momento está previsto que tengan todas las UTs de ambas líneas), no ya para los tramos urbanos, sino para los suburbanos. En estos últimos, con una vía en condiciones correctas, será perfectamente posible alcanzar velocidades algo mayores aunque ello pueda suponer una ligera disminución del valor máximo de la aceleración. Sin embargo, la última palabra la dirá la experiencia.

La potencia total de la UT es de 1104 kW (1500 CV)<sup>(6)</sup> como máximo, repartiéndose entre un total de cuatro motores de 276 kW (375 CV) cada uno.

Como es sabido, en la actualidad las tensiones de alimentación son distintas para ambas líneas, pues mientras en «Catalans» existen 1500 V, en «Catalunya i Sarrià» el material funciona a 1200 V (en ambos casos se trata de corriente continua). Sin embargo, el equipo eléctrico de las UTs (idéntico para todas ellas) se ha diseñado de forma que sea capaz de trabajar indistintamente a ambas tensiones, quedando incluso unos márgenes de seguridad muy amplios (entre 1000 y 1800 V) para que, en caso de posibles oscilaciones de las mismas, las prestaciones máximas no se vean reducidas. Se ha previsto incluso la posibilidad de que la UT pueda funcionar con tensiones inferiores a los 1000 V (hasta un mínimo de 750 V), aunque en este caso sus prestaciones quedan reducidas proporcionalmente.

## ESTRUCTURA DE LAS CAJAS

Las cajas de los coches se han proyectado de forma que constituyen un conjunto autoportante, es decir, se ha eliminado el bastidor como elemento resistente único y diferenciado y se han encomendado sus funciones, tanto estáticas como dinámicas, a la totalidad de la caja como conjunto.

(6) 1 CV=0,736 kW,  
1 kW=1,358 CV.



La realización práctica de las mismas se ha llevado a cabo a base de aleaciones de aluminio (según una exigencia expresa de FGC), de las cuales se ha partido para la obtención de la totalidad de las piezas que constituyen la estructura de la caja. La unión entre dichas piezas se ha realizado íntegramente a base de soldaduras. Este sistema de construcción se eligió siguiendo el criterio del máximo aligeramiento de las propias cajas, factor que se creyó de considerable importancia desde el punto de vista del ahorro energético en el caso de vehículos sometidos a muy frecuentes ciclos de arranque y frenado como los que nos ocupan. A ello debe sumarse asimismo un importante factor como es el de la mayor resistencia a la corrosión de las aleaciones de aluminio frente al acero.

El proyecto de la estructura de las cajas corresponde a las empresas españolas MTM y Macosa, las cuales han partido para su realización de la experiencia acumulada por Alusuisse, a la cual ha correspondido la asesoría general durante el desarrollo del mismo y la supervisión final. Asimismo, Alusuisse ha sido la suministradora de una gran parte de los materiales semiacabados, preferentemente en forma de perfiles extruidos de grandes dimensiones, a las dos empresas anteriormente citadas, las cuales, como ya se ha dicho, se están encargando del montaje de los coches en sus respectivas factorías de Barcelona. Lo que sí debe resaltarse es que el sistema constructivo aquí empleado se aparta totalmente del sistema clásico de construcción de cajas autoportantes de acero, según el cual los materiales empleados suelen ser la chapa y los perfiles laminados. En efecto, el proyecto se ha desarrollado pensando no en una simple sustitución del acero por aluminio, sino en una tecnología completamente distinta que trata de sacar el máximo provecho de las ventajas que posee este último y sus aleaciones en relación con el acero, tales como su gran facilidad para ser sometidos a extrusión y su inferior densidad.

Cuatro son los tipos distintos de cajas construidas para estas UTs, residiendo las diferencias entre ellas en el hecho de ir destinadas, según los casos, a coches motores o remolques, con sus respectivas versiones para vía ancha y vía estrecha. La caja de un coche motor difiere básicamente de la de un remolque debido a la presencia de la cabina de conducción en uno de sus extremos, he-

cho que motiva la consiguiente diferencia entre testeros en el caso del motor, siendo ambos testeros idénticos en el caso de un coche remolque. Asimismo, los coches motores poseen, encima de la cabina, una abertura de dimensiones considerables destinada a permitir el montaje del disyuntor extra-rápido, del cual carecen los remolques. Por otro lado, entre las cajas destinadas a vía ancha y las destinadas a vía estrecha, las únicas diferencias residen en las menores dimensiones de estas últimas, tanto en longitud como en anchura, hechos que vienen motivados por las diferencias existentes en las características de las dos líneas de FGC.

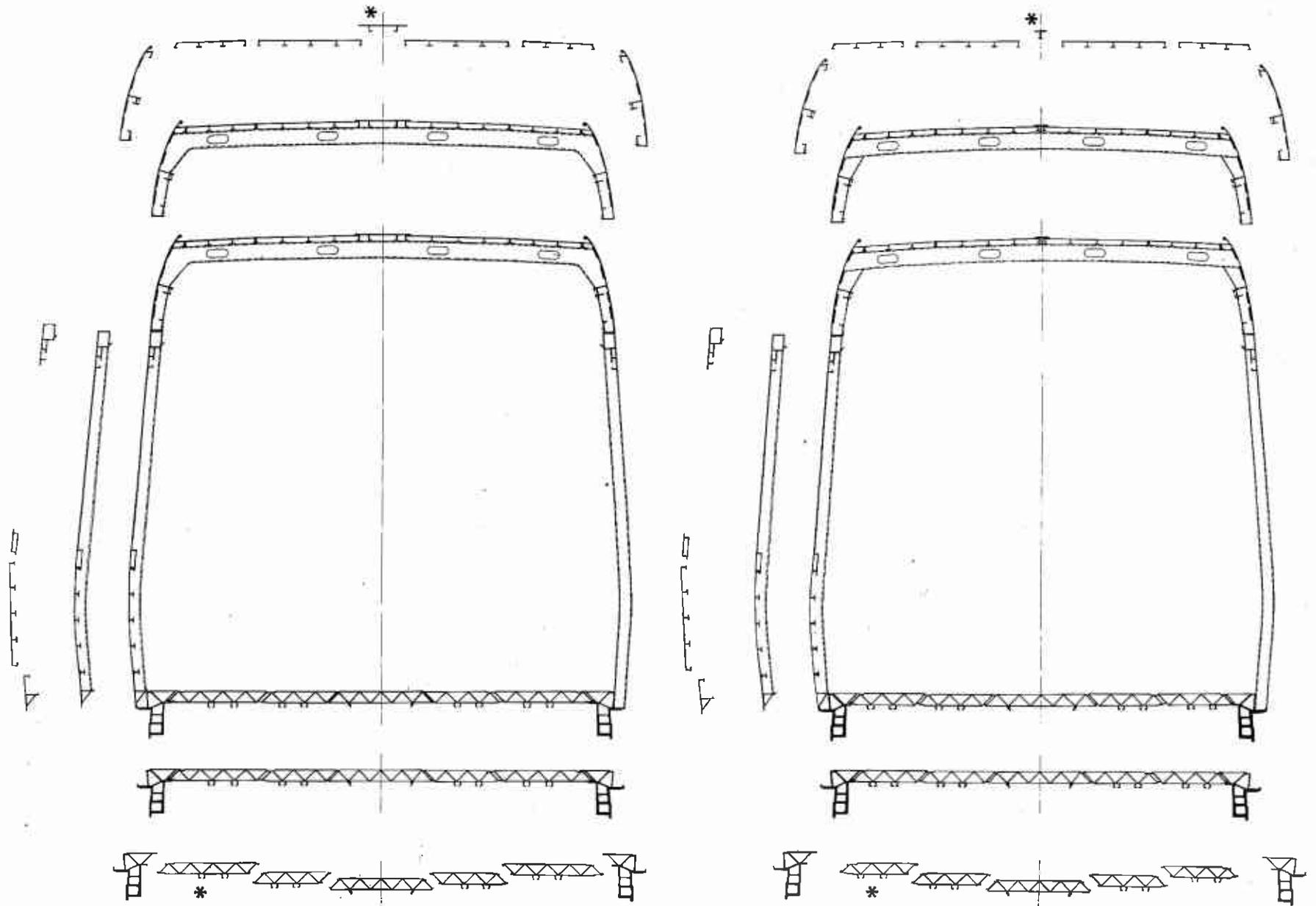
La construcción de cada caja se lleva a cabo a partir de una serie de subconjuntos que se montan previamente por separado y que, una vez ensamblados entre sí a posteriori, formarán la estructura autoportante de la caja propiamente dicha. Dichos subconjuntos son los que, básicamente, constituyen las siguientes partes de la estructura: bastidor, techo, laterales (en sus diferentes versiones según la posición que ocupan) y testeros (en sus versiones para lado cabina o lado intercomunicación).

El subconjunto bastidor, que aunque en principio puede parecer que actúa como elemento resistente aislado, no es capaz de llevar a cabo dicha función por sí solo tal como ya hemos indicado. Sin embargo, sí es el

destinado a soportar la parte más importante de los esfuerzos a que se ve sometido el coche y es aquél al que van fijados directamente los elementos que producen las sollicitaciones más elevadas sobre la estructura, tales como los bogies y los enganches. Asimismo, sobre él se reparte, de una forma más o menos uniforme, el peso de los viajeros y de una parte de los equipos eléctricos y neumáticos que van fijados por debajo del piso. Básicamente está formado por perfiles extruidos, los cuales se hallan unidos entre sí por medio de soldaduras continuas realizadas de forma automática. El bastidor está compuesto tan sólo por siete piezas principales obtenidas a partir de sendos perfiles extruidos y que poseen una longitud próxima a la del propio coche (es decir, algo menores de 20 metros, variando este valor en función del tipo de caja). En el caso de las cajas para vía ancha, dichos siete perfiles poseen tan sólo cuatro secciones distintas, mientras que para las de vía estrecha dicho número queda reducido solamente a tres; las secciones para ambos tipos de bastidor son idénticas, existiendo la citada sección adicional para el de vía ancha que es la que permite obtener los 200 mm adicionales de anchura que posee una caja respecto a la otra. Como elementos complementarios del bastidor deben citarse las dos traviesas-pivote, destinadas a servir de apoyo a la caja



En la factoría de Macosa de Barcelona, un 211 de vía estrecha para FGC junto a un 592 para RENFE. (Foto J. Miquel).

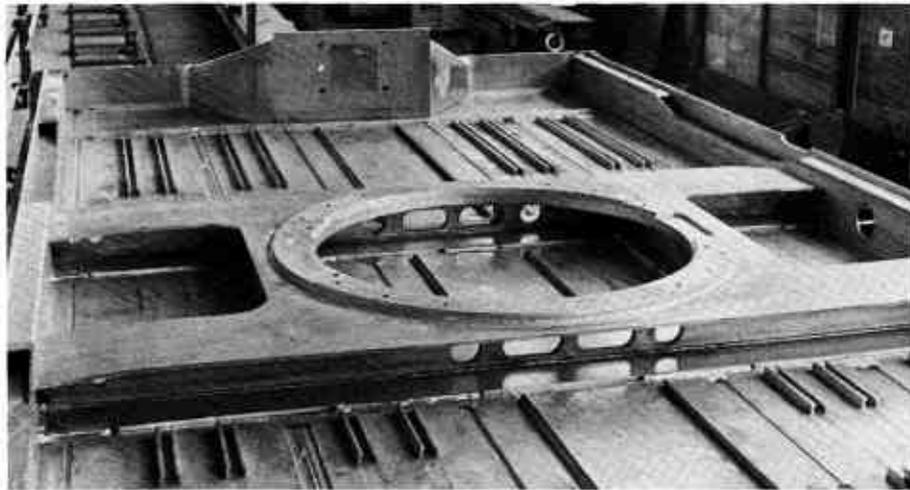


Dibujo esquemático de las secciones de las cajas en sus versiones para vía ancha y vía estrecha. En el mismo se observa el sistema empleado para la construcción de las mismas a base de grandes perfiles extruidos de aluminio, los cuales se unen parcialmente entre sí para formar subconjuntos que, a su vez, dan lugar finalmente al conjunto de la caja. Con asteriscos se han indicado cuáles son los perfiles que varían entre una y otra versión y gracias a los cuales se consigue la diferencia de anchura de 200 mm entre ambas. (Doc. CARRIL).

sobre los respectivos bogies; dichas traviesas están construidas mediante chapas (siempre de aluminio) soldadas entre sí y a cuya parte inferior va soldada una corona forjada a la que posteriormente se fijará la corona de giro del bogie. Finalmente citaremos los soportes para la fijación de los enganches, soportes que van soldados a los extremos del bastidor por su parte inferior, al igual que las traviesas-pivote; son algo distintos según vayan destinados a un extremo libre o a uno de acoplamiento entre coches, estando constituidos también por chapas de aluminio soldadas. El conjunto del bastidor queda completado con unos travesaños de refuerzo formados por perfiles extruidos o por chapas; los situados en los extremos libres llevan añadidos por su parte exterior unos perfiles de acero en U destinados a evitar en lo posible que, en caso de choque, los coches que reciban el impacto monten uno encima del otro (dispositivo «anticlimbing»).

Al igual que el bastidor, el subconjunto techo está formado principalmente por perfiles extruidos de gran longitud unidos asimismo por medio de soldaduras continuas automáticas. Los perfiles empleados son comunes para las cajas de vía ancha y para las de vía estrecha, a excepción del que va situado en posición central que es distinto para ambas y gracias al cual se obtiene la diferencia de anchura entre ellas. El número de perfiles es también de siete en total, de los cuales sólo hay tres con secciones distintas en cada caja. Todo este conjunto va reforzado por su parte interior con una serie de cerchas, formadas por chapas embutidas, que van soldadas al mismo transversalmente. Finalmente, todo ello queda completado con un emparrillado de perfiles de aluminio de reducidas dimensiones que va situado en la parte inferior del techo y que tiene por misión la de soportar el falso techo interior con todos los elementos de iluminación y ventilación, así como diversas conducciones eléctricas y demás.

Los laterales del coche constituyen asimismo subconjuntos que, al igual que los ya citados, pueden obtenerse en forma de prefabricados. En el caso que nos ocupa, los laterales se obtienen parcialmente, es decir, no forman subconjuntos cuya longitud es aproximadamente igual a la total del coche. En efecto, para cada coche se construye un total de ocho subconjuntos que, una vez ensamblados, darán forma a los dos laterales completos, dejando libres los huecos para las puertas y realizando la unión entre los subconjuntos bastidor y techo durante la fase final de montaje de la estructura de la caja. De forma esquemática, puede decirse que los diversos subconjuntos laterales vienen delimitados por los huecos de dos puertas consecutivas o bien por uno de éstos y un testero. De ello se desprende que no todos los ocho que se integran en un mismo coche son iguales entre sí, ya que en realidad existen dos tipos distintos según in-

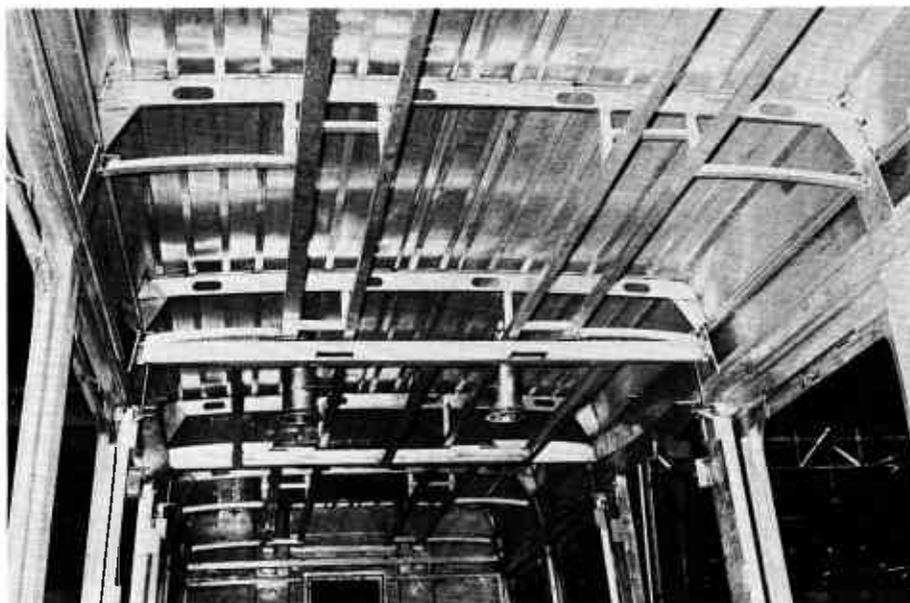


*Un subconjunto bastidor durante su fase de montaje (se halla invertido respecto a su posición definitiva), obsérvese la traviesa pivote con su corona y el soporte para el enganche. (Foto VCN).*

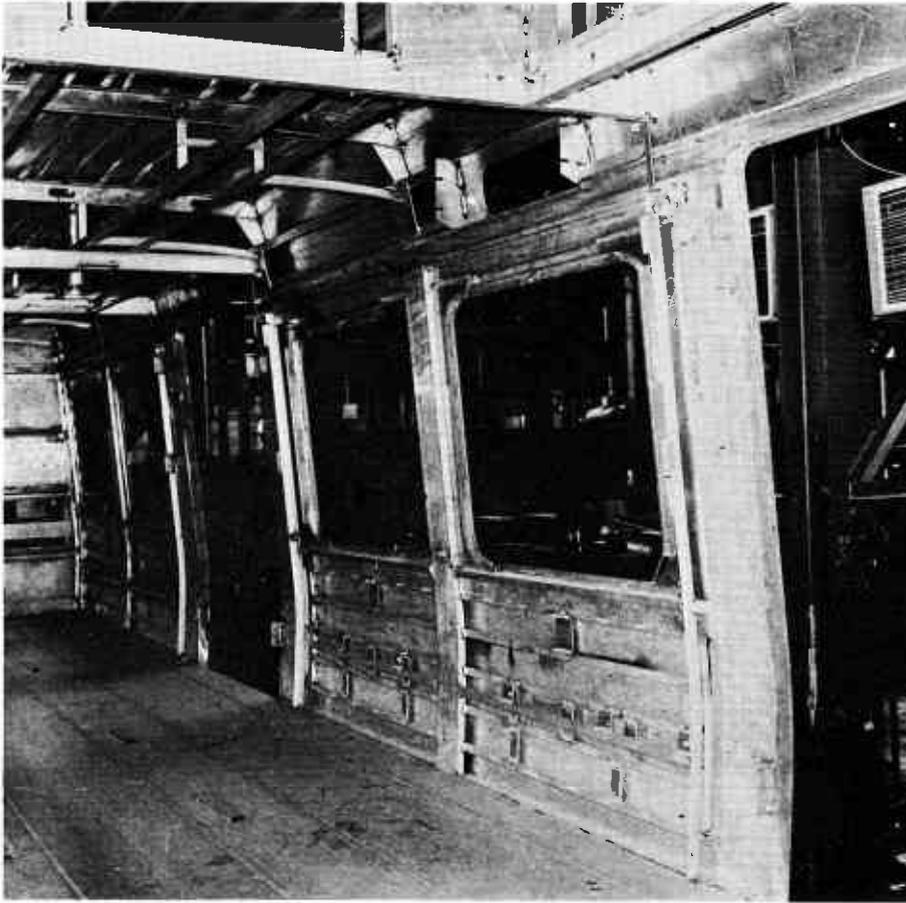
cluyan uno o dos huecos para las ventanas. Cada uno de ellos está construido de forma muy parecida también a base de perfiles extruidos soldados entre sí formando una especie de emparrillado entre el cual quedan los huecos para las ventanas. Destaca el hecho de que, de todos estos perfiles, el de mayores dimensiones (que es el que ocupa prácticamente todo el espacio situado entre las ventanas y el piso) posee la misma sección que uno de los que forman el techo, si bien en el momento del ensamblaje del subconjunto lateral debe curvarse a fin de obtener el abombado característico de la caja por su parte exterior.

Finalmente, los últimos subconjuntos que faltan para completar la estructura son los testeros, de los cuales existen cuatro varian-

tes (dos para vía ancha y otras tantas para vía estrecha), según vayan montados en el extremo libre de la UT o bien en el de acoplamiento entre coches. El testero lado cabina incluye no sólo la parte frontal de la UT, sino además una pequeña parte de los laterales del coche, concretamente la situada entre el extremo y la puerta de la cabina; frontalmente posee la ya conocida forma diédrica, llevando incluidas las diferentes aberturas destinadas a parabrisas, faros, indicadores, etc., mientras que lateralmente sigue la forma general exterior y posee la correspondiente abertura para la pequeña ventana de la cabina. El testero del lado de acoplamiento, idéntico para coches motores y remolques del mismo ancho de vía, es plano y simplemente posee el hueco para la



*Detalle del techo por su parte interior. Obsérvese el emplanchado superior que forma parte de la estructura resistente y está obtenido a base de perfiles extruidos de grandes dimensiones; bajo el mismo se ven las cerchas transversales de refuerzo y el falso techo interior. (Foto VCN).*



Detalle de un subconjunto lateral (ya montado en la estructura) por su parte interior. (Foto VCN).

puerta de intercomunicación y diversas aberturas para el paso de las conexiones eléctricas. Ambos testereros están contruirdos esencialmente a base de piezas de chapa, yendo dotados de los adecuados refuerzos interiores formados asimismo por piezas de chapa de aluminio doblada.

En general, tanto los perfiles que forman los laterales como los que integran el techo o el bastidor poseen secciones en las que aparecen diversos salientes (fácilmente obtenibles debido al proceso de fabricación por extrusión) que posteriormente, durante las fases finales de ensamble del coche, servirán para la fijación de los acabados interiores o para la sujeción de diversos elementos constitutivos de los equipos eléctrico o neumático.

Los materiales empleados para la construcción de las cajas son todos ellos aleaciones cuyo metal base es siempre el aluminio. Sin embargo, no todos son iguales, pues su composición depende de factores tales como su límite elástico o el método según el cual van a ser transformados en semiacabados (extrusión, laminación, forja, fundición, etc.). Como ya hemos apuntado al iniciar este capítulo, la mayoría de dichos semiacabados (perfiles extruidos y chapas) han sido suministrados por Alusuisse, habiendo empleado para ello aleaciones de diversos tipos, en las cuales se emplean como elementos agregados el magnesio, el silicio y el manganeso, incluidas bajo las denominaciones de *Anticorodal* o *Peraluman*, nombres ambos registrados por dicha empresa para sus productos. El resto de los materiales em-



Un testerero lado cabina dispuesto para su unión al resto de elementos de la caja. (Foto VCN).



Un subconjunto testerero frontal por su parte interior. (Foto VCN).

pleados para las estructuras de las cajas (perfiles extruidos menores y algunas piezas forjadas o fundidas) han sido suministrados por empresas españolas.

## LAS CAJAS EXTERIORMENTE

Por su parte exterior, las cajas presentan una superficie sensiblemente lisa, estando pintadas en los colores rojo y blanco, los cuales rompen totalmente con los tradicionales esquemas de pintura existentes en las dos líneas de FGC. El testero libre posee una ventana de grandes dimensiones que abarca la práctica totalidad de la anchura del coche y permite una óptima visibilidad al maquinista. No existe puerta frontal en dicho testero, por lo que no es posible la intercomunicación (ni siquiera para el personal de servicio) entre dos UTs acopladas ni la evacuación del tren por dicha zona en caso de emergencia. El parabrisas, totalmente plano, está construido con vidrio antiimpactos y posee un espesor de 16 mm, llevando incorporados un limpiaparabrisas y un dispositivo antivaho. Por encima del mismo se encuentra una pantalla que incluye, en su parte central, el rótulo indicador de destino del tren y, a los lados, sendos juegos de pilotos rojos y amarillos. En la parte superior central del testero figura otra abertura menor tras la cual, protegidos por el correspondiente cristal, se hallan los dos faros de largo alcance. Por debajo del parabrisas y prácticamente a la altura del piso del coche se halla otra pantalla que, en sus extremos, incluye dos faros de corto alcance, yendo ocupado el espacio entre ambos por el rótulo con la numeración del coche.

Los laterales poseen, en cada coche, un total de tres puertas de acceso para los viajeros. Éstas son de doble hoja y sin montante central, quedando perfectamente alineadas con el resto de la superficie exterior de la caja cuando están cerradas. Son de tipo corredero-desplazable, realizándose su apertura con un movimiento que hace que, tras separarse ligeramente de la caja hacia el exterior, se deslicen hasta quedar totalmente superpuestas a esta última. Su accionamiento es neumático y puede ser realizado tanto por el maquinista (sólo cierre) como por los propios pasajeros. En este último caso, pueden ser abiertas desde el exterior (pero no cerradas), mientras que desde el interior pueden tanto abrirse como cerrarse; para ello existen los correspondientes pulsadores en las propias hojas de las puertas, si bien, para que la apertura sea posible, es preciso que el maquinista haya accionado desde la cabina el correspondiente mando que autoriza la maniobra. Cada una de las puertas deja libre una anchura total de paso de 1.250 mm, siendo la altura libre de 1.850

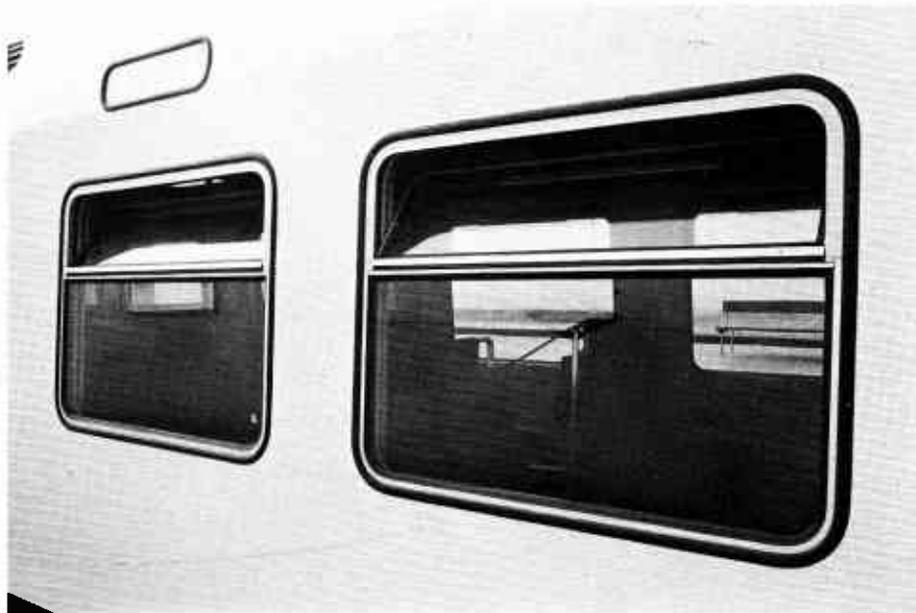


Las puertas de acceso para los viajeros; en primer término se ve una de ellas en posición abierta. (Foto VCN).

mm. Cada hoja de puerta está dotada de un cristal fijo.

En sus respectivas cabinas, los coches motores poseen las correspondientes puertas laterales para el acceso desde los andenes. Éstas poseen un movimiento de apertura similar a las de los viajeros, aunque son de accionamiento manual.

Las ventanas van situadas en correspondencia con los grupos de cuatro asientos para los viajeros. Están montadas con marcos de aluminio y no pueden abrirse a excepción de su tercio superior, el cual posee un pequeño cristal independiente que puede bascular hacia el interior para dejar una abertura de tan sólo unos pocos centímetros. Sus



Detalle de las ventanas; obsérvese el sistema de apertura. (Foto FGC).



Aspecto parcial del lateral en la zona de la cabina. (Foto VCN).



El testero para intercomunicación de un coche motor. (Foto VCN).

dimensiones totales son de 1.250 × 900 mm en anchura y altura respectivamente. Su número es variable según el tipo de caja, yendo desde un mínimo de seis (coche motor de vía estrecha) hasta un máximo de ocho (coche remolque de vía ancha) por cada lado. Una pequeña ventana en forma de trapecio va situada a cada lado de las cabinas de conducción; la parte superior de las mismas sirve de alojamiento, una vez plegado, al respectivo espejo retrovisor.

En los laterales, cada coche posee sendas pantallas luminosas dotadas de rótulos indicadores de destino del tren. Los coches destinados a la línea de «Catalans», cuyos andenes está previsto que posean tan sólo 520 mm de altura (a diferencia de los de la de «Catalunya y Sarrià», situados prácticamente a la altura del piso de los coches), llevan incorporados estribos abatibles debajo de cada una de las puertas destinados a facilitar el acceso a los viajeros; su movimiento se

realiza neumáticamente y de forma automática, yendo coordinado con el de la respectiva puerta.

Los testeros planos poseen cada uno una puerta de intercomunicación, que es pivotante y de accionamiento manual. El pasillo de intercomunicación queda cerrado por su parte inferior mediante pasarelas metálicas abatibles y, por sus zonas laterales y superior, por medio de burletes tubulares de caucho. En dichos testeros se hallan asimismo las conexiones eléctricas entre coches.

## BOGIES

Existen dos de ellos por cada coche, siendo de diseño Alsthom aunque construidos bajo licencia en España por MTM y Macosa. Su principal característica consiste en el hecho de que los dos ejes que posee cada bogie son accionados por un mismo motor, solución no demasiado corriente en nuestro país para un automotor eléctrico, estando situado aquél con su eje en posición longitudinal.

Al igual que en el caso de las cajas, cabe distinguir cuatro tipos distintos de bogies en función del tipo de coche al que equipan. Es decir, son diferentes aunque de concepción básica idéntica, según vayan destinados a coches motores o remolques, desdoblándose a su vez en las versiones para vía ancha y vía estrecha. La diferencia entre un bogie



El mecanismo de apertura y cierre de puertas, proyectado y realizado por Macosa. (Foto J. Miquel).

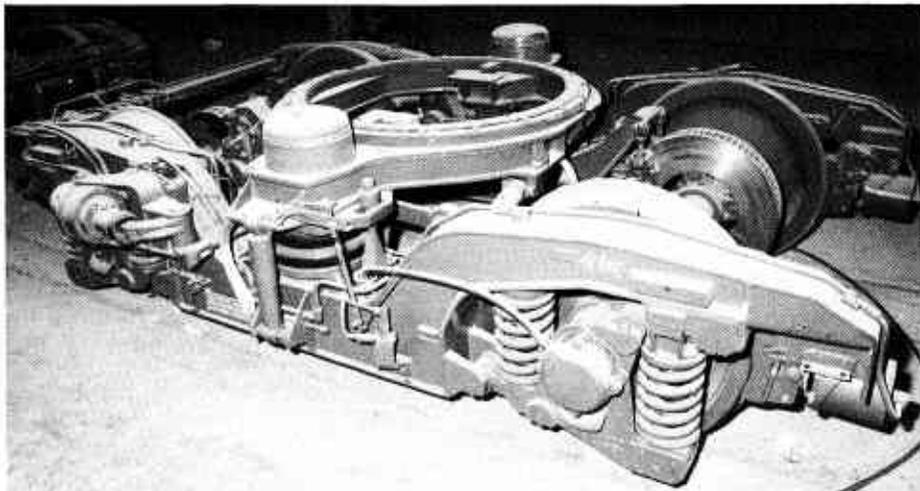
motor y uno portante (es decir, destinado este último a un coche remolque) reside esencialmente en la ausencia del motor de tracción y de sus transmisiones, así como en el diferente dimensionamiento de los elementos elásticos de las suspensiones como consecuencia de la diferencia de pesos entre los diferentes tipos de coches; asimismo, los bogies portantes carecen de algunos elementos auxiliares tales como areneros o engrasadores de pestaña. A su vez, las diferencias entre un bogie para vía ancha y otro para vía estrecha, aparte de los propios ejes, estriban únicamente en su anchura total.

El bastidor o estructura resistente del bogie está constituido en su totalidad por piezas de chapa de acero soldadas entre sí. En realidad, dicha estructura es relativamente simple, pues consta de dos largueros exteriores cuya sección, aunque variable, posee forma de cajón. Sus extremos, situados a una altura superior, van apoyados sobre las suspensiones primarias, mientras que la zona central, más baja, sirve de apoyo a la caja a través de la suspensión secundaria y sus elementos auxiliares. Completando el bastidor, existen dos travesaños situados en posición baja central que sirven de unión entre los dos largueros y dan al conjunto una forma aproximadamente igual a la de una H.

La suspensión primaria, siguiendo una disposición ya clásica de Alstom<sup>(7)</sup>, consiste, para cada una de las cajas de rodamientos, en dos pares de muelles helicoidales de acero (concéntricos y arrollados en sentidos contrarios). El guiado de las cajas se consigue por medio de un par de bieletas horizontales situadas a niveles distintos; éstas, debido a la disposición adoptada, son suficientes para dar a la caja el único grado de libertad necesario en dirección vertical. Dichas bieletas, articuladas por un lado a la propia caja de rodamientos y por el otro a los largueros del bastidor, van dotadas de silent-blocks de caucho a fin de amortiguar vibraciones y permitir cierta elasticidad lateral entre ambos.

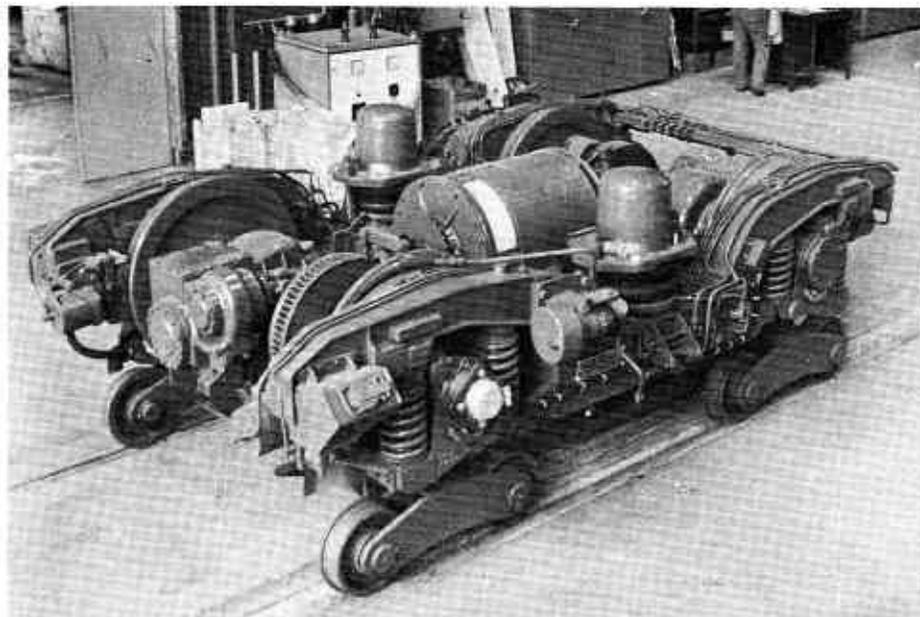
Las cajas propiamente dichas se han construido de acero moldeado y van equipadas, cada una de ellas, con un par de rodamientos de rodillos a rótula. En cada extremo de la UT y coincidiendo con las cabinas de conducción, se ha equipado a una de las cajas de los coches motores con una toma para el registrador de velocidad.

La suspensión secundaria está constituida por un doble juego (uno por cada lado) de balones neumáticos de caucho y muelles helicoidales de acero, elementos que actúan de forma conjugada. Gracias a la acción de los balones, que van alimentados a partir del circuito neumático de la UT a través de un juego de válvulas reguladoras, se consigue mantener constante la altura de la caja del



*Bogie portante para vía ancha; obsérvese la ausencia del motor de tracción y sus transmisiones. (Foto J. Miquel).*

*Bogie motor para vía ancha en los talleres de MTM; obsérvese la disposición longitudinal del motor, así como las transmisiones y los discos de freno. (Foto VCN).*

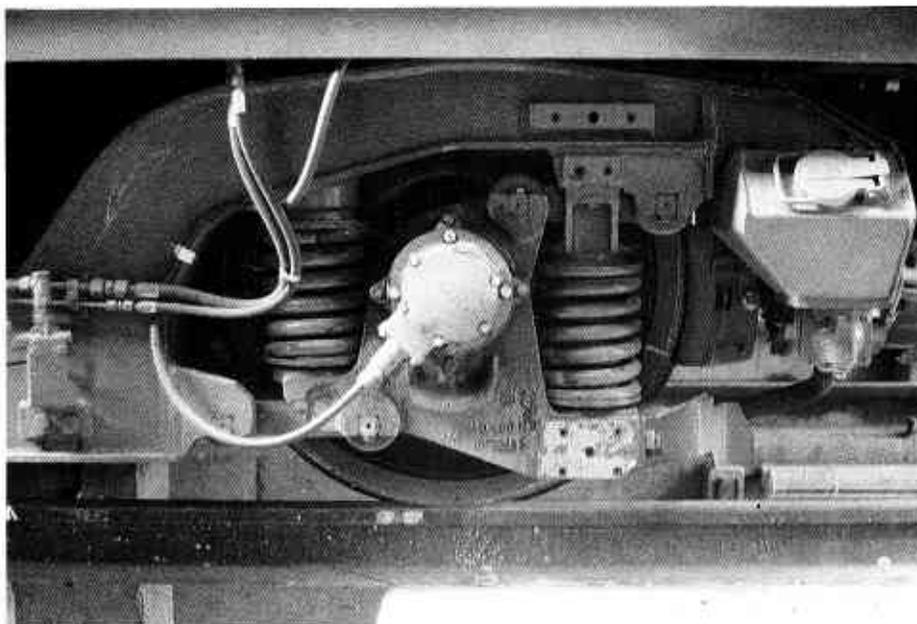


coche respecto al plano del carril. Los muelles helicoidales van situados en la parte interior de los balones (no son visibles), consiguiéndose con este conjunto una considerable suavidad en la suspensión debida principalmente al efecto de cojín de éstos. No obstante, la UT puede funcionar igualmente con los balones deshinchados, lo cual puede llegar a suceder como consecuencia de un reventón de alguno de ellos o de una avería en el equipo neumático. La única consecuencia de ello será un endurecimiento de la suspensión al faltar el esfuerzo debido a la presión del aire en los balones, con lo que la caja del coche pasará a descansar sobre el bogie con la interposición de unos tacos de caucho limitadores de recorrido como elementos elásticos y se producirá la consiguiente dis-

minución en el confort de los viajeros. Asimismo, en caso de que uno de los dos balones de un mismo bogie llegue a deshincharse por cualquier causa, el situado en el lado opuesto se deshinchará también de forma automática; con ello se logra evitar desequilibrios por inclinación de la caja del coche.

El apoyo de la caja sobre las suspensiones secundarias (y, en definitiva, sobre el bogie) no es directo, sino que se logra a través de una traviesa bailadora, elemento que permite obtener el movimiento de giro necesario para la inscripción del vehículo en las curvas. En su parte central, dicha traviesa consta de una corona de giro de gran diámetro que, esencialmente, está constituida de forma similar a un gran rodamiento de bolas; es decir, posee un anillo exterior fijo a la

(7) Por ejemplo: locomotoras diesel series 700 y 1000 de FGC, y 1000 y 1600 de FEVE; locomotoras eléctricas serie 276 de RENFE.

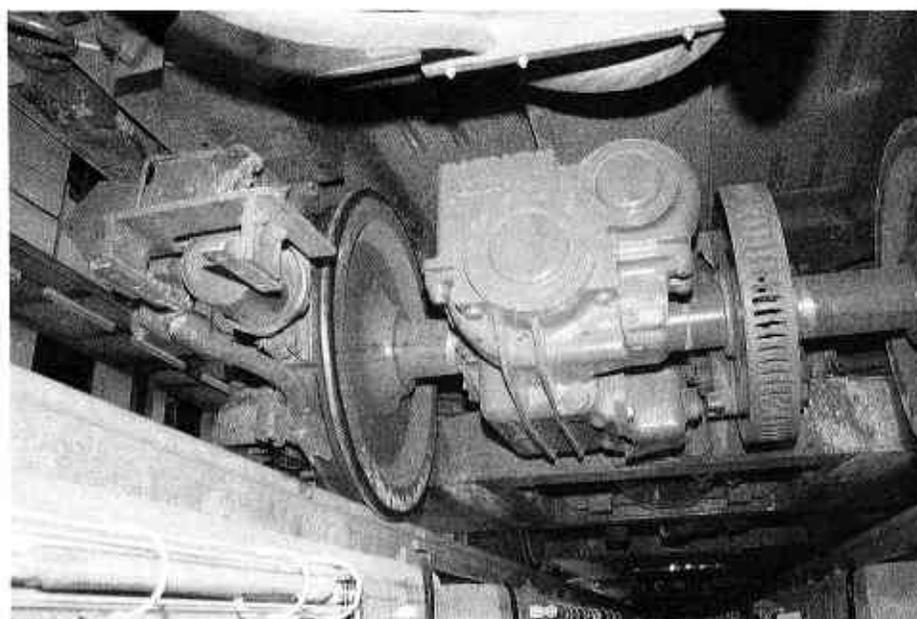


Detalle de la suspensión primaria de un coche motor; pueden verse las bielas horizontales de guiado de la misma, la toma para el registrador de velocidad y el arenero. (Foto VCN).

traviesa-pivote del bastidor del coche, otro interior solidario a la propia traviesa bailadora y una serie de bolas interpuestas entre ambos anillos y que son las que permiten el movimiento relativo de giro entre ellos. Los extremos de la traviesa van apoyados sobre las suspensiones secundarias y a ella van unidos asimismo los tirantes que, con la interposición de silentblocks, permiten transmitir los esfuerzos de tracción y frenado entre bogie y caja del coche, así como los elementos de amortiguación de la suspensión. Estos últimos consisten en amortiguadores hidráulicos cuya función consiste en reducir

la amplitud de las oscilaciones tanto verticales como laterales de la caja. Asimismo, a la traviesa bailadora va unida una barra de torsión que, convenientemente articulada al bastidor del bogie, permite limitar los movimientos de balanceo de la caja del coche.

En los bogies no se han instalado dispositivos antilazo aunque sí es posible su montaje en caso de que se desee. Ello ha sido así debido a que las velocidades críticas de los bogies se hallan suficientemente alejadas de la velocidad máxima adoptada para la UT, pues van de 145 a 160 km/h en vacío y son de unos 190 km/h a plena carga.



Vista de un bogie motor por su parte inferior, en la que pueden verse claramente la caja de transmisión y el disco de freno de uno de los ejes; a la izquierda, el bloque con la correspondiente zapata. (Foto VCN).

El motor de tracción (de corriente continua) va situado en el centro del bogie y en posición perpendicular a los ejes de rodadura. Va fijado por su parte inferior a los dos travesaños que forman parte del bastidor del bogie y de tal forma que puede desmontarse por debajo sin necesidad de tener que levantar la caja del coche. Su potencia máxima es de 276 kW (equivalentes a 375 CV) siendo capaz de alcanzar una velocidad máxima de 3.310 rpm en servicio. Su tensión nominal de alimentación es de 750 V, yendo conectados en serie los dos motores de un mismo coche. Como ya se ha dicho, los motores son de concepción Alstom, habiendo sido construidos algunos de ellos en Francia por dicha empresa y el resto en España por MTM. Su ventilación se logra por medio de una turbina calada sobre el eje del inducido. Éste tiene salidas por sus dos extremos a fin de poder acoplar a cada uno de ellos las respectivas transmisiones destinadas a accionar los dos ejes del bogie.

Las transmisiones, en número de una por cada eje de rodadura, están formadas por un eje articulado y telescópico (capaz de absorber las desalineaciones debidas a los movimientos de la suspensión primaria) y por una caja reductora de engranajes. Dicha caja es de construcción alemana Hurth y consta de dos etapas de reducción. La primera consiste en un par de ruedas dentadas helicoidales de ejes paralelos, con 32 y 53 dientes respectivamente (relación de transmisión de 1:1,656), mientras que la segunda etapa está formada por dos ruedas dentadas cónicas de ejes concurrentes y dentado Gleason de 12 y 41 dientes respectivamente (relación de transmisión de 1:3,417). Con ello se logra una relación total de transmisión de 1:5,659 entre el eje del inducido del motor (que, a través del eje articulado, va unido al piñón de 32 dientes) y el eje de rodadura (al que va calada la corona cónica de 41 dientes). El conjunto de la caja reductora va soportado por un lado por el propio eje de rodadura mediante rodamientos, mientras que por su parte inferior va unido al bastidor del bogie por medio de unos tirantes destinados a compensar su par de reacción.

Los ejes de rodadura poseen manguetas de 100 mm de diámetro y llevan caladas las ruedas, el disco de freno y los elementos del reductor de engranajes (estos últimos, lógicamente, sólo en el caso de bogies motores). Las ruedas son enterizas (no llevan llantas independientes) y su diámetro de rodadura en estado nuevo es de 840 mm, admitiéndose un desgaste máximo de 60 mm en diámetro antes de tener que sustituirlas. Dichos valores son idénticos tanto para los bogies motores como para los portantes.

Los frenos neumáticos con que va equipado cada bogie son de dos tipos, actuando de forma combinada y simultánea (según el esfuerzo de frenado) por medio de discos y zapatas. Los discos, de un diámetro de 640 mm, van calados sobre los ejes de rodadura, siendo huecos y autoventilados. Su acciona-

**TABLA DE CARACTERISTICAS GENERALES DE LA UT**

	Vía ancha «Cat. i Sarrià»	Vía estrecha «Catalans»
Composición	M <sub>1</sub> -R-M <sub>2</sub>	M <sub>1</sub> -R-M <sub>2</sub>
Ancho de vía	1.435 mm	1.000 mm
Longitud coche motor	20.466 mm	18.950 mm
Longitud coche remolque	19.842 mm	17.700 mm
Longitud total UT	60.774 mm	55.600 mm
Altura sin pantógrafo	3.573 mm	3.573 mm
Anchura exterior	2.748 mm	2.548 mm
Distancia entre pivotes	13.200 mm	11.700 mm
Empate bogies	2.200 mm	2.200 mm
Altura piso sobre carril	1.070 mm	1.070 mm
Altura ejes enganches	750 mm	750 mm
Diámetro ruedas	840 mm	840 mm
Potencia total UT	1.500 CV	1.500 CV
Tensión nominal (línea)	1.200 V	1.500 V
Tensión alimentación (plena potencia)	1.000 a 1.800 V	1.000 a 1.800 V
Tensión alimentación (potencia reducida)	750 a 1.000 V	750 a 1.000 V
Velocidad máxima	90 km/h	90 km/h
Aceleración máxima	1 m/s <sup>2</sup>	1 m/s <sup>2</sup>
Deceleración máxima (frenado emergencia)	1,3 m/s <sup>2</sup>	1,3 m/s <sup>2</sup>
N.º asientos coche motor	56	48
N.º asientos coche remolque	64	52
N.º total asientos UT	176	152
N.º viajeros de pie coche motor	121	98
N.º viajeros de pie coche remolque	126	104
N.º total viajeros de pie UT	368	300
Capacidad total viajeros UT	544	452
Departamento WC	no	sí

dor de velocidad que recibe una señal producida por una rueda fónica solidaria al eje del inducido de cada motor de tracción, señal que siempre es proporcional a la velocidad de dicho eje (y, por tanto, a la de los ejes de rodadura respectivos). Ésta es comparada con otra señal procedente de otros captadores situados en cada bogie portante y que sirve de señal de referencia representativa de la velocidad teórica de la UT. En el caso de que ambas señales no se correspondan (lo cual implica que las velocidades de los diversos ejes no son iguales), entra en funcionamiento el sistema electrónico destinado a corregir dichas diferencias y a restablecer la igualdad de velocidades en todos los ejes del tren, cosa que se logra de forma automática sin la intervención del maquinista. Con ello se consiguen corregir las posibles anomalías siguientes: bloqueo de ejes al frenar (caso especialmente crítico con motivo de frenadas de urgencia), patinaje de ejes al arrancar y arranque con ejes bloqueados. La acción correctora se logra haciendo actuar los areneros y los frenos de forma selectiva.

Como elementos auxiliares, los bogies de los coches motores van dotados de un par de areneros cada uno, con sus correspondientes eyectores de aire comprimido; van situados de forma que los chorros de arena (que pueden caer a voluntad del maquinista o bien automáticamente a partir de una orden del sistema antipatinaje) actúan siempre por delante del primer eje de cada coche motor de la UT según el sentido de la marcha. Asimismo, los bogies extremos de cada UT van provistos de engrasadores de pestaña en cada una de sus ruedas.

La conexión de los coches a masa (es decir, a la propia vía) para permitir el retorno de la corriente tomada por el pantógrafo se logra a través de los extremos de tres de los cuatro ejes de cada coche gracias a las respectivas tomas instaladas expresamente, pues las cajas de rodamientos van eléctricamente aisladas respecto al resto del coche.

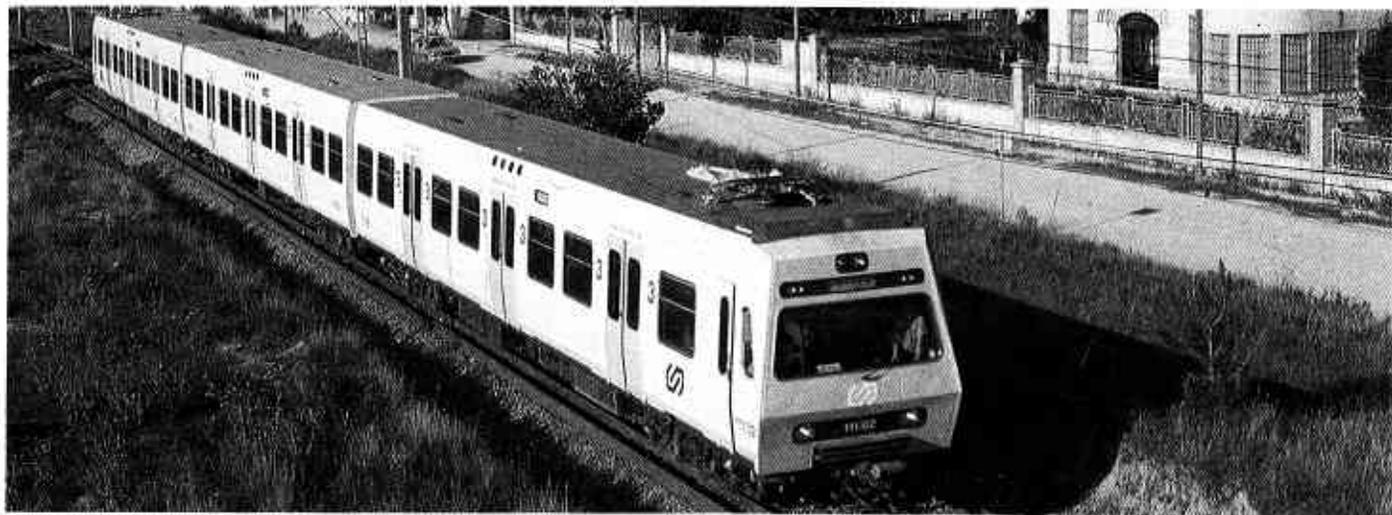
*(continuará)*

**Víctor Canosa**

miento se logra por medio de los respectivos cilindros neumáticos, los cuales van montados en el exterior de los laterales del bogie y transmiten su esfuerzo por medio de timonerías independientes a las respectivas mordazas. Además, cada rueda va equipada con una zapata de tipo convencional y de material sintético que forma bloque con un cilindro neumático independiente. Con este sistema combinado se asegura el correcto frenado de la unidad con el margen de garantía suficiente en las peores condiciones de carga y, sobre todo, de pendiente de la línea (piénsese que en la de «Catalunya i Sarrià» se llegan a alcanzar pendientes de has-

ta 44 milésimas). El esfuerzo de frenado se reparte aproximadamente a razón de 2/3 del total (regulable) en los discos y 1/3 (todo o nada) en las zapatas. Como freno de estacionamiento se ha previsto la adición de un sistema de muelles a uno de los cilindros de los frenos de disco de cada bogie; el frenado se logra en este caso por la acción directa de dichos muelles al faltar la presión de aire en el cilindro.

Todos los bogies motores llevan un equipo capaz de detectar las posibles situaciones anómalas de patinaje o bloqueo de los ejes a fin de poder actuar para corregirlas de inmediato. El sistema actúa a partir de un capta-



# LAS NUEVAS UNIDADES DE TREN PARA FGC (yII)

Se ofrece a continuación la segunda parte del extenso artículo iniciado en el número 5 de CARRIL y que finaliza en el que tienen en sus manos. Tal como se dijo hace tres meses, se incluye un resumen relativo al material de viajeros que en estos momentos circula por la línea de «Catalans» y que se verá sustituido en parte por estas nuevas unidades.

La composición 111.01-181.01-111.02 tras haber pasado por la estación de Peu Funicular, en un viaje especial de la «Associació d'Amics del Ferrocarril - Barcelona» realizado entre Sabadell y Barcelona. (Foto E. Ramírez).



## EQUIPO ELECTRICO

Tal como ya se ha indicado con anterioridad, sin duda alguna la característica más destacable del equipo eléctrico de que van dotadas estas UTs es la regulación de potencia de los motores de tracción por medio de «chopper», solución realmente poco conocida en nuestro país y que, evidentemente, contrasta con la tecnología hasta ahora conocida tanto en los talleres de Sarrià como en los de Martorell de FGC. La adopción de dicho sistema de regulación de potencia se ha llevado a cabo pensando sobre todo en la posibilidad de ahorrar la máxima energía durante los procesos de aceleración y frenado del tren (especialmente en los primeros), lo cual se logra al hacer desaparecer las clásicas resistencias conectadas en serie con los motores de tracción y mediante las cuales se logra limitar a voluntad la tensión entre bornes de estos últimos.

El funcionamiento de un «chopper» puede asimilarse al de un interruptor estático que se encarga en todo momento de hacer llegar a los motores (o a cualquier otro elemento consumidor de energía eléctrica) una tensión que, aunque siempre posee el mismo valor, es recortada regularmente en forma de impulsos de duración variable a voluntad. En el caso de las UTs que nos ocupan, a los motores de tracción les llegan, en los momentos en que son alimentados, 600 de dichos impulsos por segundo, valor que se mantiene fijo sea cual sea la potencia que se

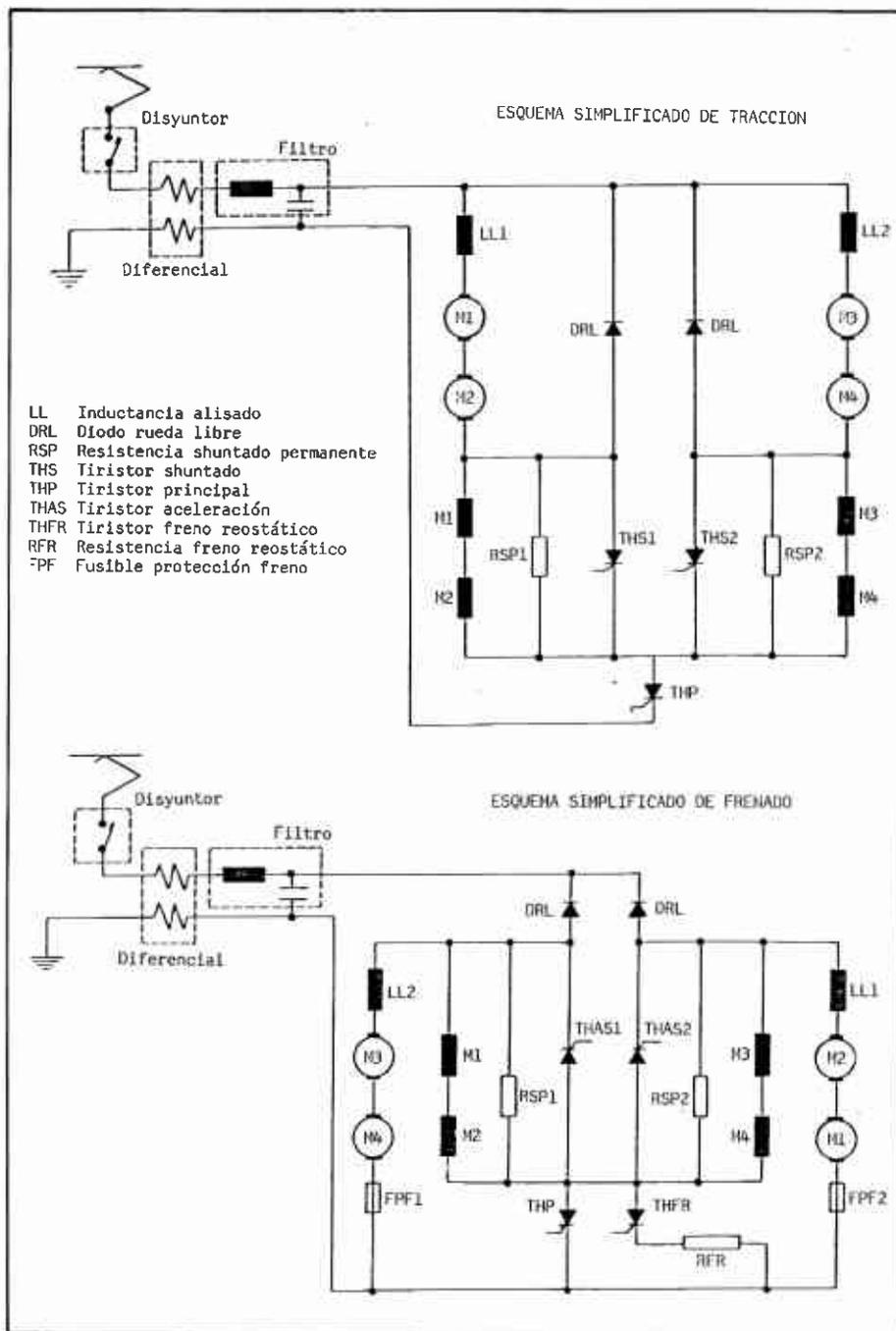
les solicita. La variación de dicha potencia se obtiene haciendo variar voluntariamente la duración de los citados impulsos desde un mínimo de cero (circunstancia en la que, evidentemente, no llega tensión a los motores) hasta un máximo igual a la duración de un período completo entre impulsos sucesivos. En este último caso se tendrá la condición de plena conducción del «chopper»; es decir, éste se comportará como si se hallara cortocircuitado y dejará pasar la corriente sin ningún obstáculo. Entre ambos extremos puede obtenerse una variación continua de la duración de los impulsos de tensión que proporciona el «chopper», con lo cual la gama de tensiones medias a que pueden alimentarse los motores es infinita.

Este sistema, que puede ser comparado con un transformador regulable continua-continua, posee determinadas ventajas frente al basado en el empleo de resistencias. Además del ya citado del ahorro de la energía eléctrica que lógicamente debe disiparse y perderse en las resistencias conectadas en serie con los motores durante los arranques, la posibilidad de variar la tensión media aplicable a los bornes de los mismos de una forma perfectamente continua y sin escalonamientos (cosa imposible con el uso de resistencias) permite obtener una gran suavidad en los arranques y en las frenadas (cuando se emplea el freno eléctrico), lo cual redundará en un mayor confort de los viajeros principalmente. Asimismo, el empleo de un «chopper» permite la eliminación de una

serie de elementos móviles tales como los contactores destinados a cortocircuitar las resistencias y que, lógicamente, se encuentran sometidos a desgastes. Por el contrario, todos los elementos que componen un «chopper» son estáticos (se trata básicamente de grupos de tiristores), siendo por tanto nulo el desgaste de los mismos.

En el caso que nos ocupa, los cuatro motores de tracción de que va provista cada UT van conectados en serie-paralelo. Es decir, los dos de un mismo coche van unidos entre sí en serie, uniéndose posteriormente en paralelo cada una de las dos ramas así obtenidas. Muy esquemáticamente, puede decirse que el conjunto anterior va conectado en serie con el «chopper» principal de la UT, alimentándose todo ello directamente con la tensión continua de catenaria (1200 o 1500 V según la línea). Con ello se logra la regulación de los cuatro motores por medio de un único «chopper», el cual se halla instalado bajo el piso del coche M<sub>1</sub> y es capaz de funcionar a pleno rendimiento entre 1000 y 1800 V y regular una corriente máxima de 1120 A. Dicho «chopper» principal es muy similar al que equipa a los coches del metro de Lyon, poseyendo en común con éste el sistema de refrigeración mediante la inmersión en freón, solución que evita la refrigeración forzada de los tiristores mediante aire.

La regulación del porcentaje de conducción del «chopper» (o sea, la relación entre el tiempo que dura un impulso determinado y el tiempo que transcurre entre el inicio de



Esquemas eléctricos simplificados de los circuitos de tracción y frenado de la UT. (Doc. FGC).

dos impulsos sucesivos) se realiza a través de un equipo electrónico auxiliar que recibe las órdenes correspondientes por medio del sistema de velocidad prefijada que, a su vez, es seleccionada por el maquinista actuando sobre el regulador de tracción y freno existente en cada cabina.

Además del «chopper» principal, existen otros dos «choppers» de shuntado (uno por cada rama de motores conectados en serie presente en cada uno de los coches motores de la UT) destinados a reducir el campo magnético de los inductores a velocidades

altas. Los «choppers» de shuntado se hallan normalmente en conducción plena hasta el momento en que el «chopper» principal alcanza dicha condición. Sólo a partir de entonces entran en funcionamiento, disminuyendo progresivamente la intensidad que circula por los motores a medida que la velocidad aumenta. A diferencia del «chopper» principal, que funciona a una frecuencia de 600 Hz, los de shuntado lo hacen a 200 Hz.

Lo hasta aquí expuesto se ha referido muy esquemáticamente al funcionamiento durante la fase de tracción. Sin embargo, du-

rante el frenado, y concretamente cuando éste se realiza por recuperación, el «chopper» principal es el encargado de regular la corriente que los motores (que entonces pasan a comportarse como generadores) devuelven a la catenaria. No obstante, el frenado por recuperación tiene un importante límite que no es otro que la presencia de otros trenes que, en aquel mismo momento, sean capaces de consumir la energía que el tren que está frenando es capaz de generar. En el caso de que no sea posible consumir una parte o la totalidad de dicha energía en esos otros trenes, entra automáticamente en acción el frenado reostático. En dicha circunstancia la energía sobrante generada durante el frenado pasa a disiparse en un conjunto de resistencias montadas bajo la plataforma del coche M<sub>2</sub>. En cualquier caso, para que entre en acción el frenado reostático, previamente ha de haber llegado hasta su límite máximo el frenado por recuperación, momento en que empezarán a encenderse los tiristores destinados a aplicar tensión a los bornes de las resistencias.

La captación de la corriente se realiza a través de dos pantógrafos situados encima de las cabinas de conducción. Éstos son de construcción Faiveley y de un solo brazo, siendo su accionamiento neumático. Están previstos para que la alimentación de la UT se realice empleando solamente uno de los dos, siendo incompatible la elevación de ambos pantógrafos simultáneamente.

Los principales elementos de protección de la UT están constituidos por los dos disyuntores extrarrápidos situados junto a los pantógrafos y ocupando un alojamiento sobre el techo interior de las cabinas de conducción. Cada uno de los dos disyuntores va conectado inmediatamente a continuación del respectivo pantógrafo y su misión consiste en desconectar la UT de la línea siempre que se produzca una sobretensión preligrosa o una avería del «chopper» principal; asimismo, los disyuntores disparan siempre que se abre uno cualquiera de los armarios de alta tensión. Su tiempo de ruptura es de 4 milisegundos y son de construcción Brown-Boveri.

A continuación se halla situado un filtro de entrada cuya misión consiste en atenuar las frecuencias perjudiciales que la catenaria podría llegar a transmitir al «chopper», así como las que éste podría emitir y que serían negativas para el funcionamiento de los circuitos de señalización de la línea. El filtro está formado esencialmente por una bobina y un condensador.

Otros elementos convencionales completan el equipo eléctrico, mereciendo ser destacado el combinador de tres posiciones destinado a seleccionar el tipo de servicio con que va a funcionar la UT: normal, de socorro o de maniobras.

Como elementos auxiliares del circuito de alta tensión, cada coche motor posee un generador de corriente alterna y otro de corriente continua, ambas a baja tensión. En el

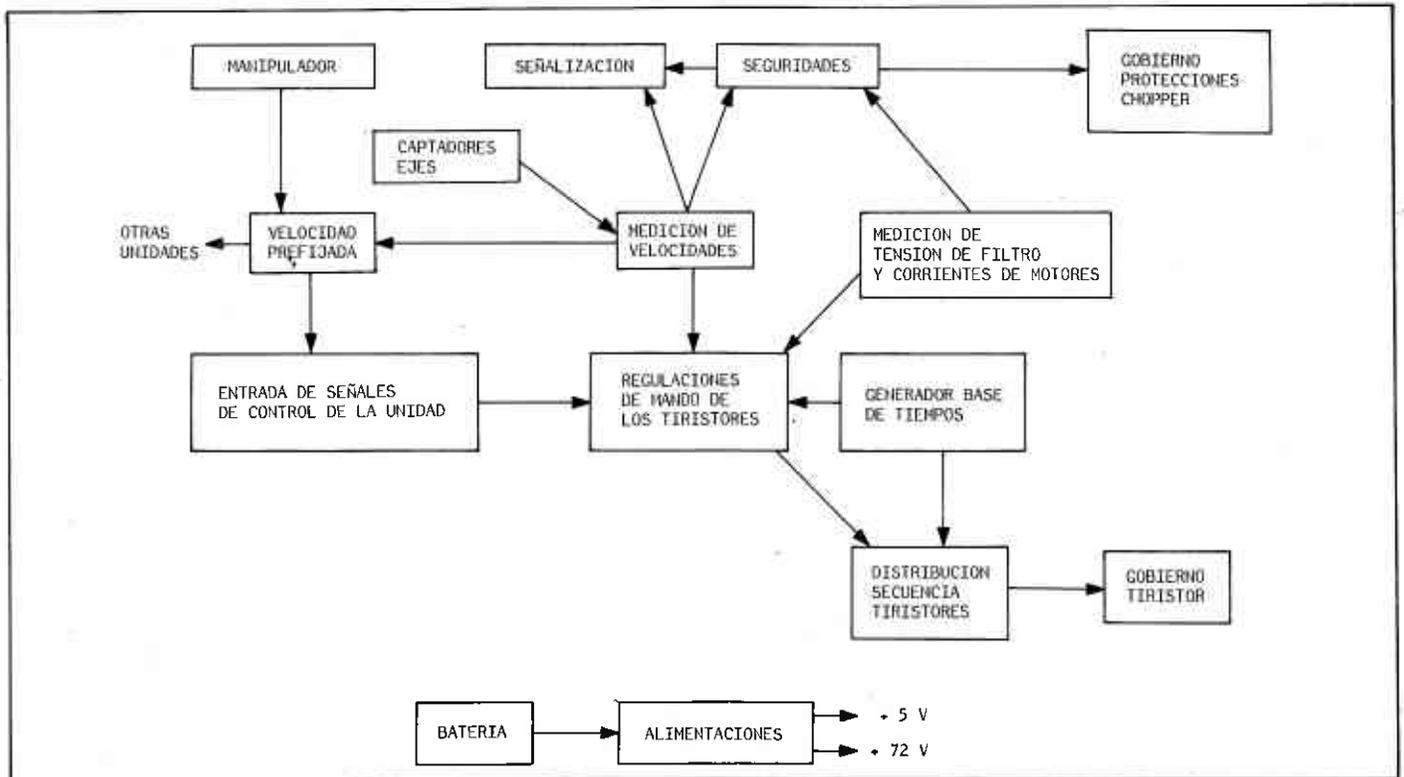
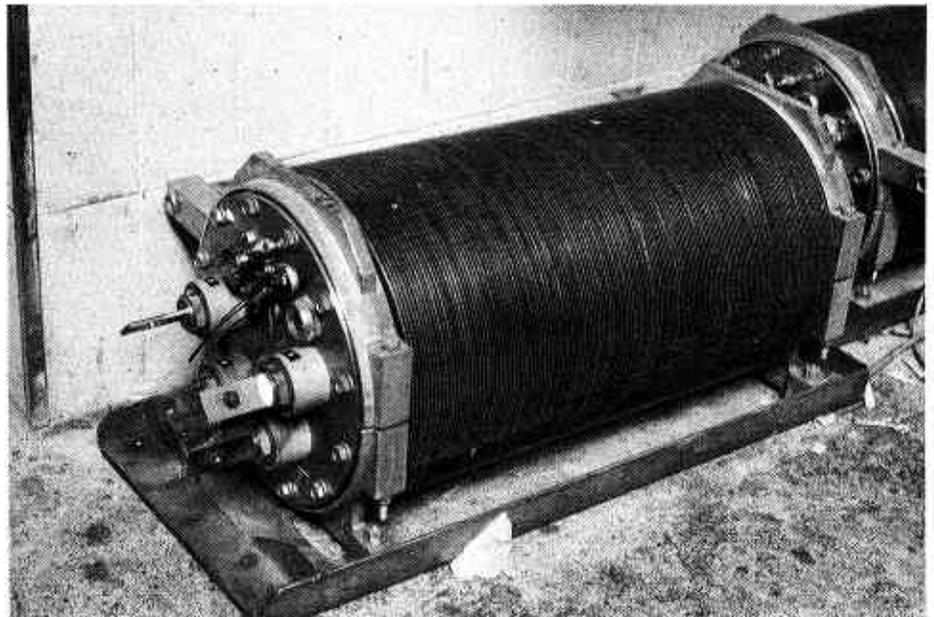
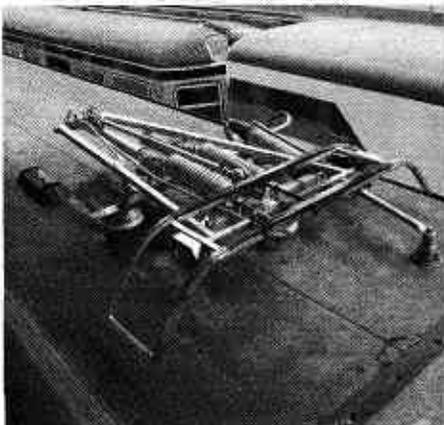


Diagrama en el que, de forma esquemática, puede verse el proceso de actuación del equipo electrónico de regulación. (Doc. FGC).

primer caso se trata de un ondulator que, alimentado a la tensión de catenaria y a través de un pequeño «chopper» propio, produce una tensión alterna de 220 V y 50 Hz destinada a alimentar el alumbrado del tren, los ventiladores del equipo renovador de aire y los de refrigeración del «chopper» principal y la bobina de filtrado. El generador de corriente continua de baja tensión es un convertidor estático que, con una alimentación y un principio de funcionamiento similares a los del ondulator, posee una fase final de rectificado de la corriente alterna a continua de 72 V; ésta se emplea para la alimentación de diversos circuitos auxiliares del equipo electrónico así como para la



Uno de los cilindros que integran el «chopper» y dentro del cual se encuentran los tiristores inmersos en freón. (Foto E. Ramírez)



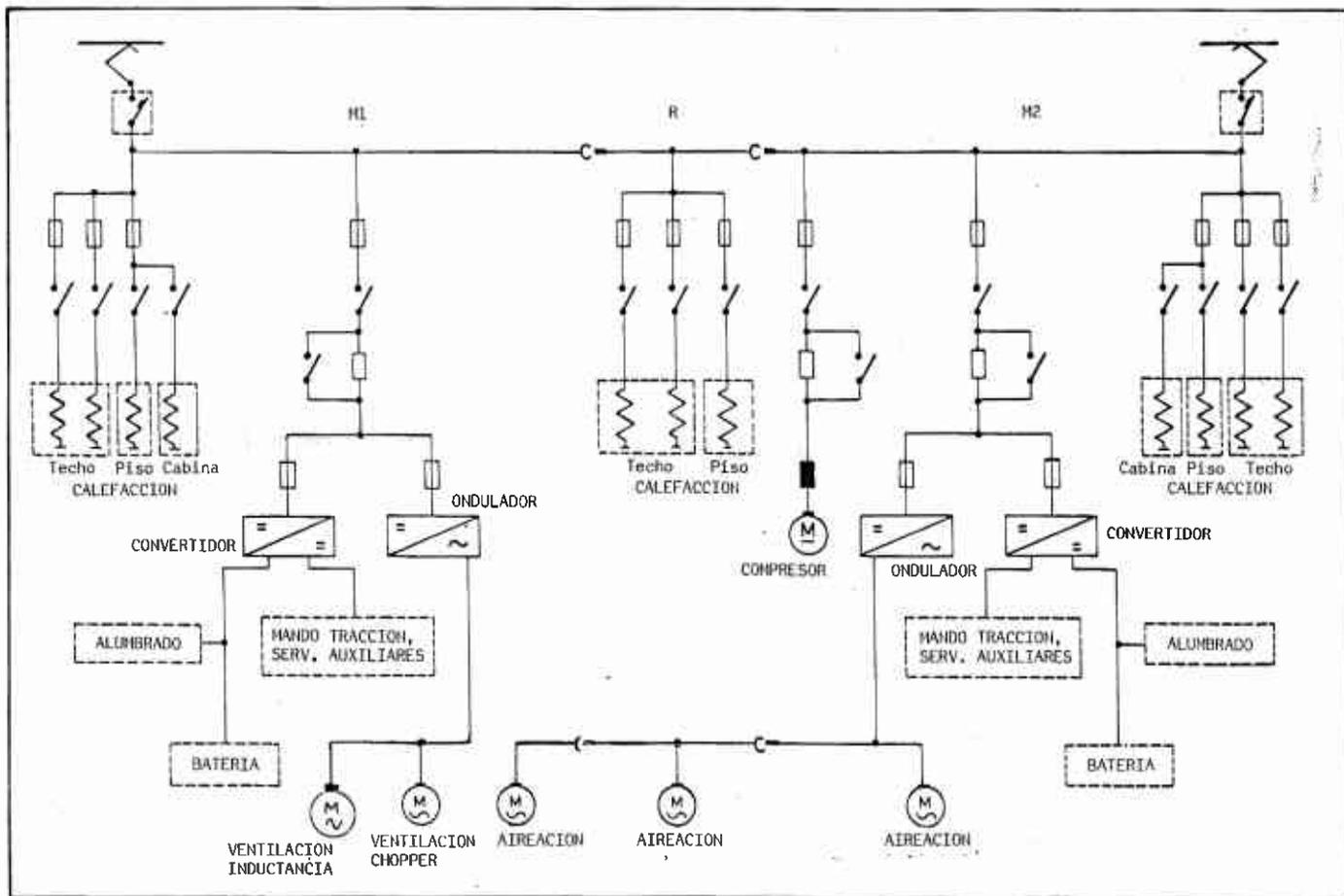
Vista de uno de los pantógrafos. (Foto VCN).

carga de las baterías; su potencia nominal es de 7,5 kW.

La alimentación de la calefacción y del alumbrado de los coches motores se realiza a partir de sus respectivos onduladores. Por su parte, la del remolque se lleva a cabo a partir de los equipos de estos últimos; la calefacción desde el coche M<sub>2</sub> únicamente,

mientras que el alumbrado es alimentado a partes iguales desde cada coche motor. Además, los convertidores alimentan los respectivos grupos de baterías existentes en cada coche motor.

Estas últimas son de níquel-cadmio y su capacidad nominal es de 45 Ah, siendo su tensión nominal de 72 V.



Esquema simplificado de los circuitos auxiliares. (Doc. FGC).

## EQUIPO NEUMÁTICO

Es el encargado de suministrar en cada momento a los diferentes elementos de la UT el caudal de aire comprimido que éstos precisan. Fundamentalmente, este equipo tiene por misión la alimentación del freno neumático de servicio, si bien se emplea asimismo para otros usos tales como el control del sistema de hombre muerto u otros servicios auxiliares.

El elemento básico del equipo neumático está constituido por el compresor principal con que va dotada la unidad y con el cual se alimentan la totalidad de los coches que la integran. Va instalado bajo el piso del coche M<sub>2</sub> y se alimenta a la tensión nominal de línea (1200 o 1500 V). Es de construcción Dimetal y su velocidad nominal es de 750 rpm, a la cual absorbe una potencia de 12 kW. Es capaz de suministrar un caudal de 1650 l/min a una presión máxima de 9 kg/cm<sup>2</sup>.

Además del citado compresor, existe otro auxiliar cuya misión consiste principalmente en suministrar el aire comprimido necesario para la elevación de los pantógrafos tras una inmovilización prolongada de la UT, y como consecuencia de la cual se haya producido una descarga de los calderines. Para ello el compresor auxiliar se alimenta a partir de la

tensión de 72 V de las baterías, estando instalado en el coche M<sub>1</sub>. La potencia del mismo es de 1 kW a la velocidad nominal de 2000 rpm. Puede proporcionar una presión máxima de 8 kg/cm<sup>2</sup>, con un caudal de 123 l/min. Al igual que el principal, es de construcción Dimetal.

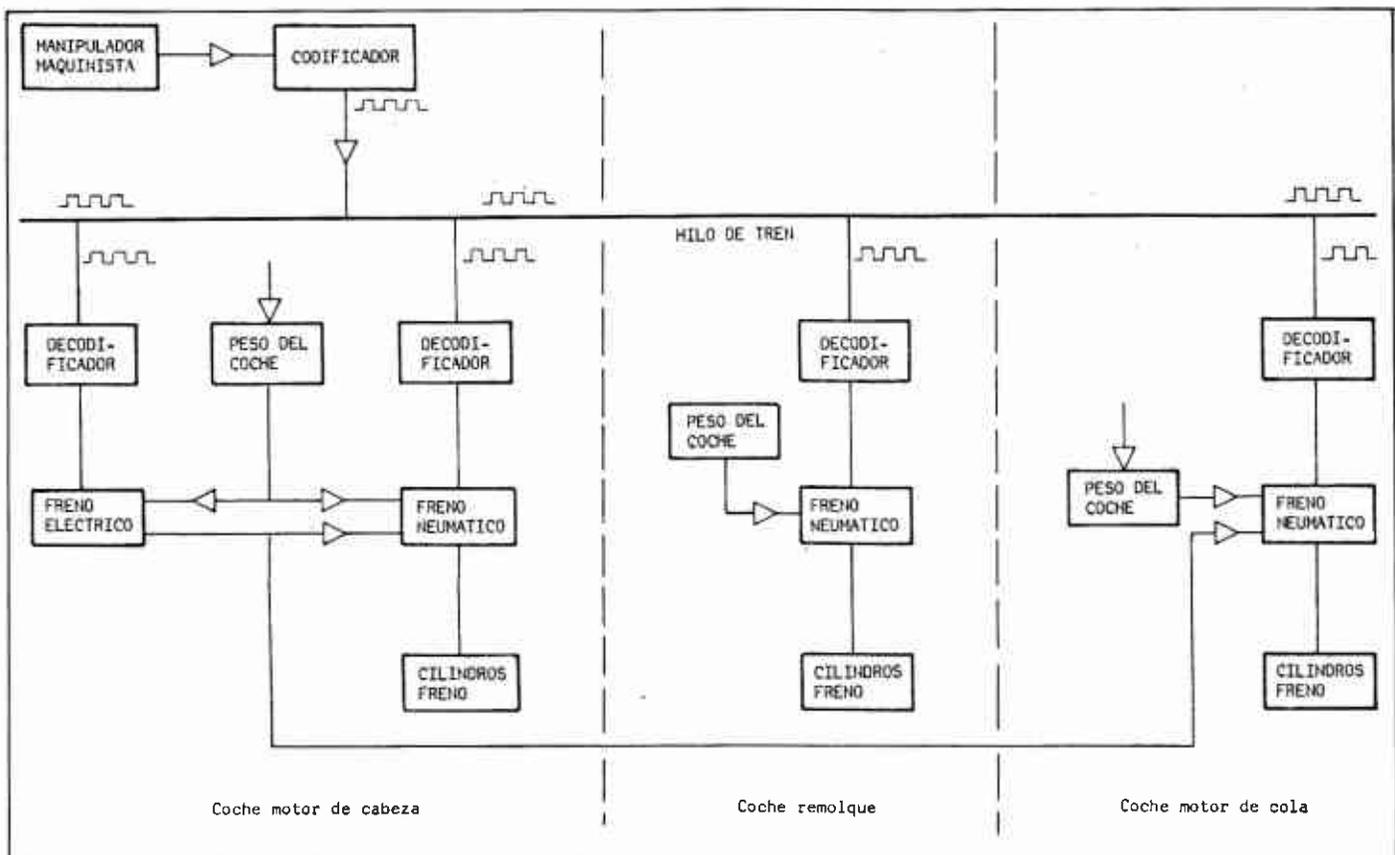
El freno neumático de servicio actúa simultáneamente en todos los coches de la UT y su regulación es electrónica a partir del mando de velocidad prefijada. La actuación del mismo va coordinada con la del freno eléctrico (de recuperación y reostático), quedando encomendada al freno neumático la misión de completar el esfuerzo de frenado proporcionado por aquél en el caso de que sea insuficiente frente al que le exige el maquinista, así como la de asegurar por sí solo el frenado del tren a velocidades bajas, a las cuales el freno eléctrico posee un efecto relativamente bajo. Asimismo, en caso de fallo del freno eléctrico, el neumático se encarga de aplicar por sí solo la totalidad del esfuerzo de frenado, realizándose la conmutación pertinente de forma completamente automática y sin la intervención del maquinista.

En el caso de una frenada de emergencia, el freno neumático es el único que actúa. Cuando ello sucede, éste se encarga de imprimir al tren una deceleración de 1,3 m/s<sup>2</sup>

(la máxima admisible), sin que en ese caso actúe el sistema antibloqueo.

Como ya se dijo al hablar de los bogies, el esfuerzo de frenado se aplica por medio de un total de tres cilindros por eje. Dos de ellos actúan sobre sendas zapatas y el restante lo hace sobre un par de mordazas que comprimen el respectivo disco.

El paso del aire comprimido de un coche a otro se realiza a través de los enganches, los cuales (tanto en el caso de los semipermanentes entre coches como en el de los automáticos extremos de cada UT) llevan incorporadas las conducciones y juntas de unión correspondientes. Dichas conducciones sirven únicamente para la alimentación de los calderines de aire comprimido de los diferentes coches y no para la regulación del esfuerzo de frenado de los mismos. Ésta se logra a través de una señal eléctrica periódica en forma de impulsos que se transmite a todos los coches a través de un conductor que recorre la composición de un extremo a otro de la misma (hilo de tren). La potencia de frenado viene determinada por la anchura o duración de los citados impulsos eléctricos, siendo el equipo electrónico propio de cada coche el que se encarga de decidir cuál debe ser la presión a aplicar en cada cilindro de freno en función de variables tales como



Esquema explicativo del proceso seguido durante la fase de frenado del tren. (Doc. MTM).

el peso de cada coche, todo ello siempre según la deceleración deseada por el maquinista. La seguridad necesaria se logra gracias a la continuidad del hilo de tren; en caso de que éste quede interrumpido (por ejemplo, por un corte de la composición), el freno actúa de manera automática y de una forma similar a cuanto ocurre en el caso de un freno continuo de aire comprimido o vacío de tipo clásico.

Como ya se ha dicho, además del freno, el equipo neumático alimenta también a otros elementos de la UT. Entre ellos deben citarse los mecanismos de apertura y cierre de puertas, constituidos básicamente por un pequeño cilindro que, a través de una correa, acciona simultáneamente las dos hojas de una misma puerta. Todo el mecanismo, regulado a través de electroválvulas, va situado por encima de la respectiva puerta, pudiendo ser accionado tanto por el maquinista como por los viajeros. Para que puedan abrirse o cerrarse las puertas en caso de avería o simplemente como emergencia, se han previsto las correspondientes llaves de accionamiento manual que se hallan al alcance de los viajeros en todas ellas.

También la suspensión se alimenta a partir del compresor principal, tal como se vio al hablar de los bogies. En efecto, a través de

las correspondientes válvulas se regula la presión del aire existente en los dos balones de cada bogie, todo ello con el fin de conseguir una altura constante de la caja independientemente de la carga del coche.

Finalmente, citaremos el resto de elementos accionados mediante aire comprimido y

que son los silbatos (de los cuales existen dos de tonos distintos en cada extremo de la UT), los espejos retrovisores, los pantógrafos y los areneros. Estos últimos, instalados en los bogies motores, van mandados por medio de unas válvulas que pueden ser accionadas a voluntad por el maquinista o



Aspecto parcial de los asientos. (Foto P. Borrás).

bien de forma automática a través de las órdenes recibidas desde el equipo antibloqueo y antipatinaje.

## DISPOSICIÓN INTERIOR

Interiormente el espacio de cada uno de los coches, en todas sus versiones, se reparte a razón de tres plataformas a las cuales se accede desde los andenes por medio de las correspondientes puertas de doble hoja. Los espacios delimitados por las plataformas o por éstas y los testeros van ocupados por grupos de cuatro asientos, enfrentados dos a dos, distribuidos simétricamente a uno y otro lado de un pasillo central. Los citados grupos de asientos, de los cuales siempre existen dos por lado entre plataformas consecutivas, se hallan situados en correspondencia con las ventanas laterales de los coches y su número varía según el tipo de los mismos, siendo distinto para cada una de las cuatro versiones. La cantidad de asientos varía pues desde los 48 para los coches motores de vía estrecha hasta los 64 para los remolques de vía ancha. La separación entre las plataformas y los espacios dotados de asientos se logra por medio de mamparas de cristal, junto a las cuales se hallan montadas barras, tanto en dirección vertical como horizontal, destinadas a permitir la sujeción a quienes viajan de pie.

Los asientos, que van dotados de apoyacabezas rígidos, son todos ellos mullidos y van forrados con tela de color marrón claro. En las esquinas de los respaldos situados junto al pasillo central existen asideros destinados a los viajeros de pie. Todos los

asientos van dotados de apoyabrazos, siendo abatible el que va situado entre dos de ellos. Para cada grupo de cuatro asientos existe un exiguo cenicero que va empotrado en la pared lateral. No se han instalado papeleras en ningún punto, hecho que, junto con las reducidas dimensiones de los ceniceros, dejará posiblemente sentir su efecto negativo en el estado de limpieza del coche.

Por encima de los asientos se han instalado parrillas portapaquetes formadas por perfiles de aluminio y con capacidad suficiente.

El piso del coche está recubierto con losetas incombustibles que descansan sobre un emplanchado de madera de 12 mm de espesor. Es de color marrón y el material de que están realizadas impide su punzonado.

Los laterales y el techo, para los cuales se han empleado preferentemente piezas moldeadas de plástico, son de color beige claro, con lo cual se consigue mantener un alto nivel de luminosidad interior.

La iluminación se logra íntegramente a base de tubos fluorescentes, los cuales van montados longitudinalmente, aunque en posiciones algo distintas según se hallen en las plataformas o en las zonas de asientos. En su parte inferior van dotados de emparillados difusores de la luz. Los puntos de luz situados en las plataformas son los correspondientes al alumbrado de socorro; van alimentados a través de las baterías y, como se ha dicho, son asimismo fluorescentes.

La renovación del aire en el interior de la UT se logra gracias a un sistema de ventilación forzada. Consta de un total de dos ventiladores por cada coche, que se hallan situados en el doble techo y encima de las plataformas extremas, alimentando cada uno

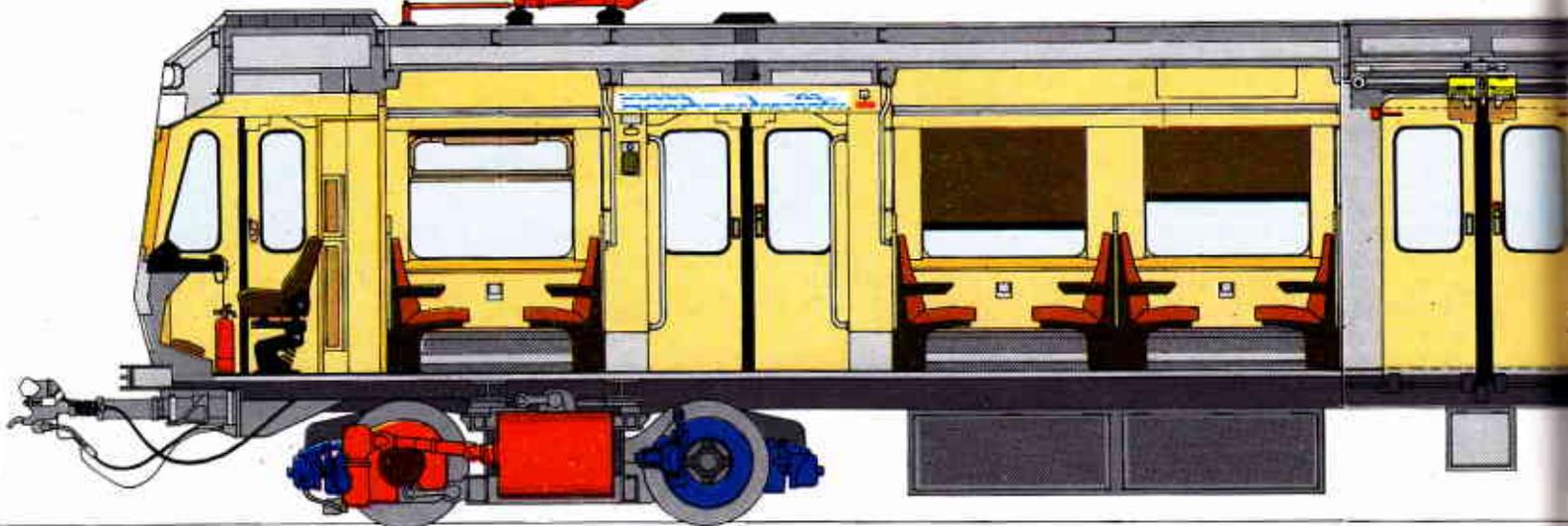
de ellos a dos difusores de aire. En los coches motores, un difusor adicional se halla situado en la cabina de conducción a fin de proceder a la renovación independiente del aire de la misma. La alimentación de los ventiladores se logra a través de unas canalizaciones instaladas en el doble techo y que toman el aire del exterior a partir de las aberturas ovaladas situadas en el exterior de la caja del coche y encima de las puertas centrales. Un total de cuatro ventiladores estáticos instalados en el techo completan el sistema de renovación de aire de cada coche.

La calefacción del departamento de viajeros se logra bien a través del sistema de renovación de aire, para lo cual en el circuito correspondiente se hallan instaladas las resistencias calefactoras apropiadas, o bien por medio de radiadores eléctricos situados longitudinalmente en el ángulo formado por el piso y los laterales del coche, bajo los asientos. En ambos casos, la regulación se realiza a partir de un cuadro de mandos situado en uno de los armarios de aparatos instalados en las cabinas de conducción, pudiéndose regular la temperatura interior hasta un máximo de 22°C. El equipo de calefacción es de construcción Stone.

Como ya se dijo al hablar de las cajas, las ventanas tan sólo pueden abrirse en una tercera parte de su superficie total, concretamente la situada en su parte superior. El movimiento de apertura se logra haciendo pivotar la hoja móvil unos 30° hacia el interior, con lo cual se obtiene una abertura que, a primera vista, se nos antoja insuficiente para una ventilación natural del coche. A ello debe añadirse el hecho de que la apertura tan sólo se puede realizar empleando una llave de cuadrado (no existen pestillos de origen), por lo que las ventanas no son manipulables por los viajeros. El motivo de que todo ello sea así se debe al hecho de que en un principio FGC previó dotar a todas las UTs con equipos climatizadores, si bien éstos no se incluyeron en el proyecto original.



Sección esquemática de un coche motor. (Doc. FGC).



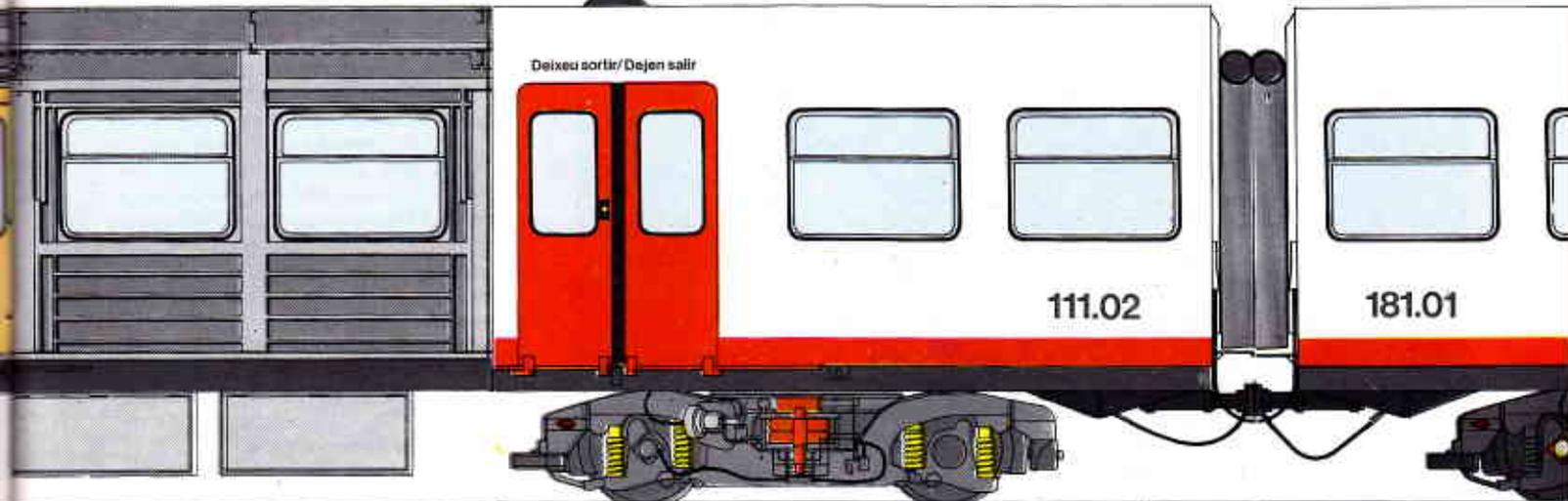
Para ello y a fin de dejar abierta dicha posibilidad para un futuro, se previeron unos espacios vacíos situados encima de las plataformas centrales de los coches y bajo el piso de los mismos, destinados a la posterior instalación de los diversos componentes tales como intercambiadores o compresores. Recientemente, FGC ha decidido por fin de forma definitiva la compra e instalación de los citados equipos climatizadores (de construcción Stone), los cuales se irán montando progresivamente en todas las UTs, tanto construidas como por construir. Mientras tanto y de forma eventual, en las unidades en servicio se incorporarán pestillos en las ventanas a fin de permitir su apertura o cierre por los propios viajeros.

Por su parte interior, cada ventana va provista de una cortinilla parasol que, cuando no se emplea, queda arrollada por encima de la misma; con las ventanas abiertas, las cortinillas no pueden bajarse pues tropiezan con la hoja abatible de la propia ventana.

Las puertas laterales de acceso, como se ha comentado, deben ser accionadas por los propios viajeros para conseguir su apertura, tanto desde el interior como desde el exterior; para ello, el maquinista debe accionar previamente el mando correspondiente destinado a autorizar la maniobra. Asimismo, desde la parte interior los viajeros pueden proceder al cierre de las mismas en cualquier momento. Para todos los casos existen los respectivos pulsadores instalados en los montantes centrales de las propias puertas. Antes de arrancar el tren, debe ser el maquinista quien dé la orden de cierre accionando el pulsador correspondiente situado en la cabina. En ese caso, unos tres segundos antes de que se inicie el movimiento de cierre, suena un zumbador intermitente que avisa a los viajeros de la inminencia del mismo. Todas las hojas de las puertas están provistas de dispositivos de final de carrera que; en el caso de que alguna de ellas no quede completamente cerrada, impiden el arranque del tren (salvo que se accione el



Detalle de una de las puertas desde el interior. Se observan los pulsadores de apertura y cierre, el tirador del freno de alarma y el mando de apertura de emergencia, este último en la parte superior derecha. (Foto VCN)



correspondiente mando de desenclavamiento situado en la cabina y que normalmente debe hallarse precintado). Sobre cada puerta se halla el respectivo mando para su apertura de emergencia.

Interiormente, el departamento destinado a los viajeros va dotado de la instalación de megafonía que permite la difusión de mensajes procedentes tanto de la cabina de conducción como del puesto de mando central a través del equipo de comunicación por radio tren-tierra.

En las dos plataformas extremas de cada coche se hallan situados los tiradores del freno de alarma para los viajeros. En caso de que, en el momento de tirar de uno de ellos, el tren circule a menos de 10 km/h, éste se detendrá inmediatamente tras entrar en funcionamiento el freno de emergencia. Por el contrario, si el tren circula por encima de dicha velocidad, al accionarse el freno de alarma simplemente se produce un aviso al maquinista, el cual puede ponerse en comunicación con el viajero que tiró de la misma a través de un interfono situado junto al propio tirador; en ese caso, será el maquinista

quien tome la decisión de detener o no el tren.

La intercomunicación entre los coches de una misma UT es posible gracias a la existencia de las correspondientes puertas situadas en los testeros. El espacio entre coches consecutivos va protegido convenientemente mediante burletes de caucho. Sin embargo, la intercomunicación tan sólo será accesible para los viajeros de la línea de «Catalans»; en efecto, las curvas y contracurvas de radios extremadamente reducidos existentes en ciertos puntos de la línea de «Catalunya i Sarrià» han desaconsejado totalmente dicha posibilidad debido al peligro que podría representar para los viajeros la desalineación de los coches.

Además, en la línea de «Catalunya i Sarrià» se ha establecido de momento una división por clases, habiendo sido rotulados los coches M<sub>1</sub> como de 2.ª y el resto como de 3.ª, no existiendo diferencia alguna en los acabados interiores. No obstante, esta situación pronto desaparecerá al quedar establecida la clase única en dicha línea (servicio suburbano concretamente, pues en el urba-

no ya existe), hecho que se producirá al eliminarse definitivamente los asientos de madera que aún existen en algunos coches de las series 500 y 800.

Se ha previsto que todos los coches remolques y una parte de los M1 sean rotulados como destinados a no fumadores, siendo para fumadores los dos motores.

Finalmente, diremos que FGC ha decidido recientemente dotar a algunas de las cinco UTs para «Catalans» de un pequeño departamento furgón destinado al transporte del correo. Aunque la forma definitiva de dicho departamento no ha sido decidida, sí existe la intención de que ocupe el espacio situado entre la cabina de uno de los coches motores y la plataforma inmediata, espacio que en el resto de los coches motores va ocupado por un total de ocho asientos.

## CABINA Y SISTEMA DE CONDUCCIÓN

La UT consta de un total de dos cabinas para su conducción, situadas a razón de una por cada coche motor, en el extremo libre de los mismos y ocupando la anchura total del propio coche. El acceso a la cabina se logra bien a través de una puerta pivotante desde el departamento de viajeros o bien a través de dos puertas correderas-desplazables situadas a ambos lados y que permiten el acceso directo del maquinista desde el andén; no existe puerta frontal. Por su parte posterior, la cabina queda cerrada por un tabique de madera ignífuga que la separa del departamento de viajeros.

La distribución interior de la cabina es relativamente simple y, básicamente, está ordenada de manera que permite una buena accesibilidad del maquinista a todos los mandos y elementos de control, así como una excelente visibilidad en especial hacia adelante. El maquinista va situado en posición central sentado en un asiento regulable, siendo necesario el uso de este último durante la conducción normal. Frente al asiento, e inmediatamente por debajo del parabrisas frontal, se halla el pupitre en el que van situados los mandos principales para la conducción del tren, extendiéndose aquél de lado a lado de la cabina. En la parte posterior de la misma, y situados detrás del asiento del maquinista y a ambos lados del mismo, se encuentran dos armarios en los cuales van alojados diversos elementos de mando y control, cuya frecuencia de manipulación u observación hace posible su colocación en lugares algo menos accesibles que el pupitre. Finalmente, en la parte superior frontal existe un panel en el que figura una serie de indicadores luminosos destinados a la localización de averías.

En su conjunto, la distribución de la cabina logra un espacio interior en la misma relativamente amplio y en el que no sólo la visibilidad, sino también la movilidad del personal, es relativamente buena.

El sistema de conducción de la UT es relativamente simple, en especial si se lo compara

Vista general del interior de la cabina de conducción. (Foto P. Borrás).



con el sistema clásico que poseen los automotores eléctricos de ambas líneas de FGC, siendo compatible con la instalación de un equipo de conducción automática. Este último, cuya instalación se halla en estos momentos prevista por parte de FGC, permitiría la realización, sin intervención alguna por parte del maquinista salvo la orden inicial de arranque del tren, de todas las operaciones de aceleración, mantenimiento de la velocidad adecuada en cada punto, frenado, apertura de puertas, etc. Todas ellas se realizarían teniendo en cuenta en cada instante las características propias de cada tramo de línea, tales como velocidad máxima autorizada, pendiente, lado de los andenes, ocupación de cantones de bloqueo, etc.<sup>(8)</sup>.

La conducción del tren en servicio normal se realiza básicamente por medio de un mando único que es el regulador de tracción y frenado, elemento con el cual pueden controlarse ambas funciones indistintamente. Su accionamiento se lleva a cabo con la mano izquierda y posee un movimiento rectilíneo en dirección longitudinal, correspondiendo la parte delantera de su recorrido (es decir, la más alejada del cuerpo del maquinista) a tracción, mientras que la trasera es la de frenado.

Gracias a los equipos electrónicos de control de que va provista la UT, las diferentes posiciones de la zona de tracción del regulador (que realiza las funciones del clásico «controller») corresponden a puntos de *velocidad prefijada* del tren, contrariamente a los que sucede con un sistema tradicional, según el cual a cada punto le corresponde una determinada tensión entre bornes de los motores de tracción. Con el sistema de velocidad prefijada, una vez el maquinista ha situado el regulador en la posición deseada (es decir, ha seleccionado una velocidad de marcha), el equipo electrónico se encarga de impartir las órdenes necesarias para que sea aplicada a los motores de tracción la tensión media necesaria en cada momento, a fin de alcanzar y mantener dicha velocidad. De forma similar y en caso de que así se requiera, dicho equipo actúa sobre el freno a fin de que la velocidad prefijada no sea rebasada (por ejemplo, en el caso de que se circule por un tramo descendente o de que se desee reducir la velocidad de marcha). En resumen, se logra que la velocidad seleccionada por el maquinista (o eventualmente por el sistema de conducción automática si existe) se mantenga constante automática e independientemente de la pendiente de la línea o de la carga del tren. Lógicamente, dicha velocidad quedará limitada en el momento en que se alcance la potencia máxima desarrollable por los motores.

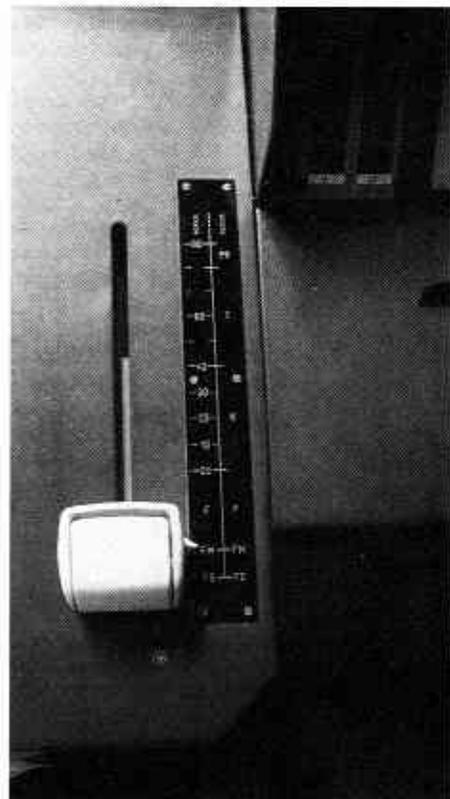
Tal como se ha dicho, con el regulador puede accionarse asimismo el freno de la UT. En este caso, el esfuerzo de frenado (y, por tanto, la deceleración del tren) serán

función de la posición que ocupe la empuñadura del propio regulador dentro de la zona de frenado de su recorrido. En funcionamiento normal, con el regulador se accionan de forma coordinada los frenos eléctrico y neumático. El primero es el que actúa normalmente para decelerar el tren, aunque, en caso de que por sí solo no sea capaz de proporcionar el esfuerzo requerido por el maquinista, se verá auxiliado de forma automática por el freno neumático. Asimismo, cuando la velocidad del tren desciende por debajo de un cierto valor (en torno a 10 km/h) a partir del cual el freno eléctrico posee un efecto muy reducido, este último deja de actuar, pasando a encomendarse el frenado del tren exclusivamente al freno neumático. Todo ello se realiza de manera totalmente automática gracias al equipo electrónico de control de frenado, no debiendo actuar el maquinista sobre ningún mando que no sea el regulador.

Las diversas posiciones de que dispone este último a lo largo de todo su recorrido lineal son las siguientes (para servicio normal de la UT):

- Una zona de tracción o marcha (que, como se ha dicho, es la más alejada del cuerpo del maquinista). Corresponde aproximadamente a 2/3 del recorrido total y va desde un punto marcado 00 (velocidad nula) hasta el extremo delantero (marcado 90 y al que corresponde dicha velocidad expresada en km/h). Los puntos situados entre los dos citados corresponden a velocidades proporcionales al recorrido de la empuñadura del regulador.
- Una zona de frenado, situada inmediatamente por detrás de la de tracción y que va desde el citado punto 00 hasta otro marcado FM, correspondiendo a este último el esfuerzo de frenado máximo. Los puntos situados entre los dos anteriores corresponden lógicamente a esfuerzos de frenado intermedios.
- Un punto marcado FS que se halla en el extremo posterior del recorrido del regulador, una vez rebasada toda la zona de frenado, y que es un punto muerto en el cual hay que situar siempre el regulador antes de iniciar la marcha. Asimismo, si durante el funcionamiento normal de la UT en marcha se lleva el regulador a la posición FS, se produce la aplicación del freno de socorro.

Muy resumidamente, lo hasta aquí descrito es cuanto ocurre en el caso de la conducción de la UT en servicio normal. No obstante, en caso de avería del «chopper» es posible desconectar éste y proseguir la marcha en servicio de socorro, regulando entonces la potencia de los motores de tracción a través de las resistencias de frenado que posee la UT en su coche M<sub>2</sub>, es decir, según el sistema tradicional. Para ello debe accionarse



*El regulador de tracción y frenado. Puede apreciarse la escala que indica las diversas posiciones del mismo; la parte izquierda de la misma se refiere a la marcha durante el servicio normal, mientras que la parte derecha es válida para el servicio de socorro. (Foto VCN).*

el correspondiente conmutador y actuar sobre el regulador de una forma algo distinta a la anteriormente descrita. En efecto, para conseguir la progresión de puntos de marcha (o sea, el aumento progresivo de la tensión en motores), debe situarse el regulador entre los puntos 80 y 90, deteniéndose aquélla cuando este último se lleva a cualquier de los puntos situados entre el 40 y el 80. Si se quiere invertir la progresión del combinador, debe llevarse el regulador a la zona entre 10 y 40. Con ello es posible continuar un viaje con el único inconveniente de una cierta brusquedad en las aceleraciones, hecho inexistente cuando se halla en funcionamiento el «chopper», con el cual se consigue una extraordinaria suavidad en los arranques. Otra de las limitaciones que se presentan durante la marcha en socorro es la de la disminución de la velocidad máxima del convoy. Asimismo, en este caso tan sólo actúa el freno neumático, quedando desconectado el eléctrico; el accionamiento del mismo a través del manipulador es similar al que debe realizarse en servicio normal.

Finalmente citaremos la tercera de las modalidades de servicio que posee la UT y que es la destinada a maniobras de los coches motores aislados. Al hablar de las caracterís-

<sup>(8)</sup> CARRIL 4 («Modernización en marcha»).

ticas generales de la UT se ha dicho que, salvo casos excepcionales, la composición  $M_1$ - $M_2$  era indivisible ya que los equipos van repartidos entre los dos coches motores. En efecto, el «chopper» principal va montado en el coche  $M_1$ , mientras que las resistencias de frenado se encuentran en el  $M_2$ , empleándose dichos elementos para la totalidad de los cuatro motores de la UT cuando ésta funciona en servicio normal. Sin embargo, a fin de que los coches motores  $M_1$  y  $M_2$  puedan moverse ocasionalmente aislados por depósitos y talleres, se ha previsto la posibilidad del citado servicio de maniobras. En este caso, el coche  $M_1$  aprovechará el «chopper» para moverse aislado, mientras que el  $M_2$  empleará las resistencias de frenado para ello, de forma similar a como lo hace en servicio de socorro. En ambos casos tan sólo puede emplearse el freno neumático. La conducción en servicio de maniobras se realiza igualmente por medio del regulador de marcha y freno, si bien en unas condiciones diferentes de las del servicio normal. En efecto, para el coche  $M_1$  la zona de marcha continúa siendo la misma, pero la velocidad prefijada queda dividida por diez; es decir, el coche puede circular gobernado por el «chopper» entre 0 y 9 km/h, quedando inalterada la zona de frenado. Por su parte, en el coche  $M_2$ , cuya velocidad máxima queda asimismo limitada en ese caso, debe manipularse el regulador de forma similar a como se realiza en el caso del servicio de socorro; ello supone la progresión del combinador entre los puntos 80 y 90 (zona marcada PR), la detención de la misma en la zona situada entre los puntos 40 y 80 (zona marcada T) y la inversión de la progresión cuando el regulador se sitúa entre 10 y 40 (zona marcada N); el frenado se logra, igual que en el coche  $M_1$ , exclusivamente a base de aire comprimido.

Un conmutador general paro-marcha debe ser accionado necesariamente para poder actuar sobre el resto de mandos de la cabina en que se halla, debiéndose emplear para su desenclavamiento la llave correspondiente. Junto al mismo se halla el conmutador del inversor del sentido de marcha, dotado de posiciones adelante, neutro y atrás. Un conmutador de freno de urgencia, en forma de la clásica seta característica de los cuadros eléctricos, permite la aplicación del freno en su máxima potencia al ser presionado; su posición y su color rojo facilitan su inmediata localización y accionamiento en casos de emergencia, dando lugar en estos casos tan sólo a la actuación del freno neumático, tanto en los discos como en las zapatas.

Diversos pulsadores situados sobre el pupitre permiten actuar sobre elementos tales como los areneros, el pantógrafo, el disyuntor, las puertas, el alumbrado exterior e interior, la calefacción-ventilación, el sistema antivaho del parabrisas, el limpiaparabrisas, los retrovisores, etc.

Un sistema de comunicaciones posibilita

la intercomunicación entre cabinas o bien entre éstas y los viajeros, siendo asimismo posible la relación tren-tierra por radio entre el convoy y el puesto de mando. En este último caso puede establecerse tanto la comunicación entre el maquinista y el puesto de mando como la difusión de mensajes directamente desde éste a los viajeros a través del sistema interior de megafonía del tren.

El equipo de aparatos de control está formado por un tacómetro, un amperímetro (consumo de los motores del coche en que se halla) y un voltímetro (tensión de línea), ambos con lecturas analógicas y digital simultáneas, un par de manómetros y una pantalla con indicadores luminosos que informan al maquinista del funcionamiento de diversos elementos (disyuntores, hombre muerto, alarma, freno de estacionamiento, puertas, megafonía, etc.), así como de posibles averías.

Todo lo hasta aquí citado se halla localizado en el pupitre de mando. Sin embargo, por encima del parabrisas existe una pantalla formada por indicadores luminosos que advierten al maquinista de la existencia de posibles averías graves. Junto a ella se encuentra el mando de nueve posiciones que permite seleccionar, de forma simultánea y automática, el rótulo que debe aparecer en la totalidad de los indicadores de destino situados en el exterior de los coches.

Para las averías leves se ha previsto una segunda pantalla, similar a la anterior pero ubicada en uno de los armarios situados detrás del asiento del maquinista. Asimismo, en dichos armarios se hallan los mandos del equipo de ventilación y calefacción, así como los de baterías, compresores, selección del tipo de servicio (normal, socorro o maniobras), etc.

Bajo el pupitre se encuentran un extintor y un espacio reservado al botiquín. Asimismo, en dicha zona se halla el radiador de calefacción de la cabina.

Finalmente, diremos que la UT va provista de un sistema de hombre muerto destinado

a ser accionado por el maquinista bien a través de un pulsador integrado en la empuñadura del regulador o bien mediante un pedal situado bajo el pupitre. Uno u otro deben ser apretados y aflojados periódicamente siguiendo un determinado ciclo a fin de obtener un funcionamiento normal de la UT. En caso de que se rebasen los tiempos de reacción por parte del maquinista establecidos en dicho ciclo, suena un avisador acústico en la cabina y, si el pulsador o el pedal no son maniobrados adecuadamente, actúa de inmediato el freno neumático con su máxima potencia a fin de inmovilizar el tren.

## LA PUESTA EN CIRCULACIÓN

No desearíamos finalizar sin dedicar algunos comentarios al tema de la recepción y entrada en servicio de estas nuevas unidades de tren en ambas líneas de Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya. Como ya se dijo al principio, el actual primer pedido contempla la adquisición de un total de 25 UTs de tres coches, de las cuales 20 van destinadas a la línea de «Catalunya i Sarrià» y las otras 5 a la de «Catalans». El programa de fabricación establecido de acuerdo con los constructores (MTM, Macosa y Alsthom) preveía el inicio de las puestas en servicio en la primera de las citadas líneas para el presente año 1983, mientras que la primera UT de «Catalans» debía entrar en funcionamiento comercial en el próximo 1984.

La primera de todas las unidades (111.01-181.01-111.02) llegó efectivamente a Sarrià el pasado febrero. Uno de los primeros calendarios establecía una serie de pruebas en línea a realizar por la misma durante el segundo trimestre de 1983 y una entrada en servicio comercial hacia el mes de julio. No obstante, el citado calendario se vio sensiblemente alterado por causas no atribuibles en principio a FGC y derivadas de dificultades aparecidas especialmente en un equipo eléctrico y electrónico altamente sofisticado.

*Durante un viaje de pruebas, la primera UT estacionada en Bellaterra. (Foto P. Borrás).*



Sin duda, en ello ha influido el hecho de que una serie de soluciones aplicadas al equipo de regulación de potencia eran totalmente nuevas en nuestro país y suponían una nueva experiencia para los constructores. La realidad ha conducido en cualquier caso a un retraso en el programa inicial de actividades de dicha primera UT, construida no como prototipo sino como cabeza de una importante serie, de tal manera que no entró en circulación hasta el 17 de septiembre pasado. Fue entonces cuando realizó su primer viaje con viajeros, concretamente entre Bellaterra y Barcelona, tras ser inaugurado oficialmente su servicio por el President de la Generalitat en un acto multitudinario y del que se hicieron eco todos los medios de difusión catalanes. Desde aquel día ha venido circulando más o menos regularmente realizando servicios de tipo suburbano (entre la estación de Barcelona-Pl. Catalunya y las de Terrassa y Sabadell), los cuales han permitido que el público tome contacto con el «nuevo tren» y, al mismo tiempo, que sean detectadas y corregidas algunas anomalías de diversos tipos no localizadas durante los anteriores viajes de pruebas.

El citado retraso en la primera UT ha conducido consiguientemente a un retraso de todo el plan de entregas. Éste establecía a posteriori la llegada de la segunda UT y su-

cesivas a partir de mayo-junio y a razón de dos cada mes aproximadamente hasta completar el total de 20 de ancho de vía internacional. Sin embargo, hasta el momento de escribir estas líneas (noviembre de 1983) tan sólo la segunda de las UTs (111.03-181.02-111.04) había llegado a manos de FGC y se hallaba en fase de pruebas de línea. Si se hubiera cumplido lo previsto, un total de seis o siete UTs se hallarían ya prestando en servicio en la línea de «Catalunya i Sarrià», probablemente en los tramos urbanos (de Barcelona-Pl. Catalunya a Reina Elisenda y a Av. Tibidabo), según la intención inicial de FGC.

Por su parte, la línea de «Catalans» debería contar ya con su primera UT (211.01-281.01-211.02) en Martorell, en espera de puesta a punto y primeras pruebas de línea; la realidad es que la misma aún se halla sin acabar en los talleres de Macosa. Posteriormente deberían haber ido llegando las cuatro siguientes a razón de una cada mes más o menos. La consiguiente entrada en servicio regular se hallaba prevista para los meses de marzo-abril y siguientes. El retraso en el plan de recepciones de las UTs de «Catalunya i Sarrià» ha influido lógicamente en el de las de vía métrica. Por ello en estos momentos se prevé que «Catalans» no podrá contar con la entrega de su primera unidad

hasta enero-febrero de 1984 por lo menos, entrando en servicio comercial unos cuatro meses más tarde.

La intención de FGC es poner en circulación las citadas cinco primeras UTs de «Catalans» en servicios regionales, es decir, entre Barcelona-Pl. Espanya y Manresa (recuérdese que el ramal de Igualada aún no se halla electrificado). En dicho recorrido relevarían a las actuales composiciones eléctricas y evidentemente supondrían un cambio radical en lo referente a imagen y a comodidad para el viajero de la citada línea.

Los proyectos para el futuro contemplaban un segundo pedido de UTs, en principio iguales a las 25 del primero, que progresivamente permitiría la casi total sustitución del actual material eléctrico de viajeros de ambas líneas de FGC. Sin embargo, las dificultades hasta ahora aparecidas en la primera UT de la serie han conducido a un aplazamiento en la adopción de la correspondiente decisión por parte de FGC, no existiendo por el momento noticias relativas a posteriores pedidos.

**Víctor Canosa**

*La primera UT, ya en servicio comercial, llegando a Peu Funicular. (Foto E. Ramírez).*

