

Nuevo prototipo de RENFE

ELECTROTREN BASCULANTE:

LA búsqueda de mayores velocidades constituye hoy uno de los objetivos prioritarios de todas las compañías de transportes. Así, hemos tenido ocasión de comprobar recientemente a través de las informaciones publicadas en estas mismas páginas, cómo las compañías británica y francesa de aviación comercial acaban de poner en servicio regular su nuevo aparato "Concorde" (1), que reduce a la mitad de tiempo los trayectos aéreos.

En el campo del transporte por mar de pasajeros, los aerodeslizadores supusieron un paso de gigante: todavía ahora pueden verse colas de viajeros para cruzar el canal de la Mancha en estos modernos vehículos.

La investigación sobre motores de automóvil más veloces y seguros se realiza hoy

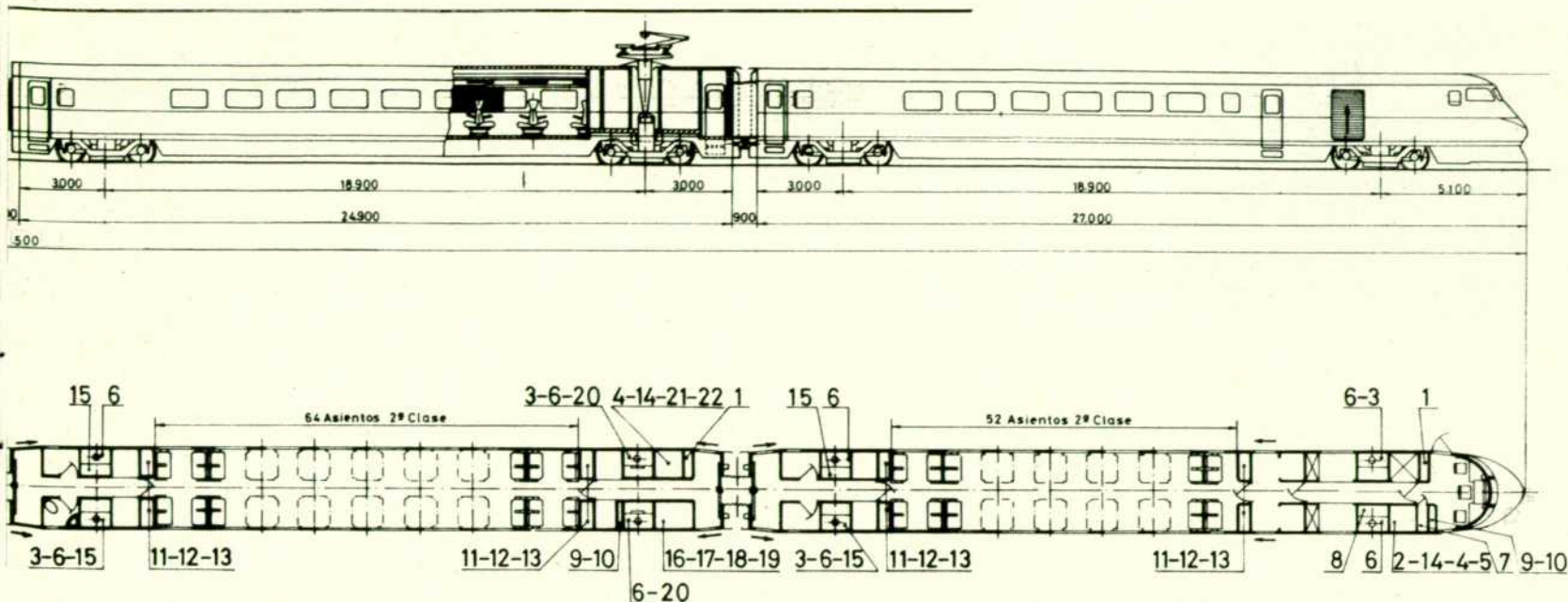
sobre todo en los circuitos de carreras. Precisamente en el próximo Gran Premio del Jarama será presentado el "Tyrrell", un rapidísimo vehículo de seis ruedas preparado por un constructor sudafricano. Sin embargo, todas las mejoras trascienden al usuario y las autopistas, en constante desarrollo, constituyen hoy las vías rápidas de la circulación rodada.

El ferrocarril no es ajeno a esta necesidad generalizada de mayores velocidades. Los British Railways tienen en fase experimental el APT o Tren Avanzado de Pasajeros (2), capaz de alcanzar velocidades superiores a los 250 km/h. La SNCF francesa construye el Turbotrén (3), que unirá París a Lyon en un tiempo de dos horas. Los alemanes llevan ya muchos años trabajando sobre los trenes

electromagnéticos (4), aunque las últimas noticias de este proyecto son pesimistas y pronostican su abandono.

RENFE también quiere poner al servicio del viajero español un tren de alta velocidad. Los problemas derivados de la dura geografía española y el sinuoso trazado de la red plantean circunstancias a veces muy difíciles de superar. Estos problemas se resuelven con el nuevo electrotren basculante, hoy en período de pruebas, que va a poner en servicio la Red Nacional de los Ferrocarriles Españoles.

El modelo deriva del preparado para los Ferrocarriles Italianos por la casa Fiat y a su construcción colaboró también la empresa española CAF (Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles). Puede alcanzar una velo-



16. DISYUNTOR EXTRARRAPIDO.
17. CONJUNTO SELECCIONADOR PANTOGRAFO.
18. RELE DE TENSION Y RESISTENCIA PARA VOLTIMETRO-LINEA.
19. CONDENSADOR DE DESCARGA.
20. PANTOGRAFO Y SOPORTE.
21. DEPOSITO DE AIRE (ELEVACION PANTOGRAFO).
22. COMPRESOR (ELEVACION PANTOGRAFO).

ESQUEMA DE CONJUNTO DEL TREN BASCULANTE

MAS VELOCIDAD Y CONFORT

ciudad de hasta 180 km/h., gracias a la técnica de basculación de las cajas en las curvas, con lo que se supera uno de los mayores inconvenientes de la orografía española. ■

RENFE, en virtud del Convenio General establecido con FIAT en septiembre de 1972, ha llevado a cabo con esta sociedad italiana y la española Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles (CAF), el desarrollo de un prototipo de electrotrén dotado de cajas basculantes, capaz de alcanzar velocidades de hasta 180 km/h. El objetivo es experimentar este prototipo en las líneas españolas electrificadas a 3 KV, y verificar en servicio las ventajas que ofrece esta nueva técnica aplicada a las particulares y diferenciales características de nuestra orografía y de la Red ferroviaria española, como paso previo a la decisión de la incorporación de estas tecnologías al servicio comercial.

En definitiva, nos hallamos ante un nuevo avance del ferrocarril, en la mejora de sus prestaciones en el campo de la velocidad y el confort.

LA TECNICA DE LA BASCULACION Y SUS VENTAJAS

Se trata de un sistema que permite aumentar la velocidad del tren, manteniendo el confort de

los viajeros, mediante la inclinación de las cajas de los coches en las curvas.

En casi todos los trazados ferroviarios, las vías tienen unos peraltes en curva que corresponden a las velocidades posibles cuando se construyeron. Y a este respecto, la mayor parte de los ferrocarriles europeos son ya centenarios.

En las líneas de RENFE es normal que, durante el recorrido en curva, el viajero esté sometido a una aceleración centrífuga no compensada del orden de 0,65 m/seg.²; esto sucede circulando con material convencional por una curva de 400 metros de radio a 90 km/h.

Si por esta misma curva se circulara con dicho material a 115 km/h., los viajeros soportarían una aceleración centrífuga no compensada de 1,65 m/seg.², lo que ya resulta muy molesto, particularmente en trazados muy sinuosos.

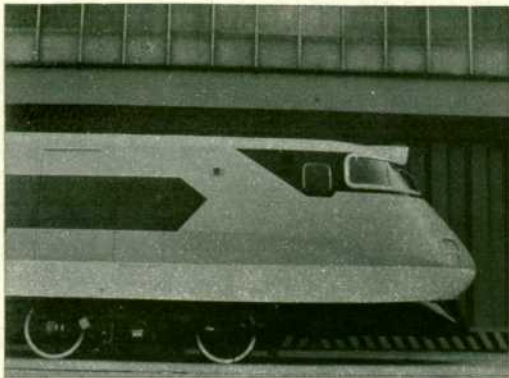
Pero, ¿qué sucede si inclinamos la caja de un vehículo en las curvas? Sencillamente que habremos introducido un peralte adicional al existente en la vía, que permitirá incrementar la velocidad del vehículo, manteniendo un confort

(1) Ver VIA LIBRE, números 143 (página 11), 145 (página 16) y 146 (página 8).

(2) Ver VIA LIBRE, número 138 (página 13).

(3) Ver VIA LIBRE, número 140 (página 8).

(4) Ver VIA LIBRE, número 132 (página 23).



Perfil de la cabeza del electrotrén basculante.

aceptable para el viajero, ya que se compensa la fuerza de la aceleración. Esta es la enorme ventaja de la basculación.

INNOVACIONES TECNICAS DEL PROTOTIPO RENFE

Los principales equipos con que va dotado el electrotrén basculante de RENFE y que constituyen una auténtica innovación en su aplicación a bordo de un vehículo ferroviario, son los siguientes:

- Equipo de basculación de las cajas.
- Convertidor estático de potencia para la alimentación de los circuitos auxiliares.
- Dispositivo de regulación del campo inductor de los motores de tracción.
- Equipo de repetición de señales sobre el vehículo y frenado automático (ASFA).
- Dispositivo de velocidad prefijada.

Además, conviene señalar que también se han introducido importantes mejoras en la disposición de elementos puramente convencionales del vehículo, por ejemplo: el bastidor articulado de los bogies, para permitir su mejor adaptación al plano de la vía; los centro ondulados de las ruedas, para disminuir su peso sin mermar su resistencia; la disposición de los motores de tracción bajo los bastidores de los coches, para reducir el peso no suspendido; la utilización de tracción diseminada a lo largo de todo el tren, para mejorar la adherencia.

Todo ello pone de manifiesto la preocupación de RENFE por el mayor perfeccionamiento de los elementos convencionales de sus vehículos y de sus prestaciones hasta en los más mínimos detalles.

EQUIPO DE BASCULACION DE LAS CAJAS

Como es lógico, se trata de la innovación más interesante del prototipo.

La rotación se efectúa por medio de mecanismos hidráulicos y eléctricos, que reciben el orden de mando a través de un sistema de información de la vía compuesto por acelerómetros y giróscopos.

Para poder bascular, la caja del vehículo va apoyada convenientemente sobre las traviesas de los bogies por medio de bielass.

La basculación máxima, que es de 8 grados, permite alcanzar una velocidad de 105 km/h. en curvas tan cerradas como las de 300 metros de radio, con 160 milímetros de peralte real. Esto produce sobre el viajero una aceleración centrífuga no compensada de 0,65 m/seg.², la misma que soportaría en un tren convencional a una velocidad de 78 km/h., recorriendo la misma curva. La ganancia con la basculación es, por tanto, de un 35 por 100, aproximadamente.

CONVERTIDOR ESTATICO

Actualmente, la energía destinada a los servicios auxiliares está suministrada por medio de

grupos motor-generator (rotativos), con lo que ello supone de ruidos, vibraciones y la consiguiente necesidad de conservación de rodamientos, escobillas, colectores, etcétera.

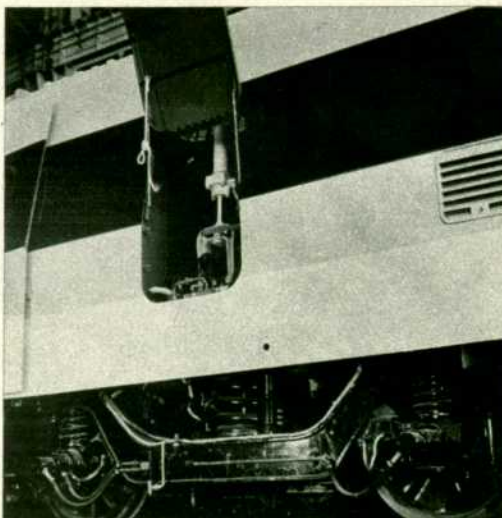
Los convertidores estáticos que sustituyen a los grupos rotativos, tomando la energía de la catenaria, en corriente continua, a través del pantógrafo, son capaces de generar potencia a la tensión y frecuencia industriales.

Se trata de una auténtica innovación en la forma de producir la energía precisa para las diversas necesidades de a bordo, sustituyendo los grupos rotativos convencionales por sistemas electrónicos de estado sólido, con el resultado de un mayor confort para el viajero, por la ausencia de vibraciones, y una mayor seguridad en el servicio.

El convertidor estático del prototipo de electrotrén basculante, de 130 KVA, es, en estos momentos, el de mayor potencia que se monta en Europa a bordo de un vehículo ferroviario.

REGULACION DEL CAMPO INDUCTOR DE MOTORES

Los vehículos ferroviarios que se alimentan con energía eléctrica de corriente continua, como es el caso de nuestro prototipo, utilizan normalmente motores de tracción de excitación serie, por tener un buen par de arranque, marcha muy estable y poder regularse su velocidad



Equipo de basculación y bogie.

por variación en la forma de acoplar sus motores de tracción o por modificación de sus campos inductores. Esta variación de velocidad se verifica por escalones a lo largo de curvas características, denominándose velocidades económicas a las así obtenidas.

Los motores de tracción del prototipo, además de la excitación serie, llevan excitación independiente. A través de esta última se regula electrónicamente el campo por medio de impulsos de corriente empleando tiristores. Esto permite un reglaje continuo de la velocidad del tren.

El dispositivo en sí supone una innovación sobre el sistema convencional de regulación de la marcha, que podría denominarse de marcha continua.

EQUIPO DE REPETICION DE SEÑALES (ASFA)

El prototipo basculante está dotado de un sistema de transmisión puntual vía-locomotora basado en las más modernas técnicas. Dicho sistema está encaminado a garantizar el cumplimiento de las órdenes dadas por las señales colocadas a lo largo de la vía, con posibilidad de frenado automático.

Para ello, delante de cada señal, conectada con ella y a una distancia de unos 300 metros en horizontal, se sitúa en la caja de la vía un dis-

positivo que, al enfrentarse con otro similar colocado en el primer bogie del vehículo motor, permite transmitir a la cabina de conducción las informaciones necesarias por medio de señales ópticas (letreros, pilotos luminosos y acústicas).

El equipo analizador de la información de que va provisto el sistema ASFA descrito, así como el generador de órdenes, están constituidos por elementos semiconductores, lo que hace muy fiable el comportamiento del conjunto.

DISPOSITIVO DE VELOCIDAD PREFIJADA

El prototipo basculante cuenta con un dispositivo de "velocidad prefijada", que RENFE ya ha instalado en algunos vehículos en servicio de cercanías, y cuya innovación resulta ahora al aplicarlo a un vehículo apto para realizar recorridos a media y larga distancia.

Este dispositivo permite al conductor seleccionar la marcha conveniente al iniciar el recorrido, y que es obtenida mediante la comparación entre la velocidad real del vehículo y la elegida por el conductor. Así se obtiene una señal mando que actúa sobre la excitación de los motores de tracción o sobre el equipo de freno, según convenga a la marcha del vehículo.

DESCRIPCION GENERAL DEL ELECTOTREN

El electrotrén se compone básicamente de cuatro vehículos. Los dos extremos, dotados de cabina de conducción y testeros aerodinámicos. Esta composición base puede aumentarse a seis, ocho, diez o más vehículos, interponiendo siempre dos de ellos, con tracción autónoma, lo que permite una relación constante entre potencia y peso.

Las cajas de los vehículos del electrotrén son de estructura de acero, del tipo tubular autoportante y dimensionadas de forma que cumplen las especificaciones exigidas por la UIC en cuanto a resistencia.

CAPACIDAD Y CONFORT

Todos los coches del prototipo son del tipo "salón", con pasillo central.

El número total de plazas es de 167; 51 de primera clase y 116 de segunda.

Los asientos de primera clase son anatómicos, con respaldo reclinable y reversible, es decir, orientables en el sentido de la marcha, lo que permite un mejor aprovechamiento del espacio disponible y de las condiciones de confort.

Los asientos de segunda clase son fijos, enfrentados dos a dos y también anatómicos.

Para evitar el ruido, todos los espacios que median entre los paneles de revestimiento interior y exterior de los costados y del techo están rellenos de planchas aislantes termoacústicas de lana de vidrio.

Las ventanas de los departamentos de viajeros son de tipo especial, con cristales exteriores coloreados para reducir la intensidad de los rayos solares. El cristal es templado y doble. Aunque las ventanas son fijas se ha previsto que dos de ellas en cada coche, diagonalmente opuestas, sean practicables con el fin de garantizar una ventilación en caso de emergencia en el equipo de aire acondicionado.

Respecto a las cabinas de conducción, ampliamente concebidas, están dotadas de tres asientos anatómicos, regulables en altura y giratorios sobre su base, si bien quedan engatillados en posición de cara a la marcha. Las cabinas tienen una puerta de acceso desde el exterior, tipo batiente.

Las lunas frontales de la cabina son del tipo antichoque, de grueso espesor, y están calefactadas interiormente para el evitar el efecto de empañamiento. Además cuentan con dispositivos de limpieza con regadores de agua.

PUERTAS Y ACCESOS

Las puertas de acceso a los coches desde el exterior son de tipo muy moderno. Están dota-

das de estribo móvil, abatible durante la marcha del tren. Van provistas de mando electroneumático, con posibilidad de accionarse desde las cabinas de conducción o directamente por el viajero. Esta apertura no se realiza si la velocidad del tren es superior a los 5 km/h. El cierre automático de estas puertas está supeditado a que no se ejerza esfuerzo alguno sobre el estribo móvil.

Las puertas de intercomunicación entre coches son correderas y automáticas, por mando situado en el marco de la puerta.

MEGAFONIA Y TELEFONOS INTERIORES

El electrotrén está dotado de un equipo megafónico que permite transmitir información al público, así como escuchar reproducciones musicales grabadas en cintas magnetofónicas de tipo comercial. El puesto central del equipo está situado en el departamento de la azafata.



Enganche entre vagones del electrotrén basculante. Actualmente constituye la cola del prototipo experimental.

Un dispositivo telefónico permite la comunicación entre el puesto central de la azafata con las cabinas de conducción y de éstas entre sí.

ILUMINACION INTERIOR

El alumbrado interior de los coches es fluorescente, con corriente alterna a 220 V. y 50 HZ. Con el alumbrado fluorescente se dispone de una iluminación de 220 lux en la zona de lectura, y de 150 lux en las zonas más desfavorables. En caso de avería en el circuito principal de alumbrado se ha previsto una iluminación restringida, alimentada por corriente continua en batería.

DECORACION Y AMBIENTACION

Con el fin de hacer los viajes más gratos, además de los aspectos puramente funcionales del confort, en la construcción del prototipo electrotrén basculante se ha tenido sumo cuidado en la decoración.

El techo de los departamentos de viajeros está revestido con paneles de plástico estratificado; las paredes, recubiertas con plástico entelado sobre soporte elástico e insonoro. El revestimiento del pavimento en los departamentos de viajeros es de moqueta, mientras que en las plataformas de acceso y cafetería se ha empleado linóleoum.

INSTALACIONES Y SERVICIOS

El coche intermedio, de primera clase, cuenta con un espacio para la cafetería-bar, en la que se han mantenido y respetado las dimensiones generales que tienen éstas en los actuales trenes europeos de grandes líneas TEE, pero con un amplio espacio disponible para la barra-mostrador que ofrece un servicio de cafetería muy confortable.

El bar dispone de instalaciones adecuadas para el almacenamiento, conservación y preparación de comidas y bebidas.

Todos los elementos de la cocina-bar están fabricados con acero inoxidable, con acabado de partes vistas pulidas.

Las mesitas individuales situadas en los respaldos de los asientos, facilitan la comida a bordo.

Respecto al lugar para equipajes se han previsto racionalmente las zonas próximas a las plataformas de acceso.

ACONDICIONAMIENTO DE AIRE

Para la calefacción en invierno y refrigeración en verano, los vehículos del electrotrén están dotados de equipos de aire acondicionado con dispositivos de regulación automática. En todo momento el viajero se encontrará dentro de la zona de confort, aun en el caso de condiciones extremas en el exterior. La distribución del aire en los departamentos de viajeros se realiza por medio de canalizaciones incorporadas a los portaequipajes, situados sobre la línea de ventanas.

Las cabinas de conducción están dotadas de unidades independientes de acondicionamiento de aire, situadas en el techo de la cabina.

BOGIES

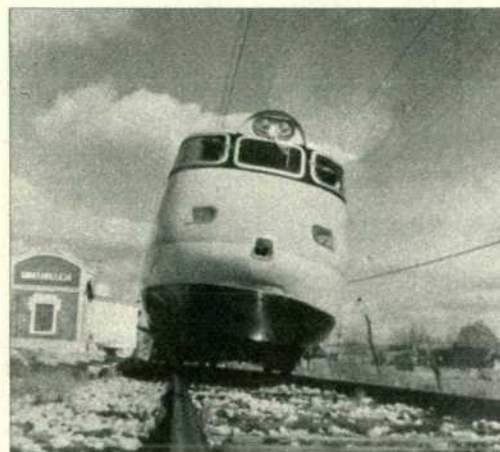
El bogie está formado por un bastidor articulado de chapa soldada, lo que permite su adaptación al plano de la vía, apoyándose los extremos de los largueros sobre las cajas de grasa. La traviesa bailadora se apoya sobre este bastidor por medio de muelles helicoidales, uno en cada extremo. Esta traviesa sostiene, a su vez, la caja a altura conveniente por medio de bielias. Entre la caja y la traviesa bailadora no hay posibilidad de movimiento en el plano horizontal, ya que esta última va guiada con apéndices de la misma caja.

Los esfuerzos de tracción y frenado se transmiten entre bogie y traviesa bailadora a través de un dispositivo elástico colocado sobre el eje longitudinal del bogie.

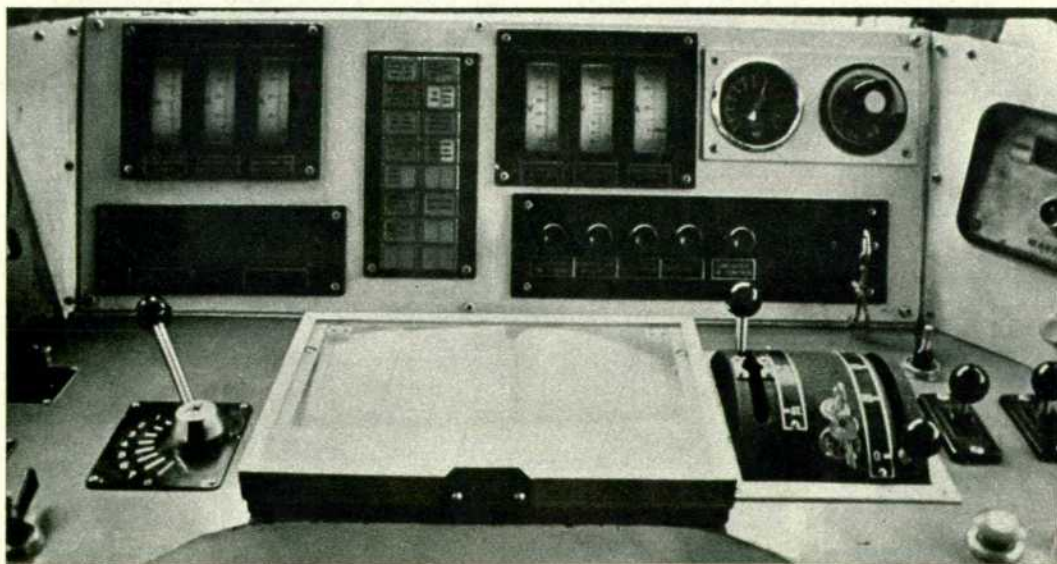
El único movimiento entre caja y traviesa bailadora es el preciso para compensar la componente transversal de la aceleración centrífuga, obteniéndose fundamentalmente por un sistema de servomandos hidráulicos accionados por órganos sensibles adecuados, que permite realizarlo a la velocidad conveniente y fijando el

EL NUEVO PROTOTIPO INCLUYE

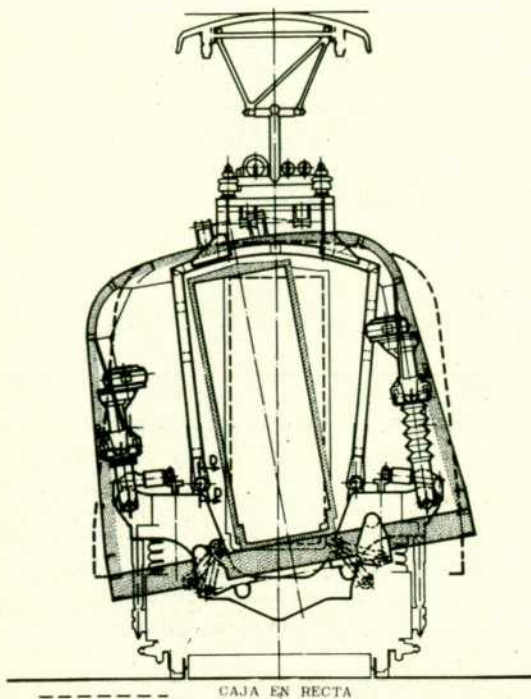
- Equipo de basculación de las cajas.
- Convertidor estático de potencia para la alimentación de los circuitos auxiliares.
- Dispositivo de regulación del campo inductor de los motores de tracción.
- Equipo de repetición de señales sobre el vehículo y frenado automático (ASFA).
- Dispositivo de velocidad prefijada.



El tren bascula en un desnivel de la vía.



Cuadro de mandos del electrotrén.



eje de rotación de la caja en la posición más favorable para su mejor utilización.

FRENOS

El electrotrén dispone de un freno neumático, de tipo electroneumático, que actúa sobre discos calados en los ejes (dos discos por eje). Sobre las llantas de las ruedas actúa una zapata limpiadora para evitar disminuciones de la adherencia por suciedad de aquéllas.

También se dispone de freno reostático, cuya acción se combina con la del neumático. Para los frenados de emergencia se dispone de freno electromagnético al carril, por medio de patines adecuados, que actúa cuando la reducción de velocidad real es inferior a la deseada.

Esto se consigue mediante un dispositivo que confronta espacios recorridos y velocidades alcanzadas mediante una curva de frenado óptimo previamente establecida. Se dispone además de dispositivos electrónicos de antipatinaje (en tracción) y antideslizamiento de ruedas, que actúan por comparación de las velocidades de rotación de los ejes mediante generadores taquimétricos montados en la testa de cada uno de ellos.

En combinación con el freno electroneumático se cuenta con un dispositivo de "hombre muerto" de doble seguridad y de accionamiento intermitente, por parte del conductor, mediante pedales o pulsadores, que produce automáticamente el enfrenamiento del electrotrén ante una falta de control por parte de aquél.

Para el estacionamiento, el electrotrén está provisto de un freno de mano que actúa en cada coche sobre un disco de cada uno de los ejes de un mismo bogie.

MOTORES DE TRACCION

Son cuatro por unidad autónoma de tracción (dos motores por vehículo), aptos para ser alimentados en corriente continua a 3 KV., y van suspendidos bajo el bastidor de los coches. La transmisión del movimiento se realiza por medio de árboles y puentes cónicos.

De esta forma todos los bogies de la composición tienen un eje motor, precisamente el más próximo al centro del coche. Con este sistema de montaje, la agresividad de estos bogies sobre la vía queda disminuida al no soportar el peso de los motores.

Con una potencia total de 2.000 CV., los ocho motores de tracción, de 220 kw. de potencia continua cada uno, permiten que el electrotrén pueda desarrollar velocidades de hasta 180 km/h. en servicio comercial, y 190 km/h. en el transcurso de pruebas.

Estos motores disponen de excitación serie y de excitación independiente. Por medio de esta última se regula su campo inductor, consiguiéndose un número infinito de características de marcha económicas (no reostáticas), lo que permite una amplia regulación de la velocidad del tren.

ALCANCE DE LA APLICACION DE ESTA NUEVA TECNICA

Al objeto de analizar las reducciones en el tiempo de viaje, que este tren basculante es capaz de obtener en comparación con el tren más rápido hoy en servicio en RENFE, se ha realizado un estudio teórico denominado "Análisis de posibilidades de incremento de velocidad sobre las líneas existentes" (INVEL), en el que, previa la selección de las prestaciones ideales a obtener sobre las líneas actuales, que corresponden lógicamente a las que la UIC ha fijado como óptimas, se han analizado los parámetros que condicionan el aumento de velocidad y como conclusión se han fijado las velocidades máximas a que el tren basculante puede circular.

A continuación figuran los datos obtenidos para el trayecto Madrid-Gijón:

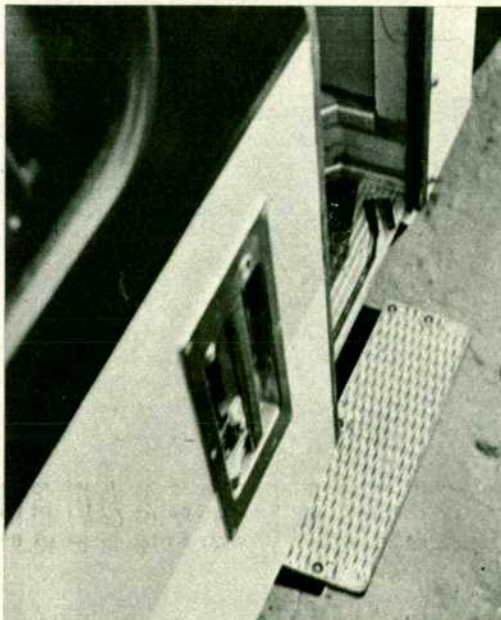
Tiempo actual del electrotrén convencional, siete horas veintisiete minutos. Tiempo previsto para el electrotrén basculante, con limitación de velocidad, cinco horas trece minutos. Ganancia en tiempo con limitación de velocidad, 30 por 100.

El prototipo construido por RENFE, además de permitir la experimentación de la nueva técnica de la basculación sobre vía de ancho español de 1.668 mm., revalorizando así la experiencia obtenida por los FS sobre la vía de ancho internacional, permitirá demostrar que es posible disminuir los tiempos de viaje, incrementando las velocidades de circulación en las curvas y ello con un comportamiento en cuanto a confort y seguridad del viajero, que corresponde a los más elevados niveles de calidad de los modernos trenes europeos.

En definitiva, este prototipo de tren basculante representa un decidido esfuerzo de RENFE para incorporar las más modernas técnicas y desarrollar así las grandes posibilidades que ofrece el ferrocarril. (Fotos: A. CALVO y MAN).



Aspecto del interior del electrotrén basculante.



A la izquierda, puerta de viajeros del electrotrén. El escalón sale automáticamente con la apertura de la puerta.



A la derecha, laboratorio instalado en el tren, donde se recogen todos los datos sobre su funcionamiento.