

# Electrificación de la rampa de Pajares <sup>(1)</sup>

por

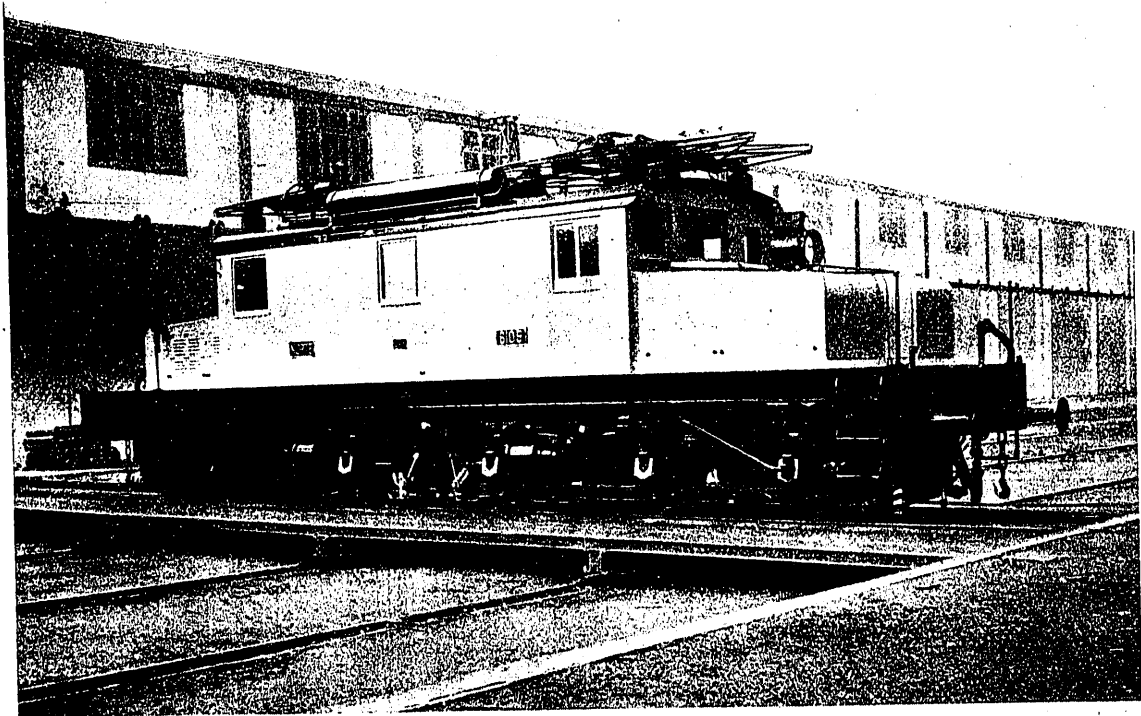
Ricardo F. Hontoria y José María G. Lomas,  
Ingenieros de Caminos

IX

## Locomotoras de la Westinghouse Mfg. Co.

*Características generales.*—En el artículo anterior dijimos que de las doce locomotoras eléctricas que hacen el servicio de la Rampa de Pajares, seis se reservaron a la industria nacional, habiéndose encarga-

trica de corriente continua a alta tensión hecho por las dos grandes Casas americanas de fabricación de material eléctrico, la General Electric Co. y la Westinghouse, por lo cual juzgamos interesante hacer un extracto de las últimas en forma análoga al hecho con las otras, y para mayor sencillez seguiremos el mismo orden en la exposición.



Vista general de una locomotora eléctrica 6 100

do de su suministro la Sociedad Española de Construcción Naval, que construyó la parte mecánica en sus talleres de Sestao, donde también se hizo el montaje de los equipos eléctricos procedentes de la Westinghouse Mfg. Co.

A pesar de ser idéntico el servicio que tienen que realizar estas locomotoras y las de la General Electric Co., descritas ya en el artículo VIII, difieren en sus características generales y en multitud de detalles, debido al distinto estudio de la locomotora eléc-

Las dimensiones y pesos de sus principales elementos son los siguientes:

Longitud total entre topes .....	14,128 m
Idem íd. de la cabina central.....	6,706 m
Idem íd. de los <i>capots</i> .....	2,648 m
Altura del techo sobre el carril.....	3,645 m
Anchura de la caja.....	2,975 m
Base rígida.....	3,962 m
Distancia mínima entre ejes de un <i>bogie</i> .....	1,778 m
Diámetro de las ruedas.....	1,016 m
Radio mínimo de curva en que puede inscribirse la locomotora.....	67,000 m
Relación de engranajes..... 61/18 =	3,39
Peso del equipo eléctrico.....	32,000 tn
Idem de la parte mecánica.....	43,000 tn
Idem total y adherente en servicio.....	75,000 tn
Idem por eje.....	12,500 tn

(1) Véanse los números 2 385, 2 386, 2 387, 2 392, 2 395, 2 402, 2 408 y 2 432 de la REVISTA, páginas 88, 103, 127, 216 y 273 del tomo I de 1923, 110 y 241 del tomo I de 1924, y 296 del tomo I de 1925.

La locomotora va provista de seis motores suspendidos por la nariz, que accionan independientemente cada uno de los ejes por medio de un engranaje helicoidal de piñón y rueda dentada.

La potencia continua de la máquina, trabajando los motores con ventilación forzada y con una elevación

arranque, así como el paso de una combinación a otra, se hace mediante resistencias intercaladas en el circuito de los motores, y que se van eliminando paulatinamente.

En la figura 35 se representan las curvas características de un motor de la locomotora para la marcha en tracción.

Estas locomotoras van también provistas de frenado por recuperación de energía, trabajando en las pendientes los seis motores como dínamos con excitación independiente, en cualquiera de las tres combinaciones citadas para la marcha en tracción, es decir, con los motores en serie, en paralelo, y con tres grupos en paralelo de dos en serie cada uno.

Con el sistema empleado se consigue frenar el tren entre velocidades de 14 a 65 km por hora.

En la figura 36 se representan las curvas características de la locomotora, funcionando en recuperación y con un voltaje de 3 000 voltios en la línea de contacto; en ella figuran las curvas de intensidad de los campos en amperios, y las de intensidad en los inducidos de los motores, deduciendo el esfuerzo total

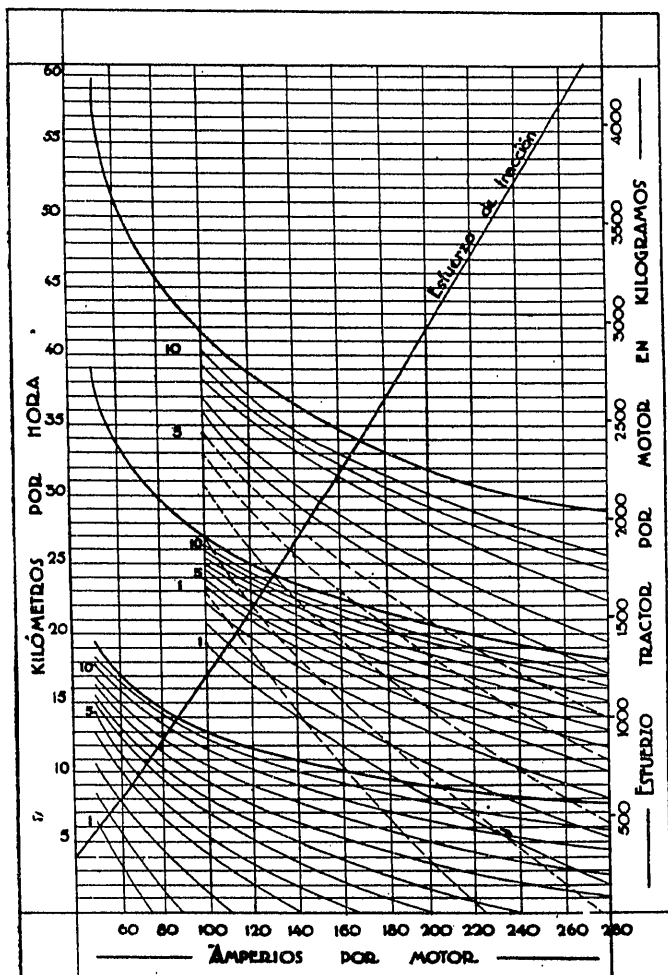


Fig. 35.

de temperatura de 80° C, medida por termómetro, es de 1 344 CV; la potencia unihoraria, medida sin ventilación y con un aumento de temperatura de 75° C, por termómetro, es de  $6 \times 270 = 1 620$  CV.

La tensión máxima a que trabajan los motores es de 1 500 voltios, pues cada par de motores está conectado permanentemente en serie, pero sin embargo, el aislamiento está previsto para 3 000 voltios.

El esfuerzo de tracción unihorario en la llanta es de 12 500 kg, a una velocidad de 35,4 km por hora, y el continuo de 9 600 kg, a 38,3 km por hora. A esta velocidad la locomotora puede arrastrar un tren de 330 toneladas en rampa de 20 milésimas. Las intensidades absorbidas por los motores en estos regímenes son de 456 y 375 amperios, respectivamente, que corresponden a 152 y 125 amperios por motor, puesto que estos esfuerzos se desarrollan en la posición paralelo, es decir, con tres grupos en paralelo de dos motores en serie. El esfuerzo máximo que puede desarrollar la locomotora en la posición serie (los seis motores en serie) corresponde al 25 por 100 del peso total o adherente, es decir, de 18 750 kg en llantas.

Los motores pueden acoplarse de tres maneras distintas que son: serie, serie-paralelo y paralelo; el

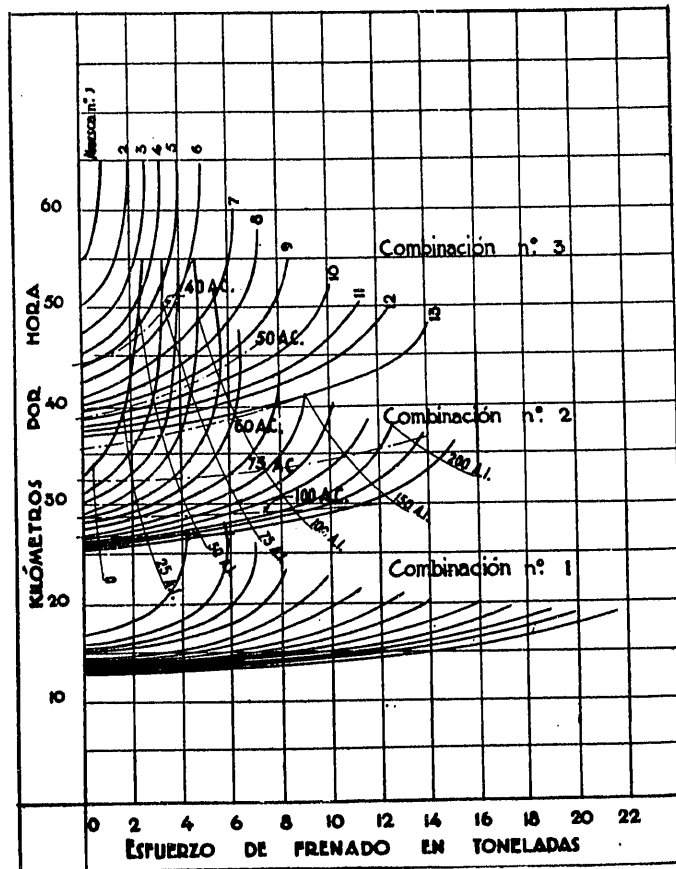


Fig. 36.

del frenado en kilogramos, en función de las velocidades correspondientes en kilómetros por hora, por medio de las curvas numeradas que corresponden a las muescas del regulador de mando para cada una de las combinaciones de los motores.

En estas locomotoras, el freno de la propia máquina es de aire comprimido, mientras que el utilizado para frenar el tren es el de vacío del tipo Clayton; llevan también un freno de mano.

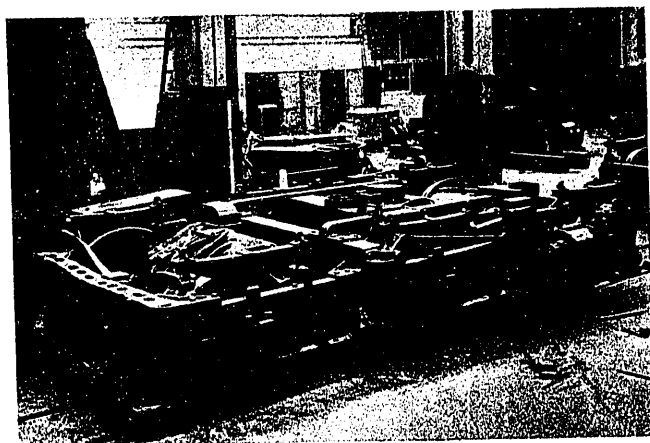
Los areneros y silbato se maniobran por aire comprimido, pudiendo los primeros accionarse a mano.

El suministro de energía para el control, excitación de los motores de tracción durante la marcha en recuperación y servicios auxiliares, o sean compresores, ventiladores, bombas de vacío, alumbrado, calefacción, etc., se obtiene mediante un grupo motor-generador, que toma la corriente directamente a 3 000 voltios de la línea de contacto y la transforma a 90 voltios.

La captación de la corriente de la línea de trabajo se hace por medio de dos pantógrafos, operados neumáticamente, y de los que, dadas las intensidades que deben absorber, basta que vaya elevado uno solo.

### Parte mecánica

Las locomotoras llevan dos carros giratorios o *bogies*, articulados e independientes entre sí. Cada *bogie* va unido al bastidor de la locomotora por un pivote situado de tal manera, que el peso se distribuye por igual entre los tres ejes de que consta aquél. El es-



*Bogie* de acero moldeado con los motores montados.

fuerzo de tracción se transmite, por tanto, de un *bogie* a otro por intermedio del bastidor de la locomotora.

Cada carretón está constituido por dos largueros de barras de acero moldeado, colocados al exterior de las ruedas, y unidos entre sí por traviesas también de acero moldeado y perfiles laminados.

La parte suspendida de la locomotora se apoya sobre los ejes por intermedio de muelles de acero templado en aceite. Existen, además, en cada carretón aparatos compensadores entre los ejes motores, y unas guías laterales en los largueros para evitar el balanceo de la cabina.

El bastidor de la locomotora está constituido por largueros de perfiles laminados, arriostrados por traviesas de acero moldeado unas, y de perfiles laminados otras. El tipo de locomotora es de cabina central, con dos *capots* en los extremos para proteger la parte del equipo eléctrico montado en dichos extremos. En la cabina principal existe, además de los dos departamentos de maniobra en ambos extremos, una parte central donde va montado todo el equipo de control, con dos pasillos laterales que comunican aquéllos.

Los aparatos de tracción y choque son del tipo usual de la Compañía del Norte, y van colocados en los dos testeros del bastidor.

Tanto el maquinista como su ayudante pueden ir normalmente sentados en asientos móviles previstos

a este efecto, y desde los cuales se domina perfectamente la vía.

En cada extremo de la locomotora hay dos escaleras de acceso, una por cada lado, y los *capots* están dispuestos en tal forma, que desde dichas escaleras queda un paso por encima del bastidor hasta las dos puertas de acceso a las cabinas de mando.

### Equipo eléctrico

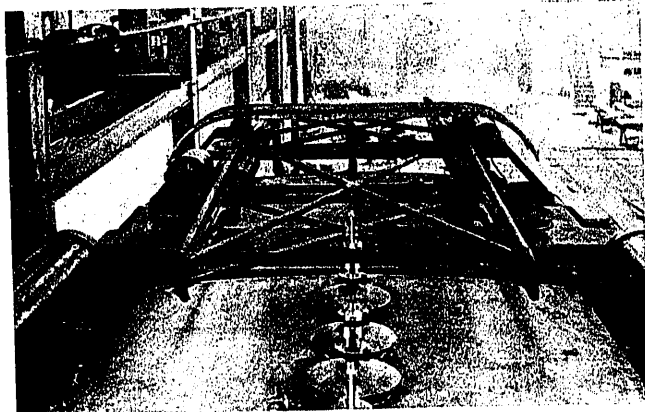
Los motores de tracción son del tipo Westinghouse 350-A. 1 500/3 000 voltios, tienen una potencia unitaria de 270 CV, siendo su peso unitario, con engranajes y caja, de 3 540 kg.

Poseen cuatro polos principales y cuatro de conmutación, y están construidos para funcionar con ventilación forzada, para lo cual tienen una entrada de aire por el lado del piñón; este aire, procedente de los ventiladores, penetra por el conducto mencionado, pasa por el entre-hierro, y luego, por el interior del colector, llega al inducido y le atraviesa en sentido contrario merced a unos canales longitudinales, saliendo al exterior por una rejilla colocada junto al piñón.

Las bobinas de los motores están aisladas entre sí y de tierra, con mica y asbestos. Las del inducido están protegidas mecánicamente por un zunchado de cinta fuerte, impregnada mediante repetidas immersiones en un barniz especial.

Todo el equipo eléctrico, excepción hecha de los motores de tracción, que van montados sobre los *bogies*, se encuentra instalado en la cabina central y en los *capots* extremos.

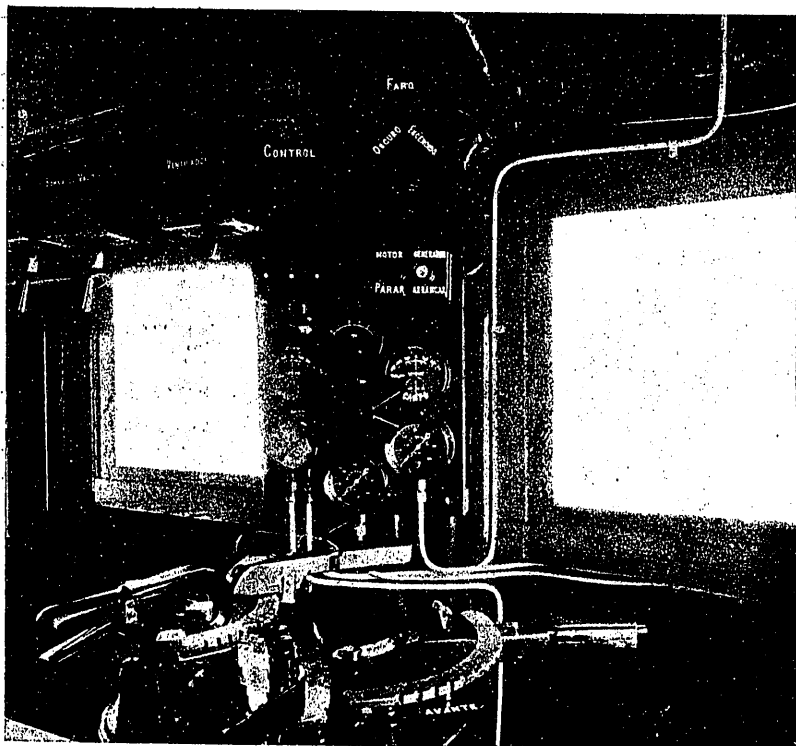
Sobre el techo de la locomotora van montados los dos pantógrafos, que, a diferencia de los de las máquinas de la General, se elevan por medio de muelles, y descienden por la acción del aire comprimido. Este sistema tiene la ventaja de que, si por cualquier causa se descargara la batería que pone en marcha el compresor de aire, estando los pantógrafos plegados, basta mover a mano el gatillo que retiene a aquéllos para que se eleven y se pueda cargar la batería,



Pantógrafo plegado sobre el techo de una locomotora.

poniendo en marcha el grupo motor generador. El descenso de los pantógrafos se hace admitiendo aire en los cilindros, por medio de válvulas magnéticas reguladas por interruptores colocados en la cabina del conductor del tren.

Como acabamos de decir, cada pantógrafo lleva



Departamento de maniobra. Aparatos de medida y manivelas de mando.

un cilindro con un pequeño gatillo que, al descender el pantógrafo, sirve de cerrojo para mantenerlo en la posición inferior. Al admitir aire en este pequeño cilindro, el cerrojo suelta el pantógrafo, que se eleva por la acción de los muelles.

Las zapatas de contacto con el hilo de trole son de acero, provistas de tiras de cobre, de disposición análoga a la ya descrita en las locomotoras de la General Electric; el armazón es también de tubos de acero.

En las cabinas de maniobra de las locomotoras se encuentran los siguientes aparatos:

Al alcance de la mano izquierda del maquinista, las cuatro manetas del regulador de mando, de las cuales una, que puede moverse en un sector con doce muescas, va suprimiendo resistencias intercaladas en el circuito principal, para cualquiera de las tres combinaciones de los motores (serie, serie-paralelo y paralelo), correspondiendo la muesca doce a la marcha económica sin resistencias. Otra maneta, llamada de combinación de los motores, tiene tres posiciones, que corresponden a cada una de las combinaciones de éstos. La tercera maneta gobierna la marcha en recuperación, regulando la corriente de excitación de los motores principales; por último, la cuarta maneta es la de inversión de marcha, con una posición central de punto muerto y dos para la marcha adelante o atrás.

Al alcance de la mano derecha del maquinista está la válvula del freno automático combinado de vacío y de aire comprimido, que sirve para el frenado del tren y de la locomotora.

En el panel de aparatos de medida se encuentran, además del voltímetro de línea, los dos amperímetros del inducido y del campo, los manómetros de indicación de presión en la tubería y en el depósito de los frenos y el indicador de vacío. Sobre el citado panel existen unos botones pulsadores para arrancar y parar el grupo motor generador.

En los frentes de las cabinas se encuentran

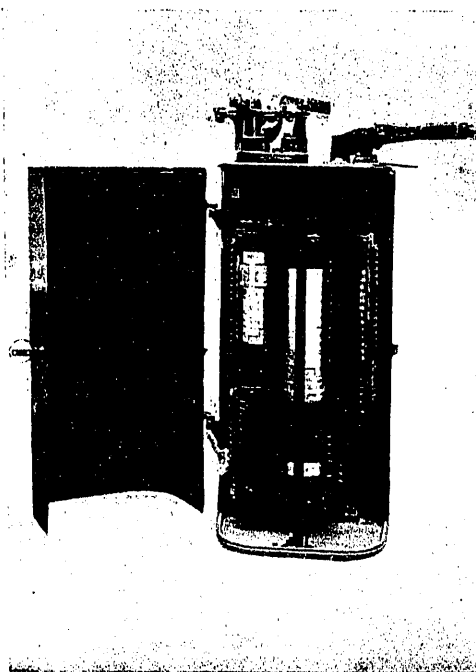
los interruptores de las bombas de vacío, compresor y ventiladores, y en el techo, en la parte posterior de las mismas, las válvulas de accionamiento de los pantógrafos y areneros. La maniobra de los areneros se hace por medio de dos pedales colocados debajo del asiento del maquinista; en sitio visible se encuentran el voltímetro y el amperímetro de la batería de acumuladores, y el indicador de velocidad *Teloc*, que en una de las cabinas es, además, registrador.

Empotrado en el tabique del departamento de alta tensión, de manera que sólo queda visible la esfera, hay un contador de kilovatios-hora, que marca el consumo en tracción y los kilovatios-hora devueltos en recuperación.

En estas locomotoras podemos considerar tres partes, que son: *capot* núm. 1, cabina central y *capot* número 2.

En el *capot* núm. 1 van instalados: la batería de acumuladores, el compresor, la bomba de vacío número 1 y el ventilador núm. 1; en la cabina central se pueden considerar, a su vez, seis departamentos: cabina de maniobra núm. 1, departamento (A), departamento (B), departamento (C) y cabina de maniobra núm. 2.

Descritos los aparatos montados en las cabinas, sólo resta indicar que en el departamento (A) van instaladas las resistencias de aceleración, y en los (B) y (C), el equipo de control. Por último, en el *capot* nú-



Regulador de mando.

mero 2, se encuentran colocados: el grupo motor-generador, la resistencia del campo, la bomba de vacío núm. 2 y el ventilador núm. 2.

El circuito a 3 000 voltios que sale de los pantógrafos, está protegido a su entrada en la locomotora por un pararrayos y una bobina de choque, bifurcándose después en dos ramas, de las que una, que llamaremos circuito principal, se dirige a los motores de trac-

ción, y la otra, o circuito auxiliar, alimenta el de los aparatos de medida, caloríferos y grupo motor-generador 3 000/90 voltios.

**Circuito principal (fig. 37)**

En este circuito figuran todos los contactores electroneumáticos que intercalan o suprimen resistencias en el circuito de los motores, efectúan las combinaciones de éstos para la marcha en serie, serie-paralelo y paralelo, tanto en tracción como en recuperación, invierten el sentido de la marcha, etc.

Los principales elementos que integran dicho circuito son los siguientes:

- 1.º Un interruptor principal de cuchilla, situado en el departamento (B), que sirve para desconectar del trole los circuitos de los motores de tracción.
- 2.º Cuatro *relais* de sobrecarga, que sirven para proteger a los motores principales y sus circuitos de una corriente de intensidad excesiva. Como estas locomotoras no tienen el interruptor extrarrápido que abre el circuito para sobrecargas excesivas en las máquinas de la General Electric, uno de los *relais* citados está intercalado entre el interruptor principal y los contactores de línea, de que trataremos en el párrafo 5.º, y está ajustado para disparar a 820 ampe-

Este *relais*, una vez disparado, no puede cerrarse de nuevo hasta tanto que la maneta del regulador de mando no se pone en la posición *Off*, y la del interruptor de control en su posición de reenganche.

4.º Un *relais* indicador de voltaje; este *relais*, cuando está cerrado, indica por medio de una lámpara piloto situada en cada cabina, que las resistencias de los motores principales y el circuito del *relais* de sobretensión están en buenas condiciones.

5.º Seis contactores de línea, números 1 al 6 inclusive, que sirven para abrir los circuitos de los motores principales en el caso en que una sobre-intensidad o una sobretensión ocasione el disparo de uno cualquiera de los *relais* que acabamos de citar, o bien cuando el regulador de mando pasa a la posición *Off*, o de punto muerto.

6.º Doce contactores de resistencia, números 7 a 18, de funcionamiento individual, para intercalar o suprimir resistencias de aceleración en el circuito de los motores. Estos contactores también se abren al disparar el *relais* de sobrecarga o de sobretensión.

7.º Seis contactores de los motores, números 19 a 24 inclusive, también de maniobra independiente, que sirven para ayudar a los interruptores de combinación de los motores, y obtener una transición suave de una a otra combinación. Funcionan, además, en

unión de los desconectores de los motores, para poner fuera de circuito cualquier pareja de motores cuando sea necesario, por producirse averías en alguno de ellos.

8.º Dos interruptores de combinación de motores, números 34 y 35, del tipo de árbol de levas. El primero tiene siete contactores, y sirve para cambiar los circuitos de los motores principales de la posición núm. 1 a la núm. 2. El interruptor núm. 35, con 15 contactos, se emplea para la transición de la combinación número 2 a la 3. Estos dos interruptores constituyen el mecanismo que llamamos conmutador de transferencia al describir las locomotoras de la General Electric.

9.º El inversor de corriente está formado por dos interruptores, números 36 y 37, destinados, como es sabido, a invertir el sentido de la corriente en los campos de los motores. Estos interruptores son del tipo de levas, y tienen ocho contactores cada uno.

10. Un interruptor, número 40, que conecta la resistencia estabilizadora en el circuito de los motores durante la marcha en recuperación, con objeto de que no se produzca un golpe de corriente en los motores cuando su excitación es débil. Es también del tipo de levas, y tiene cuatro contactores.

11. Un interruptor conmutador de recuperación, número 41, también del tipo de levas, y que funciona, en unión del interruptor anterior, para insertar el

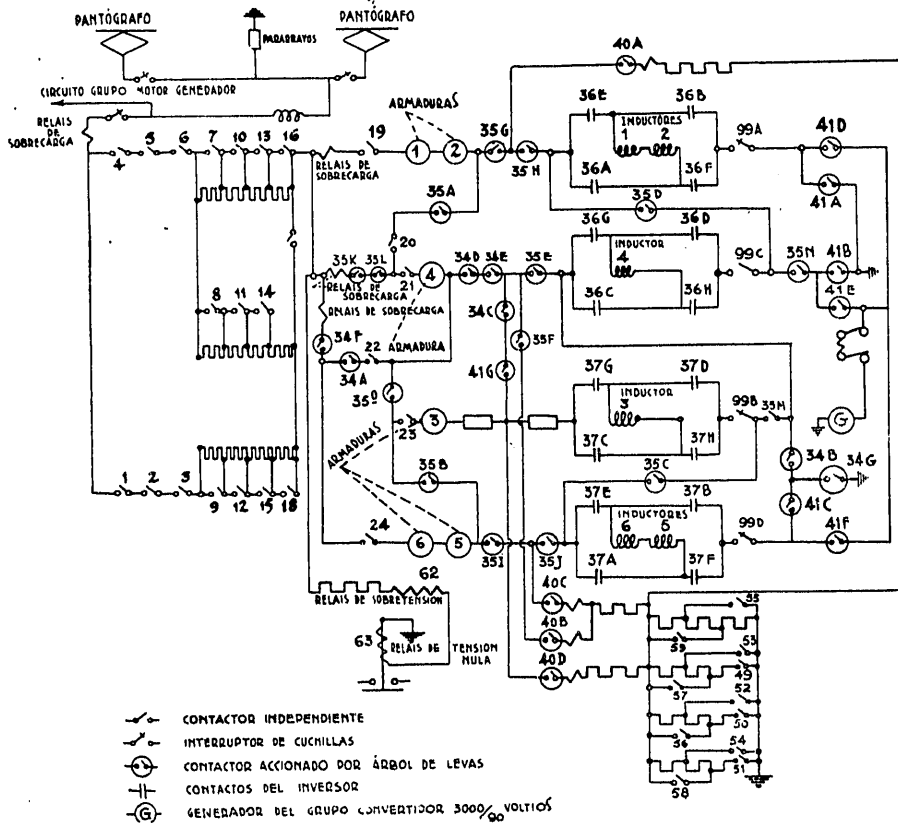


Fig. 37.

rios. Los otros tres *relais* se encuentran conectados en los circuitos de los motores 1 y 2, 5 y 6, 3 y 4, respectivamente, calibrados para abrirse a 310 amperios.

3.º Un *relais* de sobretensión, que protege a los motores del exceso de tensión que se puede producir durante la marcha en recuperación, principalmente. Su disparo tiene lugar cuando el voltaje aplicado a los motores alcanza un valor superior a 3 600 voltios.



vos combinadores, envían la corriente de control a los circuitos correspondientes. En el cuadro de la figura 38, se representa la posición de los contactores, para las diferentes posiciones de marcha de la locomotora.

El regulador de que nos estamos ocupando, y que, como acabamos de decir, establece los circuitos, tanto durante la marcha en tracción como en la de recuperación, tiene cuatro manetas, que son: de inversión, principal o de velocidad, de combinación de los motores y de recuperación.

La maneta de inversión tiene tres posiciones, marcadas *adelante*, *Off* o punto muerto y *atrás*, y puede moverse únicamente cuando la principal está en posición de punto muerto. La palanca del inversor se puede solamente sacar de su asiento cuando está en la posición *Off*, con lo cual tiene el maquinista la seguridad, llevándose la citada maneta al abandonar la locomotora, de que no queda ésta en posición de marcha.

La palanca de velocidad o principal puede moverse en un sector con doce muescas, de las cuales las once primeras corresponden a posiciones con resistencias en el circuito principal, y la doce, con dichas resis-

tracción pueden efectuarse las conexiones para el arranque en tracción, y en las de recuperación se establecen las conexiones y se ajustan los valores de la

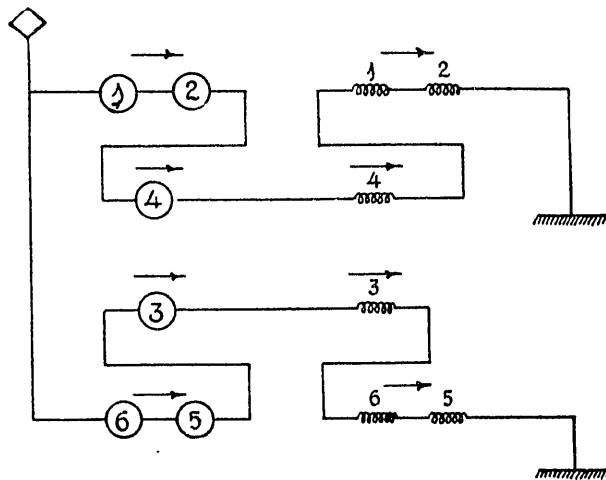


Fig. 40.

corriente del campo según se desee. Esta maneta sólo puede moverse de las muescas *tracción* a las de recuperación cuando la de velocidad está en la posición *Off*.

En las figuras 39, 40 y 41 se representan las conexiones de los motores y sus campos para las tres posiciones de la marcha en tracción, tantas veces citadas, serie, serie-paralelo y paralelo.

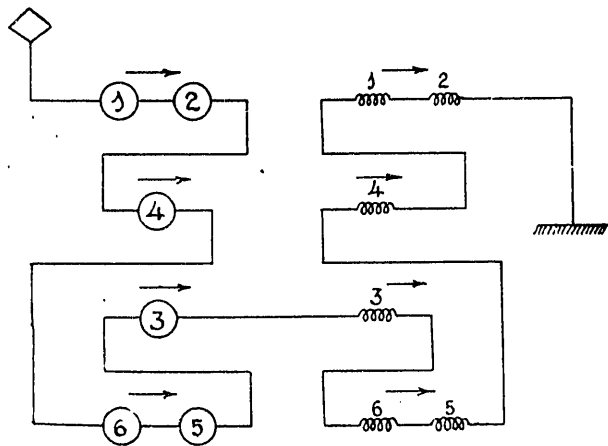


Fig. 39.

### Frenado por recuperación

tencias fuera de circuito. Esta palanca está enclavada con las de inversión y recuperación, de tal manera que no puede moverse, a no ser que estas últimas se encuentren en cualquiera de sus posiciones de operación.

La maneta de combinación de los motores tiene tres posiciones, que corresponden a las tres agrupaciones de los motores principales (serie, serie-paralelo de dos grupos de tres motores en serie, en paralelo y de tres grupos de dos motores en serie, en paralelo). Está combinada eléctricamente con la maneta de velocidad de tal manera, que la transición de la primera a la segunda, o de la segunda a la tercera combinación de motores, durante la marcha en tracción, pueda tener lugar solamente cuando la maneta de velocidad esté en la muesca correspondiente, y se hayan insertado, al mismo tiempo, las resistencias debidas en el circuito principal. Durante la recuperación, el enclavamiento eléctrico sólo permite hacer la transición de una combinación a otra de motores cuando la maneta de velocidad está en su posición *Off*, y, por consiguiente, los interruptores de línea abiertos.

Por último, la maneta de recuperación tiene diez posiciones: la primera corresponde a la marcha en tracción, y las otras, a la recuperación. En la muesca

En estas locomotoras los campos de los motores principales durante la marcha en recuperación se alimentan por la corriente procedente del generador del grupo motor-generator, empleándose por consiguiente, los seis motores para el frenado, a diferencia de lo hecho en las locomotoras de la General, en las que, como ya dijimos en el artículo VIII, se emplea uno de los motores para la excitación de los campos de los otros cinco, que conectados en serie funcionan como dínamos. Las conexiones eléctricas

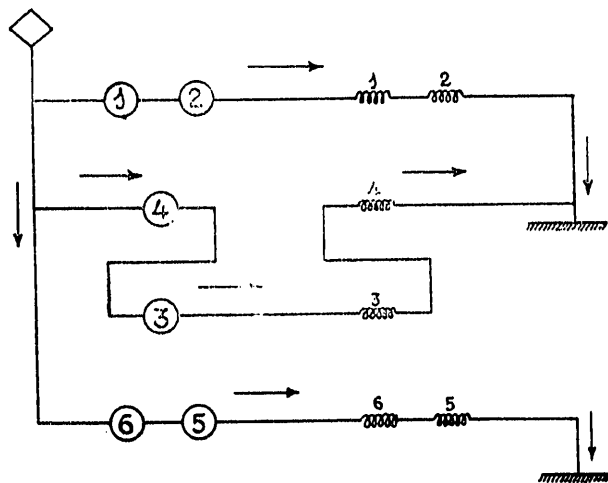


Fig. 41.

se establecen por medio del grupo de interruptores de recuperación, núm. 41, que se cierra después del grupo núm. 40, que pone en circuito las resistencias

estabilizadoras, que sirven para conseguir que el esfuerzo de frenado permanezca constante a pesar de las variaciones de la tensión en la línea de contacto.

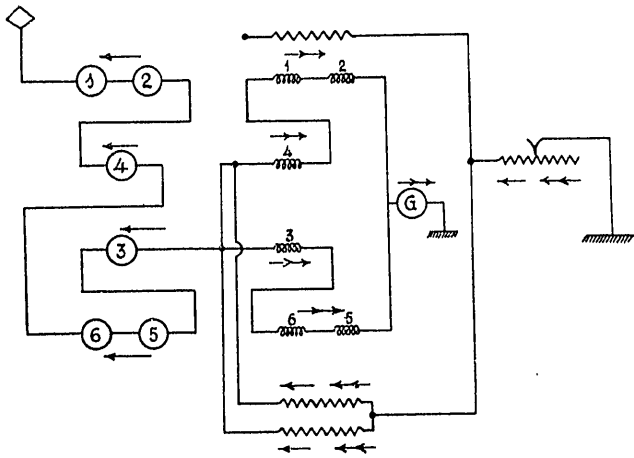


Fig. 42.

El sistema adoptado en estas locomotoras permite aprovechar para la marcha en recuperación, las tres conexiones de los motores principales: serie, serie-paralelo y paralelo. Con esto se consigue que la potencia de frenado sea muy grande, y que se pueda emplear la recuperación para velocidades comprendidas entre 14 y 65 km por hora. La escala de velocidades que se pueden obtener con las tres combinaciones de motores durante la marcha en recuperación son las siguientes:

Combinación primera.....	14 a 28,2 km/hora
Idem segunda.....	27,3 a 51,1 »
Idem tercera.....	40 a 65 »

En las figuras 42, 43 y 44 se representan los circuitos principales y de excitación de los motores durante la marcha en recuperación para las combinaciones serie, serie-paralelo y paralelo. Los inducidos se conectan en la misma forma que durante la marcha en tracción, y los campos se alimentan del generador del grupo motor-generator a través de una resistencia fija y otra variable para graduar la excitación según el esfuerzo de frenado que se quiera ob-

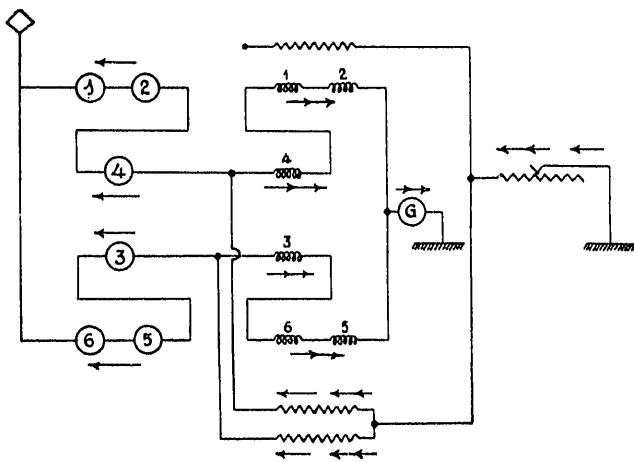


Fig. 43.

tener. La corriente principal pasa desde tierra a la resistencia variable, y de ésta a la fija, a los inducidos de los motores, a las resistencias de arranque (intercaladas en el circuito al meter la recuperación,

para evitar un golpe de corriente en los motores cuando la excitación de los mismos es débil, y que se suprimen en cuanto ésta tiene un valor suficiente), y, por último, al trole. La de excitación circula en el mismo sentido que la principal, y se establece desde el generador a la resistencia variable y fija y a los campos de los motores. En las figuras que acabamos de indicar se representa el sentido de la corriente principal por  $\leftarrow$  y el de la excitación por  $\leftarrow\leftarrow$ .

El voltaje en los campos de los motores es proporcional a la corriente del campo, y el voltaje en las resistencias, a la suma de las corriente principal y del campo. Por consiguiente, si la intensidad de la corriente principal aumenta, bien debido a una disminución de la tensión de la línea, o bien a un incremento de la velocidad de la locomotora por variación en el perfil de la vía, el voltaje en la resistencia tenderá a aumentar, y como la tensión en el generador es constante, tendrá forzosamente que disminuir la intensidad de la corriente del campo, para evitar el aumento de voltaje de que estamos hablando. Esta disminución dará como resultado una tensión y una intensidad de corriente menores en los motores principales, consiguiéndose por tanto, un equilibrio de

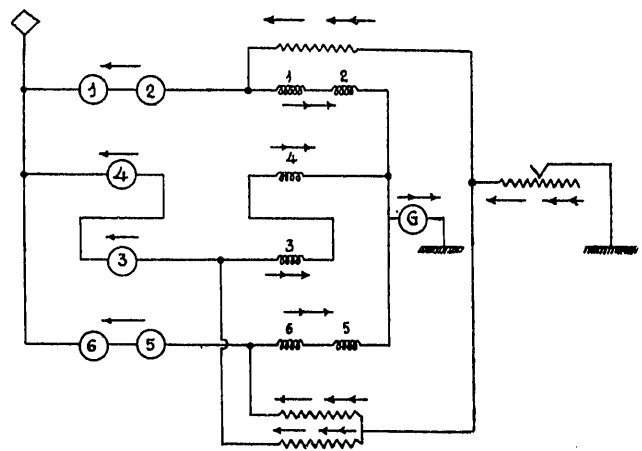


Fig. 44.

funcionamiento para variaciones pequeñas de voltaje de la línea, o de inclinación de la pendiente, sin necesidad de modificar la posición de la maneta del regulador de mando.

La carga en los motores se mantiene igual gracias a la resistencia estabilizadora, que tiene por objeto igualar las de los circuitos del campo, con lo que, como la tensión que se aplica a los citados campos es la misma (generador del grupo motor-generator), las condiciones de excitación de los motores son idénticas.

Como se ve claramente en las figuras 42, 43 y 44, la corriente principal circula durante la recuperación en sentido contrario al de la tracción por los inducidos de los motores, por lo cual el amperímetro del inducido que indicó hacia la derecha durante la marcha en tracción, marcará hacia la izquierda durante la recuperación, y su lectura mide la intensidad de corriente por motor que se devuelve a la línea. En cambio, el amperímetro del campo, que marcaba durante la tracción la intensidad de corriente absorbida de la línea por motor (recuérdese que se trata de motores con excitación serie), marcará ahora la corriente de campo de los motores principales, tomada del generador a 90 voltios.

### Circuito de servicios auxiliares

Según antes dijimos, además del circuito principal a 3 000 voltios que alimenta los motores de tracción de la locomotora, existe otro circuito auxiliar a esta misma tensión, para el funcionamiento del motor del grupo motor-generator.

Este grupo, que va montado en el *capot* núm. 2, suministra la corriente a 90 voltios para los motores auxiliares, control, batería de acumuladores, y, por último, excitación de los campos de los motores principales durante la recuperación.

Su puesta en marcha se hace mediante un botón pulsador montado en el panel de instrumentos de cada cabina, que acciona el interruptor situado en el departamento de alta tensión, y que pone en comunicación el motor del grupo con el trole.

El motor del grupo es del tipo bipolar de colector doble, alimentado directamente por la corriente del trole a 3 000 voltios, siendo, por consiguiente, la tensión por colector de 1 500 voltios. Su capacidad normal es de 35 kw a 90 voltios, y 3 000 voltios en el motor.

### Circuito a 90 voltios

La corriente a 90 voltios generada por la dinamo del grupo que acabamos de citar alimenta, además del circuito de control, el de alumbrado y la calefacción de la locomotora, los motores auxiliares del compresor, de las dos bombas de vacío y de los ventiladores.

En paralelo con el generador va conectada una batería de acumuladores, destinada a producir la energía necesaria para el control, alumbrado, compresor y una bomba de vacío para caso de socorro. Con objeto de evitar que la batería se descargue sobre el generador cuando la tensión de éste sea menor que la de aquélla, existe un *relais* de corriente invertida. Hay, además, un *relais* de sobrecarga que protege la batería contra cualquier aumento anormal de voltaje en el generador del grupo.

Los ventiladores están situados uno en cada *capot*, y se accionan por motores de 8 1/2 CV a 90 voltios. Suministran aire a los motores principales de tracción y a las resistencias de aceleración.

El compresor de aire, para el control y frenos de la locomotora está movido por un motor idéntico a los de los ventiladores.

Las dos bombas de vacío son rotativas, están situadas una en cada *capot* y sirven para mantener el vacío necesario para el frenado del tren. La bomba situada en el *capot* núm 2 puede funcionar a dos velocidades: rápidamente, para obtener un vacío energético al aflojar los frenos, y a menor velocidad, para mantenerlo y compensar las pérdidas en la tubería de freno.

Durante la recuperación no pueden aplicarse los frenos de la locomotora, y para ello existe una válvula magnética de enclavamiento, del tipo electro-neumático, que no funciona mas que cuando aquélla marcha en recuperación. Los frenos del tren pueden, en cambio, aplicarse y ayudar al frenado obtenido por la marcha en recuperación.

## Presas de gravedad y presas de bóvedas múltiples <sup>(1)</sup>

### III

Los defectos que el ingeniero Fantoli atribuye a las presas de bóvedas múltiples (*Energia Elettrica*, octubre 1924) son los siguientes:

1.º Un pequeño desgaste o corrosión en una limitada porción de la bóveda; un material averiado por sí mismo o por el hielo; el asiento parcial de un solo contrafuerte; la fisura de un arco, etc., son causas probables de la ruina de toda la estructura.

2.º Bajo la fuerte carga hidráulica, la permeabilidad dañosa de la pantalla sutil es, con el tiempo, inevitable.

3.º Pueden ser más perjudicadas por posibles acciones violentas e imprevisas, como un golpe de alud, la caída de un bloque desde la ladera, un corrimiento de ésta, el choque de un témpano flotante, el ataque con explosivos por un malvado, una bomba de avión enemigo, etc.

De dos de estos inconvenientes vamos a ocuparnos en este artículo: el de las filtraciones y el del efecto del hielo.

Las presas de bóvedas múltiples, por sus exiguos espesores, y a pesar de la racional dosificación de los elementos aglomerante y áridos del hormigón, están

más expuestas a filtraciones que las presas de gravedad. En éstas se cuida que resulte suficientemente rico y bien dosificado, para dar garantía de compacidad, el hormigón, en un cierto espesor a partir del paramento de aguas arriba; espesor que es mayor que el máximo que tienen en la base las bóvedas del tipo de contrafuertes.

Dos efectos cabe separar en las filtraciones: la pérdida de caudal, con las consecuencias dañosas que éste puede producir por su misma pérdida y por el arrastre de partículas a través o por debajo de la presa, y la subpresión. Esta última tiene mucha más importancia en las presas de gravedad. Pero, aparte de que éstas suelen calcularse teniendo en cuenta con importancia más o menos restringida, en los tipos modernos se suelen disponer drenajes cerca del paramento de aguas arriba y en los cimientos, de modo que dicha subpresión queda anulada o muy reducida en la mayor parte de cualquier junta ideal de la presa. En las de bóvedas múltiples esta subpresión tiene escasa importancia, por ejercerse sólo en el espesor escaso de estas bóvedas.

En la presa de Tirso, dice Kambo (*Energia Elettrica*, junio 1925) que el caudal de aguas filtradas alcanzó un máximo de 55 litros por segundo con 53 m de carga de agua (5,4 m por debajo de la máxima admitida en el proyecto).

En una carta que en la *Energia Elettrica* (mayo

(1) Véase REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, números 2 451 y 2 452, páginas 205 y 236.