

O B R A S	Epoca del empleo (comienzo del trabajo)	Tonelaje de cemento fundido empleado
Puerto de Halifax (Canadá)..... (La terminación de trabajos exigirá)	1929	14 000 10 000
Nueva fábrica de Ford, en Londres. En construcción. Tonelaje previsto.	1930	4 000
Dique seco del puerto de Cádiz (Continúan los trabajos.)	1929	3 000
Confederación Hidrográfica del Ebro. (Continúan los trabajos.)	1929	4 000
Minas de Cardona (Barcelona), de la Unión Española de Explosivos ... (Continúan los trabajos.)	1929	1 700

O B R A S	Epoca del empleo (comienzo del trabajo)	Tonelaje de cemento fundido empleado
Riegos y Fuerza del Ebro, en sus obras de Balaguer (Lérida)..... (Continúan los trabajos.)	1929	3 000
Coronación del muelle en el Puerto del Pireo (Grecia).....	1928	1 200
Reconstrucción del Puerto Duque de Aosta, en Trieste (Italia)	1928	775
Reconstrucción del muelle de Sestri Levante (Italia).....	1929	300
Puerto de Mogadiscia (Africa).....	1929	750

Gregorio E. DE LA REGUERA
Ingeniero,
Representante general en España
de la Société Lafarge

E. RENGADE
Doctor en Ciencias
Profesor del Laboratorio Central
de la Société Lafarge

Las recientes electrificaciones de la Compañía de los Caminos de Hierro del Norte de España

Barcelona a Manresa y San Juan de las Abadesas.—Alsasua-Irún

IV

Locomotoras series 7 000 y 7 100

Características generales.—Las locomotoras de ambas series citadas poseen equipos eléctricos idénticos; su única diferencia estriba en la parte mecánica, ya que mientras en las locomotoras de la serie 7 000 todo el peso es adherente y se distribuye en seis ejes motores repartidos en dos carretones (tipo correspondiente a la notación $C_0 + C_0$), las locomotoras 7 100 poseen, además, un eje Bissel en cada extremo, siendo, por consiguiente, del tipo $1 - C_0 + C_0 - 1$.

Estas locomotoras son, en realidad, aptas para el mismo servicio, justificándose el empleo de las últimas mencionadas por la necesidad de no sobrepasar la carga de 15 toneladas por eje motor, máxima admitida por las numerosas obras metálicas existentes en la línea de San Juan de las Abadesas, siendo también muy próxima a dicha cifra—16 toneladas por eje—la carga máxima admitida por los puentes metálicos (algunos de la importancia del viaducto de Ormaiztegui) de la sección Alsasua-Irún.

Las locomotoras de la serie 7 000 (fig. 25), cuyo peso por eje es de 17 toneladas, se utilizan para los servicios de la sección Barcelona-Manresa, y preferentemente para los de mercancías. Las de la serie 7 100 (fig. 26), cuyo peso por eje motor es de 15 toneladas, se emplean en la línea de San Juan de las Abadesas para los servicios de mercancías y para los de viajeros de largo recorrido combinados con la línea de Ripoll a Puigcerdá; en la sección de Barcelona-Manresa, indistintamente con las máquinas 7 000 y para algunos servicios de viajeros de largo recorrido (más allá de Manresa), y, por último, en la sección Alsasua-Irún, exclusivamente para los servicios de mercancías.

El aumento de capacidad que se ha conseguido en las líneas citadas mediante el empleo de las nuevas locomotoras eléctricas se deduce de los datos siguientes:

En el trayecto Moncada-Tarrasa, que constituye el nudo de la sección Barcelona-Manresa, las locomotoras de vapor serie 400 de cuatro ejes acoplados, remolcaban 350 toneladas a la velocidad de 18 km por hora; las locomotoras eléctricas de ambas series 7 000 y 7 100 remolcan 500 toneladas a la velocidad de 30 km por hora. En el trayecto Beasaín-Cegama, que es también el de peores condiciones de la sección Alsasua-Irún, las locomotoras eléctricas citadas remolcan asimismo trenes de 500 toneladas de carga a la velocidad de 30 km por hora, mientras que las de vapor de las modernas series 400, 4 000 y 4 500 sólo remolcaban 340 toneladas a la velocidad de 15 km por hora. Es preciso, además, tener en cuenta que las cargas mencionadas para las locomotoras eléctricas están impuestas como límite por la resistencia de los ganchos de tracción (10 000 kg de carga)¹, y que no agotan ni mucho menos la capacidad de arrastre de dichas locomotoras.

La velocidad máxima que son susceptibles de desarrollar ambos tipos de locomotoras es de 90 km por hora, si bien las normales no pasan de 65 y 35 km por hora, respectivamente, para los servicios de viajeros y mercancías citados.

En cuanto al número de unidades en servicio, se encuentran afectas a las líneas de Barcelona 10 locomotoras de la serie 7 000 y 12 de la serie 7 100; en la sección Alsasua-Irún se utilizan 15 locomotoras de la serie 7 100.

Todas ellas se componen de dos *trucks* o carretones iguales (de tres ejes motores cada uno en las locomotoras 7 000 y de tres ejes motores y uno libre en las 7 100), sobre los que descansa la caja, que a su

¹ Véase el número anterior, página 225.

¹ Esta reducida carga es, hoy por hoy, en España, un tope impuesto a las posibilidades de la tracción eléctrica.

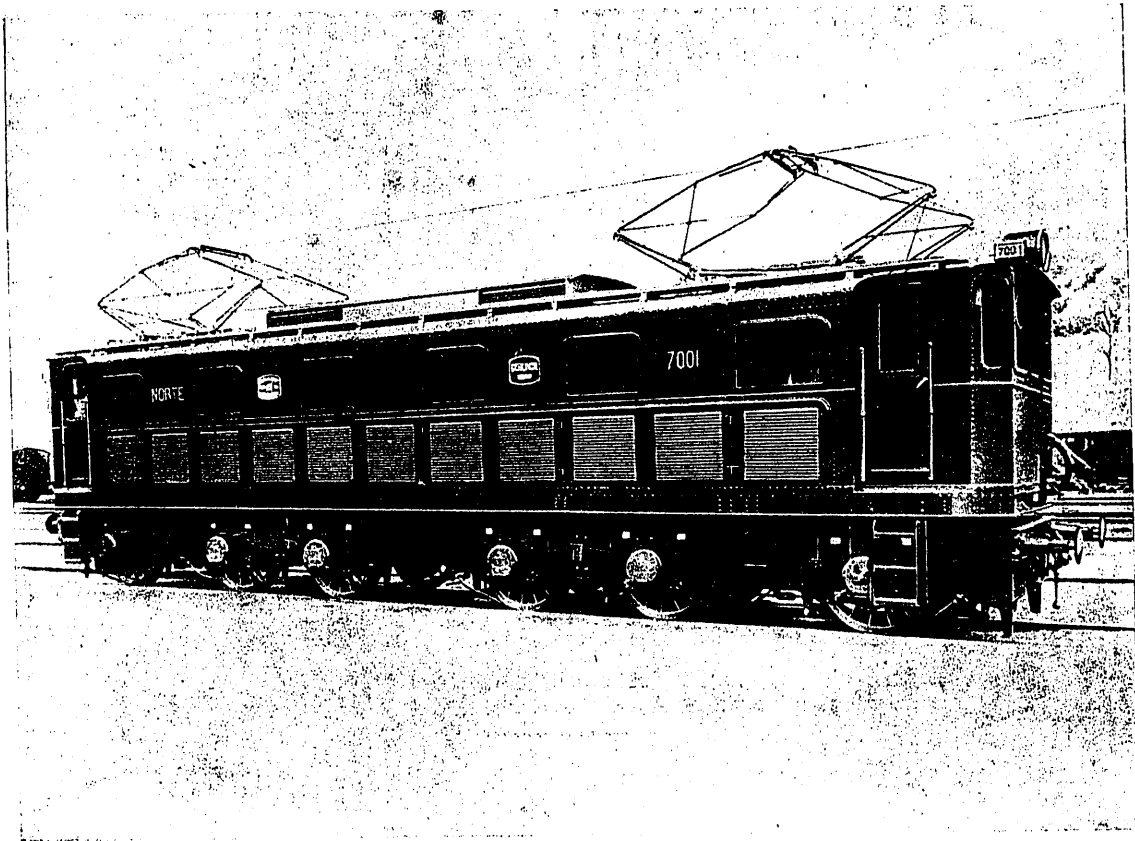


Fig. 25. Locomotora eléctrica serie 7 000

vez contiene los aparatos eléctricos y las cabinas de maniobra; los motores van montados en los carretones con suspensión «por la nariz» y atacan directa-

mente los ejes correspondientes por medio de un engranaje sencillo de dientes rectos.

La caja está dividida en tres departamentos: los

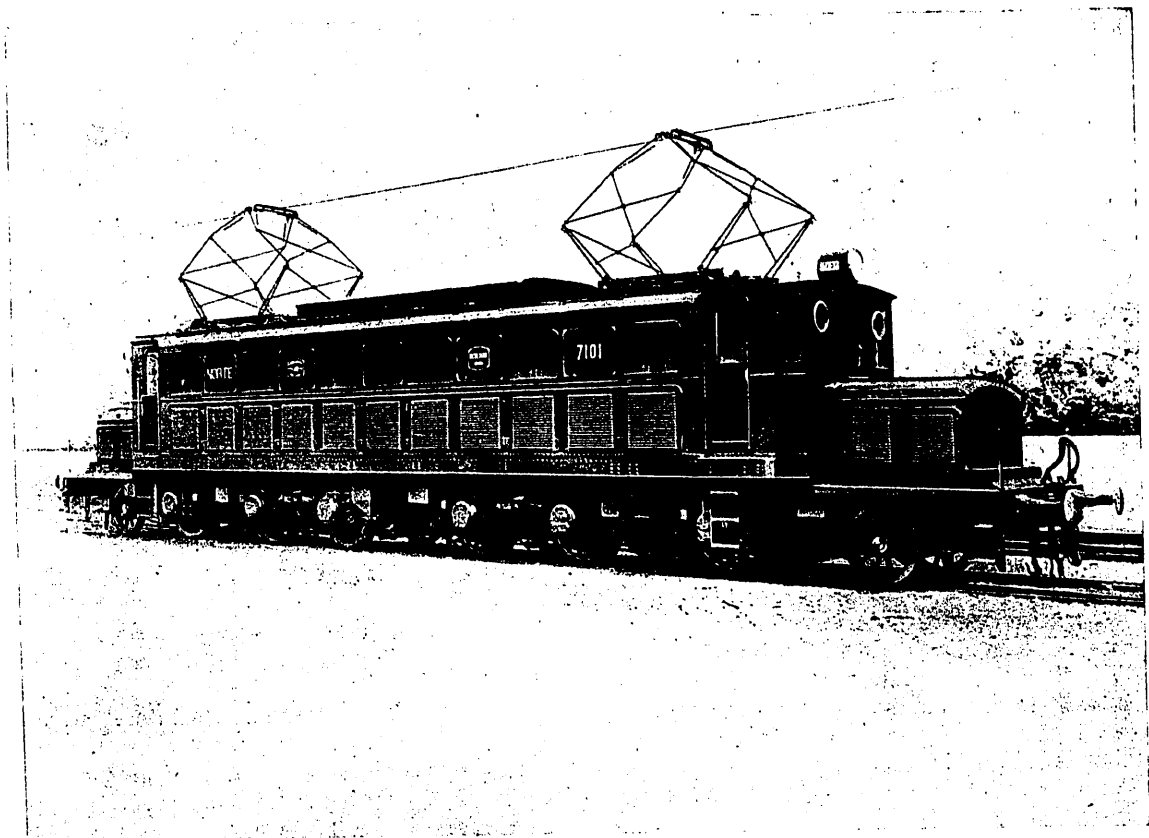


Fig. 26. Locomotora eléctrica serie 7 100

extremos constituyen las cabinas de maniobra, y el central, mucho mayor que los anteriores, sirve de alojamiento para los aparatos eléctricos. En el centro de la caja va dispuesto un linternón en el que se montan las resistencias de arranque y de estabilización para la marcha en recuperación; sobre el techo de la locomotora se encuentran dos pantógrafos para la toma de corriente.

Además del freno automático por el vacío sistema «Clayton», con una zapata por rueda motora, las locomotoras van provistas de frenado eléctrico por recuperación de energía y de un freno de mano, accionado desde cada cabina, que actúa sobre las ruedas del carretón correspondiente.

Las principales dimensiones y pesos comunes a ambos tipos de locomotoras son:

Anchura de vía.....	1,674 m
Base rígida.....	4,450 m
Diámetro de las ruedas motoras.....	1,300 m
Relación de engranajes.....	84 : 17
Longitud de la caja.....	14,800 m
Anchura de la misma.....	3,150 m
Peso del equipo eléctrico.....	35 ton

En cuanto a aquellas características que las diferencian, se tiene:

	Locomotoras 7 000	Locomotoras 7 100
Longitud entre topes.....	15,900 m	21 m
Peso de la parte mecánica.....	67 ton	76 ton
Peso total.....	102 ton	111 ton
Peso adherente.....	102 ton	90 ton
Carga por eje motor.....	17 ton	15 ton

Parte mecánica y caja.—Los bastidores de los *trucks* están formados por largueros de chapa recortada de 25 mm de espesor, arriostrados por traviesas metálicas. La traviesa exterior de cada carretón lleva los órganos de tracción y choque del tipo normal de la Compañía, así como los quitapiedras; la interior va provista del dispositivo de unión de los dos *trucks*, consistente en una rótula que, sirviendo a la vez de órgano de choque y tracción, deja a los dos *trucks* suficiente amplitud de movimiento para asegurar una marcha estable y una fácil inscripción en las curvas, liberando a la caja y pivotes de todo esfuerzo de tracción.

Las traviesas intermedias sostienen los motores de tracción; la comprendida entre el primero y segundo eje motor, sirve, además, de apoyo a la caja, apoyo que sobre cada carretón tiene lugar por medio de un pivote esférico y de un muelle de ballesta de tensión regulable, fijado sobre la traviesa extrema interior. Para permitir el fácil paso por las curvas y como consecuencia de la unión de ambos *trucks*, los dos pivotes son susceptibles de un pequeño desplazamiento, según el eje longitudinal de la locomotora.

Todas las traviesas, a excepción de la comprendida entre el segundo y tercer eje motor, son de acero moldeado; de este material son también los centros de rueda y las cajas de grasas del tipo «Isothermos». Las placas de guardia son de una sola pieza y van provistas de dos segmentos de bronce fácilmente reemplazables, que evitan el desgaste de las canales laterales de las cajas de grasa.

Los bastidores de los carretones descansan sobre las cajas de grasa por intermedio de muelles de ballesta de hojas ranuradas; los muelles correspondientes a los dos ejes interiores de cada *truck* están conjugados por

medio de balancines longitudinales. En los *trucks* de las locomotoras 7 100, la suspensión sobre los ejes libres está también conjugada con la correspondiente al primer eje motor.

Los motores, del tipo «suspendido por la nariz», descansan sobre los ejes por medio de cojinetes con engrase por empaquetadura de algodón y crin; su apoyo sobre las traviesas del carretón se realiza por medio de una rótula y de un juego de anillos cónicos elásticos. El engranaje reductor, compuesto de piñón y rueda dentada, gira en el interior de un cárter de chapa embutida, provisto de las necesarias aberturas para el engrase.

Cada carretón va provisto de seis areneros neumáticos (uno por rueda), colocados exteriormente sobre los largueros de ambos lados.

La caja de la locomotora es enteramente metálica, estando constituida por chapas de hierro y perfiles. Su bastidor se compone de dos vigas principales longitudinales (las que, en unión de las chapas de hierro que las enlazan por la parte superior e inferior, forman un canal por el que circula el aire de refrigeración de los motores de tracción) arriostradas por viguetas transversales; sobre estas vigas principales va montada la plataforma que sirve de asiento a los aparatos eléctricos, la que también se apoya sobre viguetas unidas a los montantes que sostienen el techo y el lucernario cen ral (en el que se disponen las resistencias de arranque y estabilización).

Para facilitar el montaje y desmontaje de los aparatos eléctricos, tanto en el linternón como la parte central de cada costado de la caja son desmontables.

El departamento central de la caja está dividido en tres partes: la intermedia contiene los aparatos de los servicios auxiliares, y las extremas los aparatos de alta tensión, los que van protegidos por verjas plegables provistas de cerraduras. Para abrir estas cerraduras existe una sola manilla, que es la que sirve también para accionar una llave de tres vías que da paso al aire comprimido a los cilindros de los pantógrafos y sólo puede sacarse cuando la llave cierra la tubería de comunicación del compresor con dichos cilindros, poniendo a la vez éstos en comunicación con la atmósfera, es decir, cuando han bajado los pantógrafos; recíprocamente no se puede extraer la manilla de las cerraduras de las verjas si éstas no se encuentran cerradas.

Las cabinas de maniobra, cuyos aparatos están dispuestos de modo que el conductor va colocado al lado izquierdo en sentido de la marcha, están enlazadas por pasillos laterales, a los que dan acceso puertas de vidriera. Cada costado de la caja va provisto de seis vidrieras en la parte superior y en la inferior de once puertas-persianas para la ventilación; los testeros poseen cinco bastidores con cristales y en los intermedios van montadas dos ventanillas circulares móviles. El acceso a la máquina se efectúa por cuatro puertas laterales, situadas dos en cada cabina.

Sobre el techo de la locomotora se encuentran dos pantógrafos para la toma de corriente, accionados desde las cabinas de maniobra por medio de aire comprimido. Estos aparatos son del tipo «hornless», presentando en sentido de la vía una forma poligonal completamente cerrada; disposición que tiene por objeto disminuir la posibilidad de un enganchón en la línea de trabajo. El peso del pantógrafo está en parte equilibrado por resortes, y su elevación se obtiene por la acción del aire comprimido, quedando

aplicado a los hilos de contacto con una presión de 16 kg, que prácticamente se mantiene constante para una variación hasta de 2,50 m en la altura de los hilos. Cada pantógrafo lleva dos frotadores de chapa de hierro, articulados entre sí elásticamente y provistos

siguiente, seis velocidades económicas para el régimen de tracción.

Los motores son de excitación en serie con cuatro polos principales y cuatro de conmutación; el inducido gira en cojinetes de bronce fosforoso y metal anti-fricción con engrase por anillo. Su ventilación es forzada; el aire de refrigeración, procedente de dos ventiladores montados en los extremos del árbol del grupo convertidor, llega a los motores a través de la caja formada por las vigas principales y de fuelles de lona, penetrando en aquéllos por el lado del piñón y saliendo por el del colector después de haber recorrido el inducido, el entrehierro y los intervalos entre las masas polares.

Van provistos los motores de cuatro portaescobillas, fijados por medio de bulones aislados sobre un soporte móvil en forma de anillo, que puede girar hasta que aquéllos quedan frente a la apertura de visita, lo

que permite examinar el estado de las escobillas y reemplazarlas fácilmente; para evitar un falso calaje de éstas, posee el anillo un cerrojo que impide se restablezca la tapa de visita del colector mientras que el anillo no se encuentre en su posición normal.

El arrollamiento del inducido está formado por barras de cobre aisladas con mica; las bobinas polares por cinta de cobre arrollada de plano y aisladas sus espiras con micanita.

De una manera general, los motores y aparatos de estas locomotoras satisfacen a las condiciones de las

de piezas de cobre intercambiables; un desconectador intercalado en el circuito de cada pantógrafo permite la puesta fuera de servicio de éste en caso de avería.

El acceso al techo de la locomotora se hace mediante una escalerilla plegable colocada al lado de una de las puertas exteriores de una cabina, y de tal modo construída, que al tiempo de extenderse acciona la llave de tres vías antes citada, bajando automáticamente los pantógrafos, los que no pueden, por tanto, elevarse por descuido, evitándose así la posibilidad de una desgracia.

Las oscilaciones laterales de la caja de la locomotora son amortiguadas por medio de topes elásticos.

Tanto la parte mecánica de estas locomotoras como la caja, han sido construídas por la Compañía Euskalduna, en Bilbao, donde también se realizó el montaje de los equipos eléctricos, procedentes de los «Ateliers de Construccions Oerlikon», en Suiza.

Equipo eléctrico.—Está previsto para trabajar a la tensión media de 1 350 voltios en la línea de contacto, aun cuando en servicio puede variar la tensión entre 1 100 y 1 800 voltios sin inconveniente alguno. El control es del sistema electroneumático por contactores individuales para el funcionamiento en unidades sencillas, siendo de 65 voltios la tensión de los circuitos de maniobras, mientras que la presión del aire comprimido varía entre 5 y 7 kg por centímetro cuadrado.

La locomotora va, como hemos dicho, provista de seis motores de tracción (fig. 27), conectados permanentemente en dos grupos de tres motores en serie; estos grupos pueden, a su vez, conectarse en serie o en paralelo (fig. 28). Además, puede modificarse la intensidad del campo inductor de los motores, derivando por medio de contactores parte de la corriente de excitación sobre resistencias óhmicas e inductivas y obteniéndose así campos de intensidad 100 por 100, 70 por 100 y 52,5 por 100 de la del campo normal; estas reducciones de campo pueden hacerse tanto para el acoplamiento en serie como en el paralelo de los grupos de motores antes citados, resultando, por con-

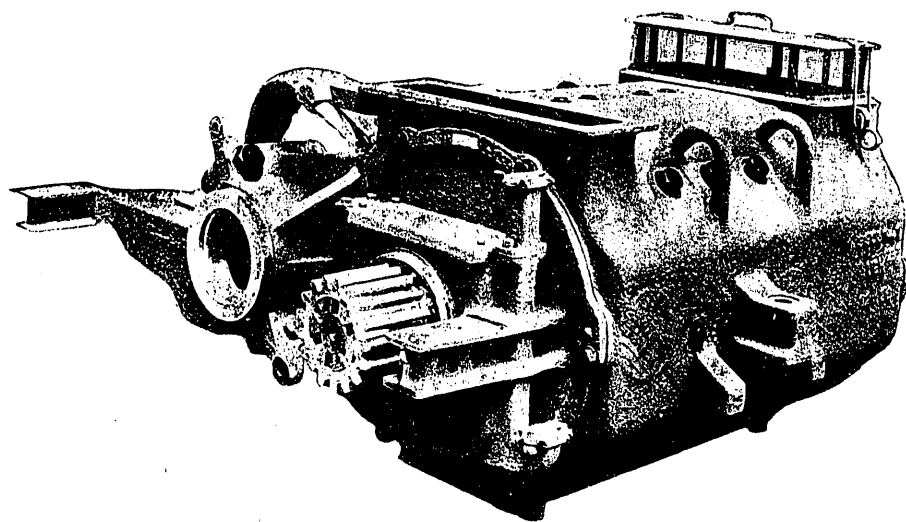


Fig. 27. Motor de tracción de las locomotoras series 7 000 y 7 100

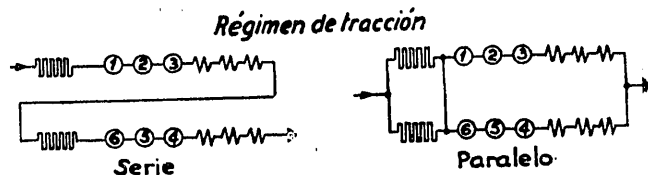


Fig. 28. Acoplamiento de los motores en tracción

normas americanas (A. I. E. E. Standards), basadas en un aumento de temperatura en los arrollamientos de los motores de 120° para el régimen unihorario y 105° para el régimen continuo; las características de trabajo de los motores y locomotoras son:

	Motor	Locomotora
Régimen continuo:		
Corriente	550 amp	1 100 amp
Potencia en la llanta	300 CV	1 800 CV
Esfuerzo de tracción en llanta	2 340 kg	14 040 kg
Velocidad	34,5 km/h	34,5 km/h
Régimen unihorario:		
Corriente	715 amp	1 430 amp
Potencia en la llanta	390 CV	2 280 CV
Esfuerzo de tracción en llanta	3 250 kg	19 500 kg
Velocidad	31,6 km/h	31,6 km/h

Las curvas características de estos motores se representan en la figura 29, en la que las curvas Z , V

y n son, respectivamente, las de los esfuerzos de tracción, velocidad y rendimientos correspondientes a los índices allí señalados que expresan el valor en por 100 de la excitación.

La protección del equipo eléctrico contra las sobre-

miento electroneumático, previstos para las cuatro posiciones de marcha: adelante o atrás, en tracción y en recuperación. Poseen también una posición neutra, accionada a mano, y mediante la cual se puede separar en caso de avería un grupo cualquiera de motores y continuar la marcha con el restante.

Varios contactos previstos en los inversores y en algunos contactores realizan un enclavamiento eléctrico que protege al equipo contra el falso funcionamiento o maniobra de dichos aparatos. Por último, el equipo eléctrico está también protegido por un *relais* de sobretensión, un *relais* de tensión mínima, dos *relais* de máxima (ya citados) y dos *relais* auxiliares llamados, respectivamente, de interrupción primaria e interrupción secundaria. El *relais* de sobretensión protege al equipo eléctrico contra las sobretensiones, singularmente las que pudieran ocurrir cuando la locomotora funciona en recuperación; está calibrado para 1 850 voltios y es el único *relais* que provoca la ruptura del extrarrápido.

El *relais* de tensión mínima abre sus contactos cuando la tensión cae por debajo de 1 000 voltios y corta, a su vez, el circuito de excitación del *relais* de interrupción secundaria y el de un *relais* auxiliar; el primero hace abrirse todos los contactores y el

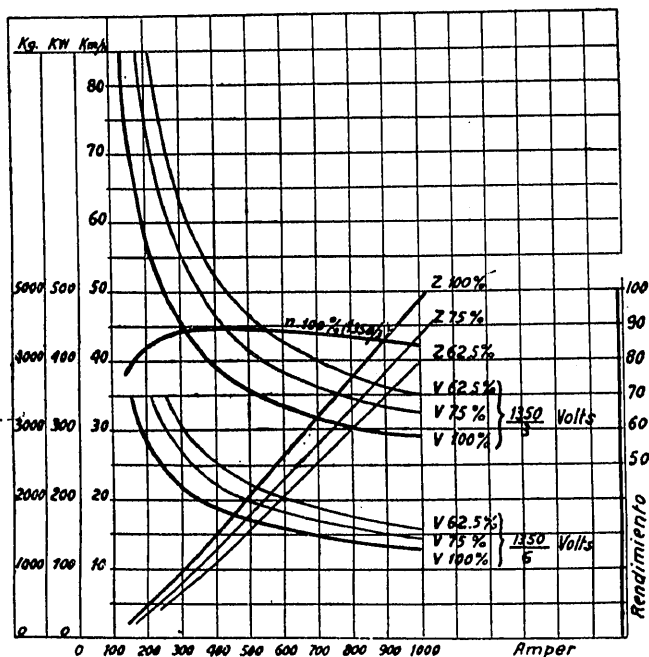


Fig. 29. Curvas características de los motores de tracción

tensiones de origen atmosférico o los cortocircuitos se realiza mediante un pararrayos electrolítico con derivación a tierra, colocado antes de una bobina de self, un fusible principal con soplo magnético y un interruptor extrarrápido. Este no funciona más que en caso de cortocircuito, mientras que las sobrecargas se cortan por la acción de *relais* máxima, de los cuales hay uno por grupo de motores; el interruptor extrarrápido corta el circuito principal sin intercalación de resistencia alguna amortiguadora y puede ser accionado electroneumáticamente desde las cabinas de maniobra.

El arranque de la locomotora se verifica por la eliminación paulatina de las resistencias de aceleración montadas, según se ha dicho, en el linternón y enfriadas por el ventilador central del grupo convertidor; dichas resistencias están formadas por rejillas de fundición aisladas con mica y reunidas en grupos, pudiendo soportar sin inconveniente temperaturas de 350° C. La mencionada eliminación de los grupos de resistencias se efectúa por medio de 22 contactores individuales de accionamiento electroneumático (figura 30) previstos para una corriente unihoraria de 620 amperios bajo 1 500 voltios; el arco de ruptura que se establece entre los contactos queda limitado por las paredes aislantes e incombustibles de la caja de explosión y es apagado instantáneamente por la acción de una fuerte bobina de soplo magnético, a lo que también contribuye la forma especial de los contactos. Los contactores de línea delante de cada grupo de motores de tracción han sido doblados con el fin de obtener una mayor seguridad en la abertura del circuito principal.

Para conseguir los distintos acoplamientos de los motores de tracción se utilizan dos inversores idénticos (uno por grupo) de árbol vertical y acciona-

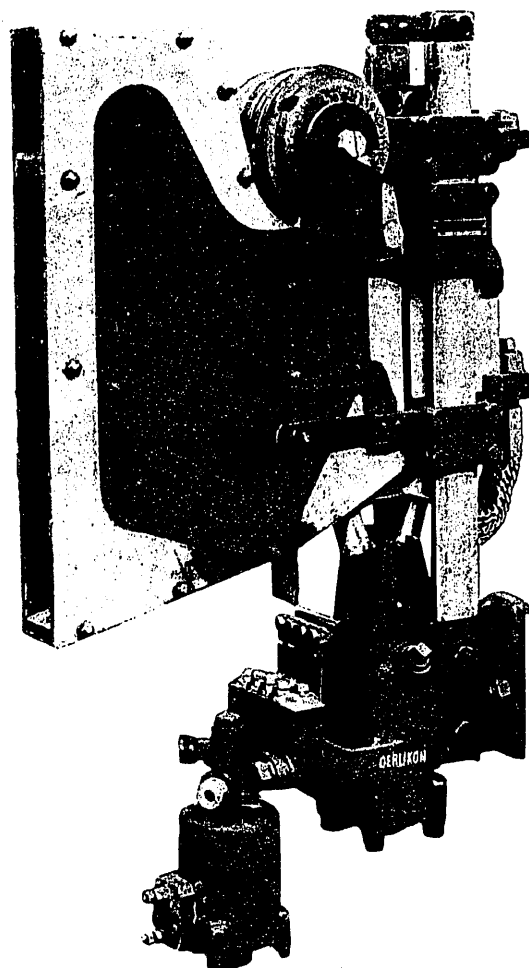


Fig. 30. Contactor individual de accionamiento electro-neumático, 1 500 V, 620 A

segundo impide al maquinista poner nuevamente en marcha el grupo convertidor sin previa intercalación de sus resistencias de arranque.

El funcionamiento del *relais* de máxima que protege cada grupo de motores de tracción corta el cir-

cuito de excitación del *relais* de interrupción secundaria, provocando la apertura de todos los contactos; puede ser calibrado entre 800 y 1 100 amperios.

En cuanto al *relais* de interrupción primaria, funciona en los casos siguientes: 1.º, cuando se bajan los



Fig. 31. Cabina de maniobra

pantógrafos; 2.º, cuando se ha utilizado la posición de «urgencia» del freno de vacío; 3.º, cuando por una causa cualquiera los dos inversores no se encuentran en posiciones idénticas.

Maniobra de la locomotora.—La maniobra de la locomotora se verifica desde las cabinas extremas, en cada una de las cuales están montados los siguientes aparatos (fig. 31): Un combinador principal que lleva tres palancas: la palanca del regulador de velocidad, que consta de 10 muescas para la combinación serie y ocho muescas para la combinación paralelo de los motores de tracción; la palanca del regulador de régimen, con siete posiciones (atrás, cero, adelante, dos posiciones de shuntado y dos posiciones de recuperación, de las cuales una en combinación serie y la otra en combinación paralelo); y la maneta de maniobra de los pantógrafos, con las tres posiciones siguientes:

- 1.ª Neutra.
- 2.ª Pantógrafos altos.
- 3.ª Pantógrafos bajos.

Delante de este combinador van colocados los aparatos de medida siguientes: Un voltímetro, que indica la tensión en el hilo de contacto, y un amperímetro, para la corriente total absorbida en tracción;

un voltímetro y amperímetro, que miden la tensión y la corriente de excitación en los motores de tracción en régimen de recuperación.

A la derecha del combinador principal está montado el combinador auxiliar del grupo convertidor-ventiladores con una posición cero y cuatro muescas de arranque. Encima, sobre un cuadro, están montados el manómetro, que indica la presión del aire comprimido, y dos vacuómetros para el freno de vacío automático.

A la izquierda del combinador principal se encuentra la llave de maniobra del freno de vacío automático, unida a un combinador destinado al mando de las bombas de vacío; una palanquita para accionar los areneros automáticos; un conmutador para abrir y cerrar el interruptor extrarrápido, y un cuadro para el circuito de alumbrado, con sus correspondientes interruptores y fusibles; al alcance del mecánico se encuentra también la palanca que actúa sobre el silbato.

Cada cabina está provista de dos estufas eléctricas y de un aparato indicador de velocidad «Teloc» (uno de ellos registrador); además, y repartidos entre las dos cabinas, se encuentran los siguientes aparatos: una bomba de aire a mano para levantar los pantógrafos, caso de que no quede aire comprimido en los depósitos; el amperímetro y el voltímetro de la batería de acumuladores; el contador de energía absorbida en tracción y el de corriente devuelta a la línea en recuperación; los *relais* de protección, con excepción de los dos *relais* de corriente máxima, colocados en el departamento de alta tensión.

El equipo eléctrico está protegido contra las falsas maniobras y las averías, por enclavamientos mecánicos y eléctricos, así como por los *relais* antes citados. Las tres palancas del combinador principal están enclavadas mecánicamente entre sí de la manera siguiente:

La maneta para maniobra de los pantógrafos es única para cada locomotora y solamente puede sacarse de su asiento cuando se encuentra en la posición cero; en esta posición quedan inmovilizadas las demás palancas.

La palanca del combinador de régimen queda inmovilizada en todas sus posiciones, con excepción de las de shuntado, cuando el regulador de velocidad no está en la posición cero, y se pueden utilizar las dos posiciones de shuntado únicamente cuando el regulador de velocidad está en la última muesca de la combinación serie o paralelo.

El regulador de velocidad no puede actuar mientras está en la posición cero el combinador de régimen; un mecanismo especial obliga, además, al maquinista a mover el citado regulador muesca por muesca, lo que proporciona una protección muy eficaz contra el descuido del personal en el momento del arranque; la palanca del regulador de velocidad puede, sin embargo, ser vuelta inmediatamente desde cada muesca a la posición cero.

Servicios auxiliares.—La derivación a 1 500 voltios para el circuito de estos servicios está tomada inmediatamente después del extrarrápido y alimenta las bobinas de los *relais* de sobretensión y de tensión mínima, los aparatos de medida, las estufas (montadas en serie), el motor del grupo convertidor y el motor de las bombas de vacío de servicio intermitente.

El generador del grupo convertidor trabaja nor-

malmente en paralelo con una batería de acumuladores del tipo Tudor Iron-Clad, de 575 amperios-hora, y juntamente alimentan, a la tensión media de

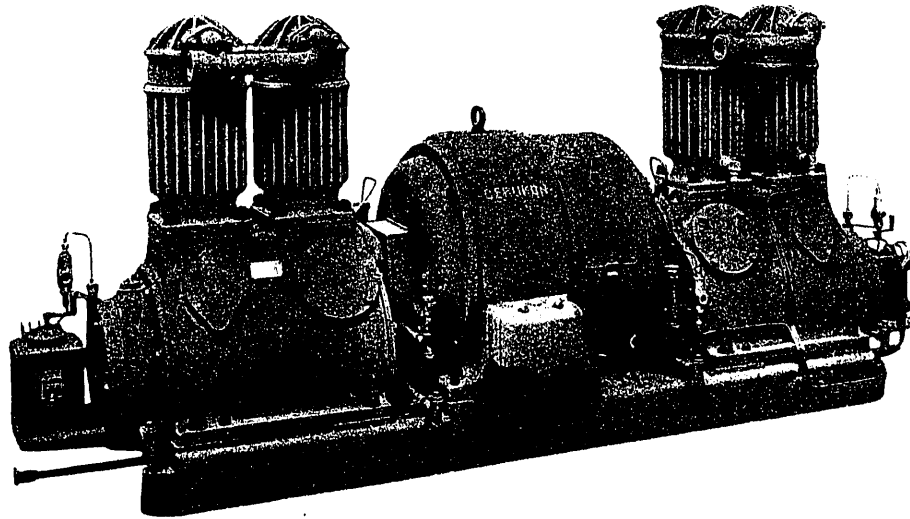


Fig. 32. Grupo motor-bombas de vacío

65 voltios, el grupo bomba de vacío-compresor y los circuitos de alumbrado y control.

Los contactores para la puesta en marcha de los grupos auxiliares son de accionamiento electromagnético, tanto los de 1 500 como los de 65 voltios.

Para no llegar a dimensiones exageradas de la batería de acumuladores, se ha colocado en alta tensión el grupo de las bombas de vacío de servicio intermitente, mientras que el grupo bomba de vacío-compresor, de servicio continuo, queda alimentado por el circuito a 65 voltios. Al mismo tiempo, este distinto modo de alimentar los motores de las bombas aumenta la seguridad de poder siempre utilizar el freno de vacío. Dichos grupos están formados, el uno, por un motor serie de 20 caballos, 1 350 voltios, que acciona en cada extremo de su eje una bomba de vacío de dos cilindros verticales (fig. 32); el otro, por un motor de 13 caballos, 65 voltios, que acciona una bomba idéntica a las del grupo antes dicho, y un compresor, también de dos cilindros verticales (figura 33). Las bombas de vacío y el compresor tienen refrigeración natural por medio de las aletas de que van provistos sus cilindros, y su engrase es automático.

El grupo convertidor está formado por un motor serie de 80 caballos y un generador compound de 30 KW. En los extremos libres del grupo van montados los ventiladores, que suministran cada uno el aire de ventilación al grupo de motores de tracción correspondiente, mientras que entre el generador y el motor, formando, al mismo tiempo, acoplamiento se ha previsto un ventilador doble para la refrigeración de las resistencias de arranque. El grupo gira a la velocidad de 1 200 revoluciones por minuto.

Cuando los motores de la locomotora trabajan en tracción, la dinamo del grupo convertidor trabaja en paralelo con la batería de acumuladores, cargándola y suministrando la corriente a los circuitos de baja tensión; mientras que cuando se utiliza el freno por recuperación de energía, el generador está separado de la batería y alimenta los campos de los motores de tracción trabajando como dinamos, siendo a cargo de la batería el suministro de la energía para los circuitos de control y de alumbrado y para el grupo bomba de vacío-compresor.

Ha sido preciso, para el funcionamiento en paralelo del generador del convertidor con la batería de acumuladores, tener en cuenta las variaciones de la tensión en el hilo de contacto, variaciones que pueden ser de 1 100 a 1 800 voltios y que repercuten sobre la velocidad del grupo. Por lo tanto, se ha previsto, además de la excitación compound del generador, un tercer arrollamiento inductor, obrando en sentido inverso al campo principal y alimentado por un generador auxiliar, accionado desde el eje del convertidor por una cadena. Dicho generador auxiliar lleva una excitación independiente, conectada a las bornas del generador principal, cuyo valor está sujeto a la acción de un regulador del tipo de vibra-

ción, que intercala durante más o menos tiempo una resistencia en el circuito de dicha excitación. El conjunto trabaja de tal manera, que a un aumento de la velocidad del convertidor, del cual participa, natu-



Fig. 33. Vista de un pasillo de la locomotora. Abajo, el grupo compresor-bomba; arriba, el grupo motor-generator-ventiladores

ralmente, el generador auxiliar, corresponde un aumento de la influencia de este último, es decir, una debilitación proporcional de la excitación del gene-

rador principal, consiguiéndose que la variación de la tensión secundaria entre los límites antes citados para la primaria no exceda del 5 por 100.

El generador del convertidor está provisto de un inducido con dos colectores y de dos circuitos de

Régimen de recuperación.

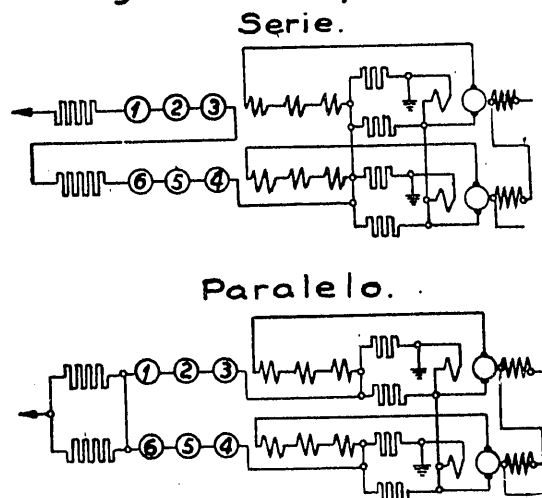


Fig. 34. Acoplamiento de los motores y sus campos durante la recuperación

excitación completamente distintos. En régimen de recuperación cada colector alimenta separadamente los campos de un grupo de motores de tracción, mientras que en régimen de tracción los colectores están reunidos en serie. El generador está construido para suministrar normalmente 320 amperios bajo 2 por 37,5 voltios y soportar puntas de corriente de 570 amperios. La puesta en paralelo del generador con la batería es automática y se consigue por medio de un *relais* de tensión y de un *relais* de corriente invertida, que actúa sobre un contactor. Normalmente, en régimen de tracción el generador carga la batería con intercalación de una resistencia y suministra toda la energía necesaria para los servicios auxiliares; la primera de estas operaciones hace preciso que la tensión en las bornas del generador sea, en este caso, de unos 75 voltios. En régimen de recuperación la batería de acumuladores sustituye al generador y la alimentación de los circuitos auxiliares se hace a la tensión media de 60 voltios. La diferencia de voltaje de 15 voltios entre los dos regímenes no tiene importancia para el buen funcionamiento de los circuitos de control y de la bomba de vacío-compresor; sin embargo, no puede ser admitida para el alumbrado, por lo que en régimen de tracción se intercala en el citado circuito una resistencia que anula estos 15 voltios.

Interruptores convenientemente dispuestos permiten, en caso de avería, aislar, bien el grupo conver-

tidor, bien la batería de acumuladores, de modo que la locomotora pueda quedar en servicio utilizando la fuente de energía auxiliar que no haya sufrido desperfecto.

Un enchufe permite la carga de la batería en las cocheras por un suministro ajeno a la locomotora.

El alumbrado interior de ésta se realiza mediante lámparas con pantalla metálica regulable (en las cabinas de maniobra) y lámparas protegidas por campanas de cristal y rejilla de alambre. Exteriormente, en cada testero se ha colocado un faro de gran potencia, con reflector parabólico de luz regulable, que lleva el número de la locomotora sobre cristal en ambos lados; las lámparas de señal y el disco rojo reglamentario tienen también alumbrado eléctrico. Varios enchufes repartidos, tanto en el interior como en el exterior de la locomotora, permiten llevar luz a los órganos visibles utilizando una lámpara portátil.

Todos los aparatos de alta tensión (contactores, inversores, fusibles, etc.) poseen doble aislamiento, es decir, que además de su aislamiento propio normal, cada aparato o grupo de aparatos está montado con intermedio de otro aislante sobre la caja de la locomotora, con lo que se consigue un importante aumento de la seguridad del equipo eléctrico contra puestas a tierra accidentales.

Los cables que siguen un mismo camino están agrupados, envueltos en lona fuerte y colocados en canales de chapa de hierro con bridas de fundición de aluminio, cuando son numerosos; en tubos de lona, solamente, cuando son pocos o no resulte práctico un canal metálico.

Frenado por recuperación de energía. — Para poner en acción el freno por recuperación de energía, el conductor debe únicamente preocuparse de

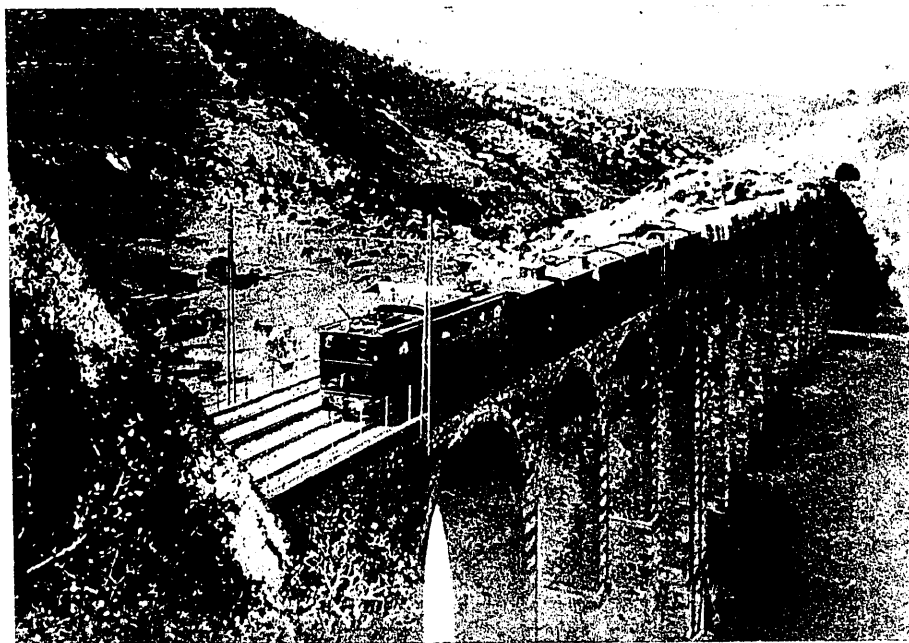


Fig. 35. Tren de mercancías sobre el viaducto de Olesa

la velocidad de su tren; caso de que dicha velocidad sea superior a 40 km por hora, se realiza, por medio del combinador de régimen, la conexión paralelo de los motores de tracción; en el caso contrario, realiza la conexión serie. Por lo tanto, le basta

girar sencillamente la palanca del citado combinador a la posición marcada R_2 o R_1 y accionar después la palanca del regulador de velocidad, observando el amperímetro de recuperación hasta que se haga sensible la acción del frenado eléctrico y se haya llegado a la velocidad prevista para bajar la pendiente, utilizando en ambos casos las diez primeras muescas del citado regulador.

La combinación serie de los motores es aplicable para las velocidades de 35 a 85 km por hora. El esfuerzo de frenado normal es de 6 a 7 000 kg y el máximo de unos 13 000 kg.

La figura 34 representa los circuitos principales y de excitación de los motores durante la marcha en recuperación para las combinaciones serie y paralelo. Los inducidos quedan agrupados lo mismo para la marcha en tracción, mientras que los campos de cada grupo de motores están alimentados separadamente por el respectivo colector del generador del grupo convertidor, a través de

dos resistencias fijas llamadas de estabilización, las cuales están conectadas entre sí del lado de tierra por intermedio del arrollamiento contra-compound del generador, cuyo campo principal está alimentado separadamente por la batería de acumuladores y regulado mediante el accionamiento de la palanca del regulador de velocidad.

La corriente de excitación suministrada por el generador es proporcional a la tensión en los campos de los motores de tracción, y esta tensión, a su vez, es proporcional a la suma de la corriente recuperada y de la fracción de la corriente de excitación que pasa por la resistencia estabilizadora montada directamente entre los inducidos y tierra. Si, pues, la intensidad de la corriente recuperada aumenta como consecuencia de una disminución del voltaje del hilo de contacto o de un aumento de velocidad de la locomotora, la caída de tensión en la resistencia colocada entre inducidos y tierra ha de aumentar; y como la tensión impuesta al generador por su excitación es constante, la corriente que suministra a los campos

de los motores de tracción deberá disminuir. Esta disminución trae consigo una disminución de la tensión, así como de la intensidad en los motores de tracción. Lo contrario sucede cuando disminuye la intensidad de la corriente recuperada. El devanado

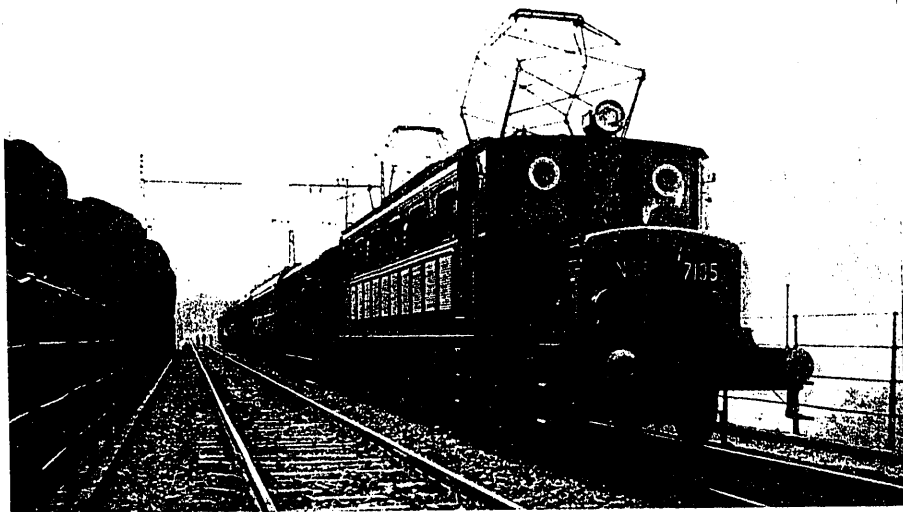


Fig. 36. Tren de viajeros sobre el viaducto de Olesa

contra-compound del generador aumenta la estabilidad de funcionamiento del conjunto.

Las resistencias de arranque quedan montadas en el circuito en la misma forma que en tracción, es decir, entre el hilo de contacto y los inducidos, lo que impide un incremento peligroso de la tensión del motor situado más cerca del hilo de contacto con relación a la tierra, aun en el caso en que la tensión total de los motores alcanzase un valor doble de la tensión normal.

Un enclavamiento eléctrico impide que se apliquen las zapatas del freno de vacío sobre la locomotora cuando ésta funciona en recuperación, aun cuando el conductor puede seguir haciendo uso del freno sobre los coches del tren. Sin embargo, en caso de peligro, y al colocar la válvula de freno en la posición de urgencia, se produce la interrupción inmediata del frenado eléctrico y la puesta en acción automática y enérgica del freno de vacío sobre las ruedas de la locomotora y de la composición, consiguiéndose la rápida parada del tren.

José GARCÍA LOMAS
Ingeniero de Caminos

Laboratorios docentes y laboratorios de aplicaciones técnicas

La prestigiosa revista *Ingeniería y Construcción* dedica su editorial del número correspondiente al mes de junio último a la misión de las Escuelas de Ingenieros y de los Laboratorios que llama de investigación profesional. Le sirve de partida el artículo "Cultura, Profesión y Ciencia", de D. Vicente Machimbarrena, director de la Escuela de Ingenieros de Caminos, publicado

en esta REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS el 1.º de mayo último.

Propone, como resumen, *Ingeniería y Construcción* estudiar la posibilidad de llegar a la creación de un Instituto o Laboratorio Nacional de Hidráulica y Mecánica, dedicado a los problemas experimentales de carácter profesional.