

LAS ULTIMAS ELECTRIFICACIONES REALIZADAS POR LA RENFE: BRAÑUELAS-LEON Y UJO-GIJON

Trabajo realizado bajo la dirección de
D. JOSE M.^a GARCIA LOMAS,
Ingeniero de Caminos.

Las dos electrificaciones mencionadas en el título de este trabajo presentan características destacadas dentro del Plan General de Electrificación de la RENFE: la de Ujo a Gijón, que en breve se completará con la de León a Busdongo, como complemento de la electrificación de Busdongo a Ujo, primera electrificación a 3000 voltios c. c., realizada en nuestro país en 1924, para servir el importante tráfico minero y siderúrgico de la región asturiana, y la de Brañuelas-León, continuación de la de Ponferrada-Brañuelas, porque, aparte de que ambas obras han resuelto por completo el problema de la salida de carbones de la cuenca de Ponferrada, constituyen elemento integrante de un complejo ferroviario único en nuestra Red Nacional, del que, además, forman parte la renovación de vía, la sustitución de puentes, la construcción de la nueva estación y cargaderos de Ponferrada y la instalación del Mando Centralizado del tráfico en la Sección del puerto de Brañuelas, instalación la más importante de esta clase hasta ahora realizada en Europa.

I

PRELIMINARES

En los primeros días del año en curso, el Ministro de Obras Públicas, acompañado del de Industria, ha inaugurado la electrificación de la línea férrea en los trayectos comprendidos entre Brañuelas-León y Ujo-Gijón.

El primero de ellos, Brañuelas-León, completa la electrificación entre Ponferrada y León, y cuya primera parte, Brañuelas-Ponferrada, está ya en servicio desde hace algún tiempo. El segundo, Ujo-Gijón, empalma con el trayecto electrificado desde hace más de treinta años entre Busdongo y Ujo, que, a su vez, empalmará con el de León-Busdongo, completándose con la electrificación de los ramales de Oviedo a Trubia, Villabona a San Juan de Nieva y Soto de Rey a Ciaño-Santa Ana, la de todas las líneas férreas de ancho normal de Asturias.

Es bien sabido que las primeras electrificaciones de vía ancha, iniciadas por la antigua Compañía del Norte, pretendieron resolver agudos problemas de la explotación y se limitaron a trayectos relativamente cortos, de trazado difícil o de tráfico excepcionalmente abundante, como fueron el de Busdongo-Ujo, que representaba la electrificación del Puerto de Pajares, de trazado tan duro; el de Barcelona a Manresa y San Juan de las Abadesas, y finalmente el de Alsasua a Irún.

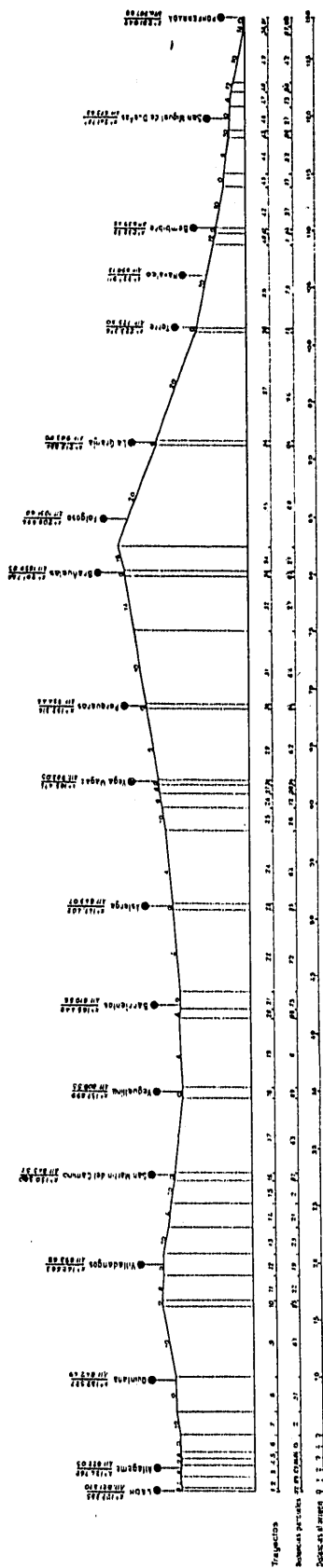
En cambio, los nuevos planes de electrificación emprendidos por la RENFE, muy conocidos y divulgados en diversas publicaciones, tienen propósitos más amplios, encuadrados en una política económica más extensa.

En el caso que nos ocupa, la electrificación entre

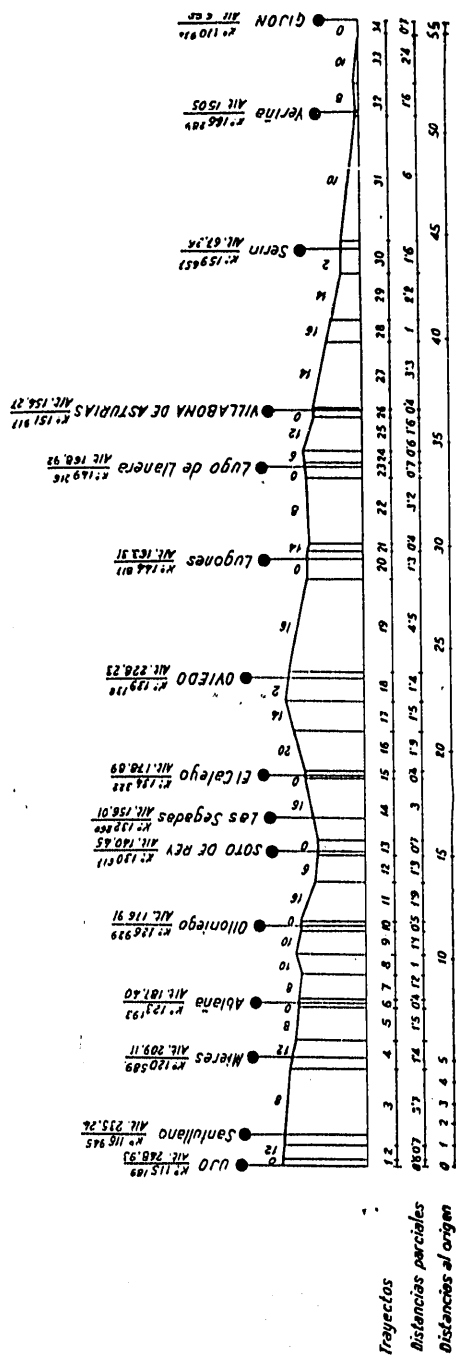
Ponferrada-León y Gijón, permitirá no solamente la salida hacia el centro de la Península con absoluta regularidad y capacidad apropiada de los productos carboníferos procedentes de las cuencas de Ponferrada y Asturias, sino realizar, con iguales características y sin solución de continuidad, el intenso tráfico que va a producirse con motivo de la puesta en servicio de las instalaciones siderúrgicas de Avilés, las cuales emplearán en importante proporción los minerales procedentes del Coto Wagner, situado en las proximidades de Ponferrada. Finalmente, la electrificación de los ramales de Asturias, con los acondicionamientos y mejoras previstos, realizará la intensificación del importante proceso de industrialización de toda la región.

Se presentan, pues, estas electrificaciones no como una mejora puramente ferroviaria, sino como una medida más que pueda servir de estímulo y catalizador de todo el proceso económico de las zonas afectadas, dotando a dicho medio de transporte de los elementos precisos para abastecer adecuadamente el aumento de tráfico que la industrialización produce, y en este sentido, no cabe duda que la electrificación es el medio más apropiado para aumentar la capacidad de las líneas. Problema muy importante, pues tanto la de León a Ponferrada, con la fuerte estrangulación del Puerto de Brañuelas, como la de León al mar, con la del Puerto de Pajares, son dos líneas en vía única, cuya capacidad resulta excepcionalmente reducida si se explotaran con tracción de vapor.

Por todo ello, cuando hace pocos años, y como medida preliminar, se electrificó la rampa de Brañuelas para aumentar la capacidad entre León y Ponferrada, se comprobó una vez más cómo la tracción eléctrica permite incrementar fácilmente, en



Perfil reducido León-Ponferrada.



Perfil reducido Ujo-Gijón.

grandes proporciones, la capacidad de las líneas que poseen aquellas características. En efecto, entre Torre y Brañuelas, a pesar de las mejoras introducidas en las estaciones del trayecto y del empleo de locomotoras de vapor más potentes de la Red, no se conseguía que el tráfico en el sentido Torre-Brañuelas, es decir, de subida, pasase de unas 6 000 toneladas diarias. Con la electrificación, el tráfico alcanzó en breve plazo la cifra de unas 13 000 toneladas diarias, que es, más o menos, lo que actualmente se remueve en dicho sentido ascendente.

A este aumento de capacidad ha cooperado también la instalación del "mando centralizado del tráfico" (C.T.C.), que más adelante se describe.

La electrificación de los trayectos Ponferrada-León y Ujo-Gijón se ha realizado, tal como estaba previsto, en corriente continua, a la tensión de 3 300 voltios, alimentando la línea de contacto por intermedio de subestaciones transformadoras provistas de convertidores de vapor de mercurio.

A su vez, estas subestaciones son alimentadas por líneas que parten de las centrales o redes de frecuencia industrial que suministran energía eléctrica en las regiones antedichas.

En general, todas las instalaciones se han previsto con la amplitud suficiente para hacer frente a los incrementos posibles del tráfico, pero con criterio sumamente económico, procurando que los gastos de primer establecimiento exigidos por la electrificación sean los más reducidos posibles.

II

BREVE DESCRIPCION DE LOS PRINCIPALES ELEMENTOS DE ESTAS ELECTRIFICACIONES

II-1. Línea de contacto a 3 000 voltios.

GENERALIDADES.

La línea de contacto es del tipo de catenaria recta poligonal en vía general, manteniéndose centrada dentro de la zona de 1,00 m. de anchura a 5,50 de altura, barrida por los frotadores de los pantógrafos mediante brazos de atirantado colocados en los tramos rectos cada 120 m. y en cada poste en las curvas. Para las estaciones que poseen numerosas vías secundarias, se ha adoptado el tipo de línea de contacto con *suspensión tranviaria*, es decir, que la línea se compone solamente de un hilo de contacto, sin sustentador. En ella se ha adoptado un tipo de vano de 30 m., en lugar de los 60 que tiene el vano tipo de la catenaria en vía general.

COMPOSICIÓN DE LA LÍNEA EN VÍA GENERAL.

Se compone de un cable sustentador, de cobre, de 153 mm.², formado por un solo cordón de 37 hilos, de 23/10 de ϕ , y de dos hilos ranurados de contacto, de 107 mm.² de sección, siguiendo la norma de las electrificaciones anteriores.

Además se lleva sobre los mismos aislamientos, en los trayectos en que es necesario, un cable fider,

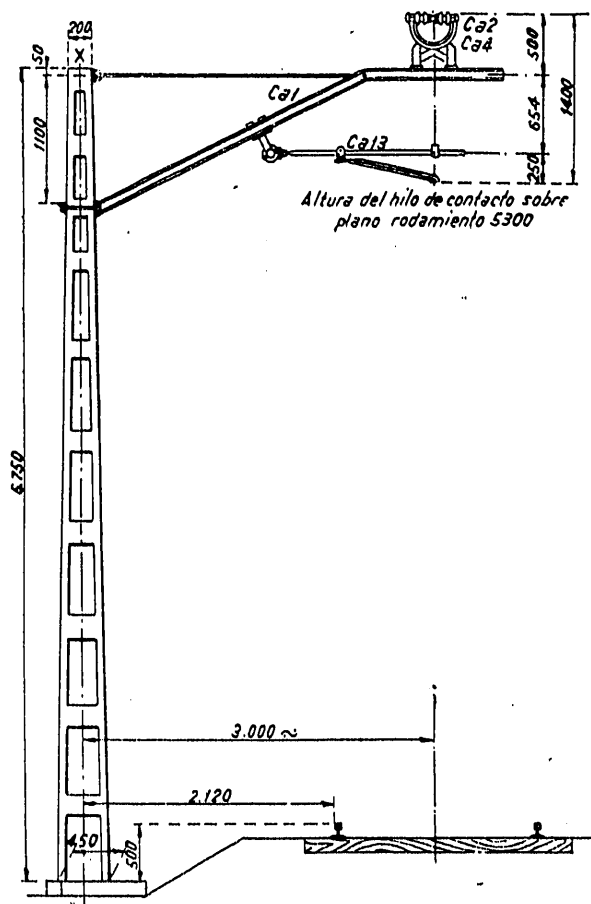
para reforzar la sección de la catenaria a la que acompaña. Este cable fider tiene las secciones siguientes:

León-Brañuelas	225 mm. ² de sección de cobre.
Torre-Ponferrada	225 » » »
León-Busdongo	153 » » »
(León-Busdongo en período de montaje).	
Ujo-Gijón	153 mm. ² de sección de cobre.
Soto del Rey-Ciaño ...	153 » » »
Villabona-San Juan	153 » » »
(Soto del Rey y Villabona en período de montaje).	

AISLAMIENTOS.

La catenaria de vía general, fuera de estaciones, se apoya sobre una silleta colocada encima de la ménsula, provista de un eje con tres aisladores — el del centro en forma de diávolo —, que sostiene el cable sustentador de la catenaria.

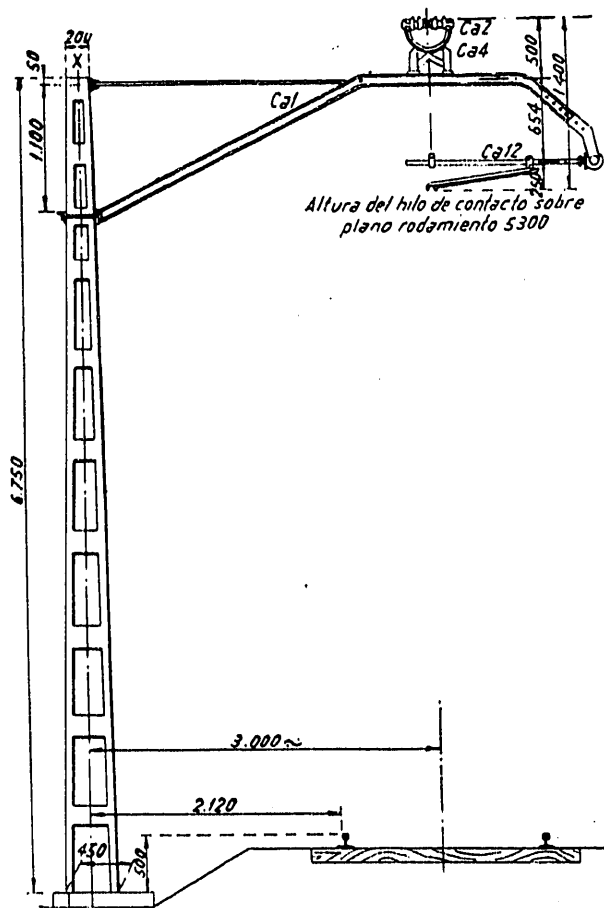
Las catenarias de estación se suspenden y atirantan mediante cables transversales tendidos entre postes, cuyo tipo y distancia entre sí dependen de



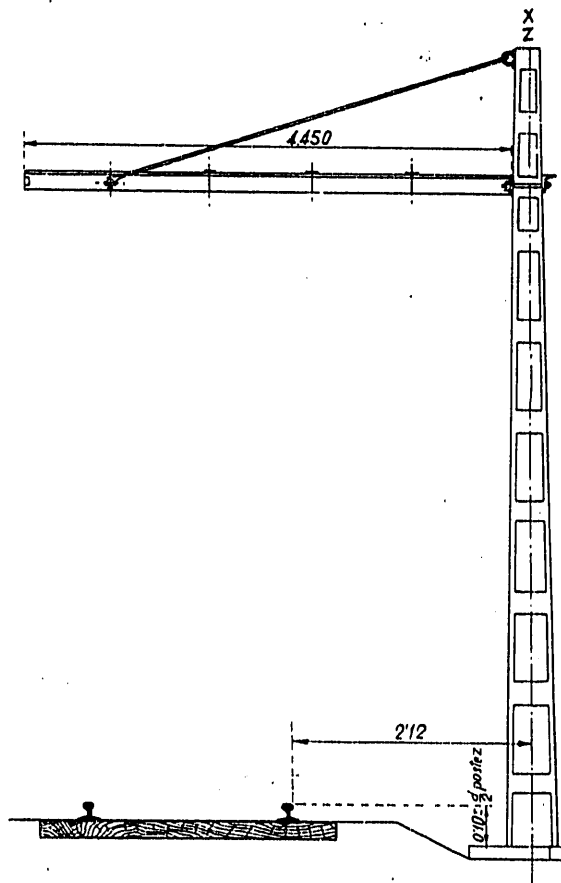
Equipo en recta con atirantado dentro.

la disposición de las vías y de la carga mecánica producida por las líneas. El aislamiento de los transversales, junto a los postes, consiste en cadenas de dos aisladores en serie, capaces de resistir un esfuerzo de 6 toneladas.

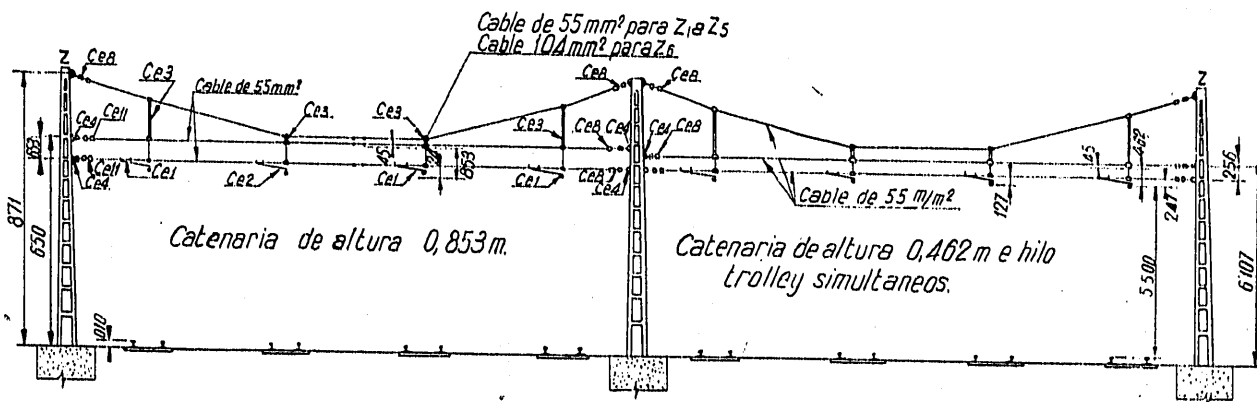
En los brazos de atirantado en recta y curva, plena vía, se utilizan los mismos conjuntos de aislamiento de suspensión de la catenaria. Por lo tanto, en todos los puntos existe doble aislamiento respecto a tierra.



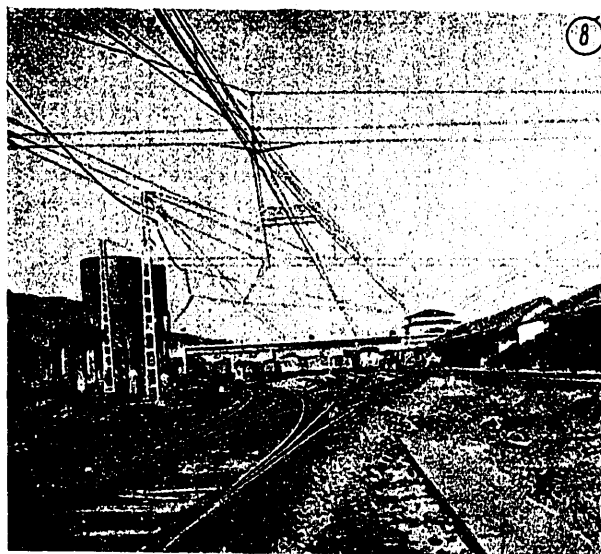
Equipo en recta con atirantado fuera.



Equipo ménsula para un hilo de contacto.



Equipo pórtico con sustentadores.



Línea aérea estación Ponferrada.

POSTES Y MÉNSULAS.

Todos los postes son metálicos. Los utilizados en plena vía, tipos X_1 al X_4 , tienen una longitud total de 7,750 m., con empotramiento de 1 m.; los de estaciones, tipos Z_1 al Z_5 , poseen 9,750 m., y sus montantes principales son dos U de 140 a 220 mm. Existen, además, otros tipos especiales para anclajes y vanos transversales excepcionalmente largos.

Las ménsulas son del tipo de tornapunta, con tirante horizontal. Para el atirantado en curva con poste interior, se prolonga el cuerpo de la ménsula, a fin de poder sujetar, en dicha prolongación, el sistema constituido por el atirantado.

En los túneles y pasos superiores se suspende la línea de unos herrajes de la clásica forma de U invertida, entre cuyas ramas va sujeto el eje provisto de los tres aisladores del sistema general. Dichos herrajes se sujetan a las bóvedas y vigas mediante pernos fijados con mortero de cemento.

Los macizos de cimentación de los postes se han construido con hormigón de 150 Kg. de cemento por metro cúbico.

ESQUEMA ELÉCTRICO DE LA LÍNEA.

Los esquemas eléctricos relativos a las secciones León a Ponferrada y Ujo a Gijón comprenden la alimentación de la línea de contacto, junto con los seccionamientos de lámina de aire que separan los diferentes trozos en que puede dividirse la instalación para facilitar los trabajos de conservación con cortes de corriente.

ACOPIOS.

Todo el material de la línea de contacto es de procedencia nacional. En las electrificaciones que nos ocupan, León-Ponferrada —excepto el puerto de Brañuelas— y Ujo-Gijón, se han empleado las siguientes cantidades:

Postes y herrajes	1 578 'Tn.
Cemento	4 288 'Tn.
Hormigón (150 Kg./m. ³ cemento)	28 583 m. ³
Cobre (cables, hilos y pletinas)	940 'Tn.

Las economías más importantes obtenidas en estas instalaciones, en comparación con las anteriores de Barcelona, Alsasua y M.A.S. (de tipo francés), han sido, *grosso modo*, las siguientes:

Postes y herrajes	60 % de economía.
Cemento	50 % »
Hierro maleable	90 % »
Tornillería	80 % »
Porcelana	50 % »

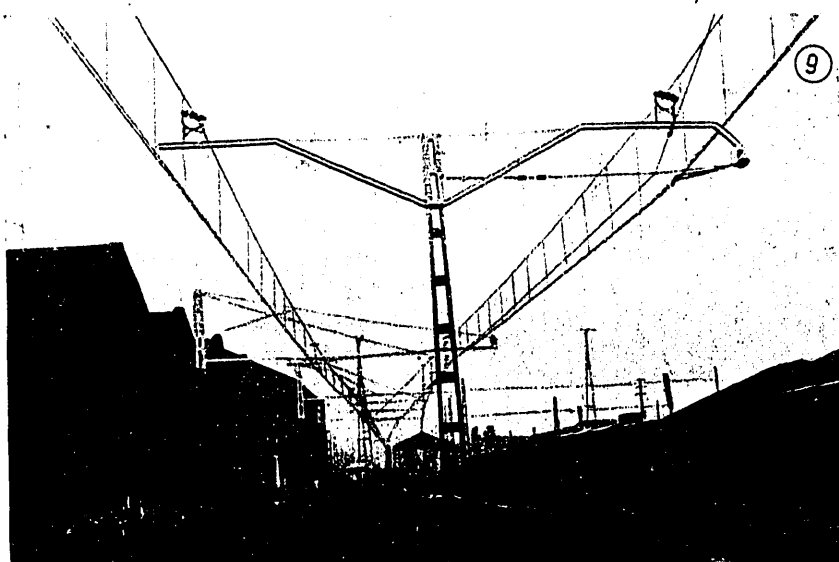
II-2. Líneas de alimentación de las subestaciones de tracción.

A la vista del emplazamiento de las diferentes subestaciones, estudiados por los servicios correspondientes para las secciones de León-Ponferrada y Ujo-Gijón, y conocidos los centros suministradores de energía más convenientes, elegidos de acuerdo con las Empresas distribuidoras de energía eléctrica, se hizo para cada línea de alimentación el trazado más conveniente, siguiendo el criterio de acercarla lo más posible al ferrocarril, carreteras y caminos, sin que ello ocasionara un aumento excesivo de su longitud, con objeto de permitir el más fácil y rápido acceso a las mismas, simplificando la vigilancia y reparación de aquellas averías que eventualmente puedan producirse.

Una vez fijados los trazados, se proyectaron las líneas de acuerdo con el vigente Reglamento de Instalaciones Eléctricas, y construidas en la forma corriente para este tipo de transporte de energía eléctrica.

Como cada línea tiene unas características determinadas de tensión y longitud, resultan diferentes la sección de los conductores, el aislamiento empleado, el tipo de poste y el vano medio en cada una de ellas.

La descripción somera del volumen y elementos empleados en cada línea los resumiremos en los estados siguientes:



Línea aérea estación León.



Aguja aérea en vía general.

*Línea de alimentación a la S./E. de Ponferrada
y variante de la línea a la Granja.*

Longitud	4,865 Km.
Vano medio	100 m.
Tensión de alimentación	45 KV.
Sección del conductor de cobre	$3 \times 70 \text{ mm.}^2$

Línea de alimentación a la Subestación de Astorga.

Longitud	1,200 Km.
Vano medio	120 m.
Tensión de alimentación	45 KV.
Sección del conductor de cobre	$3 \times 50 \text{ mm.}^2$

*Doble línea de alimentación a la Subestación
de Quintana.*

Longitud. {	1. ^a	5,050 Km.
	2. ^a	4,960 Km.
Total de las dos líneas...		10,010 Km.
Vano medio	150 m.	
Tensión de alimentación en am- bas	45 KV.	
Conductor de aluminio-acero de sección equivalente a ...	$3 \times 35 \text{ mm.}^2$ de cobre.	

*Línea de alimentación a la Subestación de Oviedo.
(Con doble circuito.)*

Longitud	0,224 Km.
Vano medio	60 m.
Tensión de alimentación	50 KV.
Sección del conductor de cobre	$3 \times 35 \text{ mm.}^2$

Línea de alimentación a la Subestación de Veriña.

Longitud. {	1. ^a	0,130 Km.
	2. ^a	0,050 Km.
Total de las dos líneas...		0,180 Km.
Vano medio	90 m.	
Tensión de alimentación	50 KV.	
Sección del conductor de cobre	$3 \times 35 \text{ mm.}^2$	

II-3. Subestaciones de tracción.

Para la alimentación en corriente continua de la línea de trabajo de estas electrificaciones se han instalado Subestaciones transformadoras de energía eléctrica trifásica, 50 p./seg. en continua, con grupos de transformación — constituidos por un transformador y un rectificador de vapor de mercurio —, que presentan, en comparación con los sistemas empleados anteriormente, las ventajas de ser aparatos

estáticos, poseer un mayor rendimiento y soportar grandes sobrecargas.

La electrificación provisional Torre-Brañuelas, inaugurada el año 1949, se hizo a 1 500 V., pero se preparó la subestación de La Granja para el cambio a 3 000 V., que había de exigir la posibilidad de acoplarla a las electrificaciones actualmente inauguradas de Torre-Ponferrada y León-Brañuelas. Esta previsión permitió hacer el cambio de tensión entre Brañuelas y Torre en pocos minutos, sin una sola interrupción en el servicio con tracción eléctrica.

En las secciones León a Brañuelas y Torre-Ponferrada se han instalado una subestación de dos grupos (transformador-rectificador) en Quintana y en Astorga, y una subestación de un grupo en Ponferrada, alimentadas a 45 KV. 50 Hz.

En el trayecto León-Busdongo, actualmente en montaje, se dispone de una subestación en La Robla, alimentada, como las anteriores, a 45 KV. 50 Hz., y para la electrificación de Asturias y ramales se han instalado cuatro subestaciones de un grupo en Peñarrubia, Oviedo, Veriña y Villalegre. En todas estas subestaciones se ha previsto sitio para la instalación de otro grupo más, si así lo exige el crecimiento del tráfico.

Cada subestación comprende un equipo de aparatos instalados en el interior de un edificio y otros aparatos para su instalación en el exterior. Consta, por consiguiente, de:

A) Parque exterior.

B) Edificio.

El parque exterior está constituido por:

1. Llegadas de las líneas de alimentación.
2. Transformadores de tensión e intensidad para la medida.
3. Transformadores e interruptores de grupo.
4. Transformador de servicios auxiliares de la subestación.
5. Conexión del grupo móvil.

1. El número de llegadas de cada subestación es variable. En las subestaciones de la electrificación de León-Ponferrada-Busdongo, las subestaciones de Ponferrada y Astorga tienen dos llegadas, Quintana tres y La Robla una. Las subestaciones de Villalegre y Veriña (Asturias) tienen dos llegadas de línea con disyuntor único para ambas llegadas, y las de Oviedo y Peñarrubia dos llegadas con un disyuntor en cada una de ellas.

Cada llegada está compuesta por:

Un seccionador tripolar de maniobra a mano, con cuchillas de puesta a tierra con mando independiente.

Tres transformadores de intensidad para alimen-

tación de los relés RBT5 de protección por máxima intensidad.

Un disyuntor tripolar de volumen reducido de aceite, de mando eléctrico por motor, alimentado en continua 110 V. Este disyuntor se gobierna desde el panel de mando, situado en el edificio de la subestación.

Un seccionador tripolar exterior, para aislamiento de la llegada de línea de las barras ómnibus de alterna.

Finalmente existen tres pararrayos monopoles con su correspondiente seccionador tripolar de mando mecánico.

2. Medida.

En el parque exterior se han instalado, para la medida, los siguientes aparatos:

Un seccionador tripolar de mando mecánico.

Tres transformadores de intensidad.

Tres transformadores de tensión.

3. Grupo transformador-rectificador.

Del grupo transformador-rectificador van emplazados en el parque exterior los siguientes aparatos:

Un seccionador tripolar para independizar el grupo de las barras ómnibus de alterna.

Tres transformadores de intensidad de doble arrollamiento secundario, uno de ellos para alimentación de los relés de protección por máxima del grupo, y el otro, para alimentación del dispositivo de bloqueo del grupo por mando de rejillas.

Un disyuntor DH tripolar de volumen reducido de aceite, de protección del grupo.

Un transformador de potencia (principal), en baño de aceite, construido para alimentación de un rectificador de vapor de mercurio de las características siguientes:

Potencia nominal, 2 000 Kw.

Tensión primaria, 45 kV. en las subestaciones de Ponferrada, Astorga, Quintana y La Robla, y 50 kV. en las de Peñarrubia, Oviedo, Veriña y Villalegre.

Tensión secundaria: Prevista para obtener la tensión nominal en continua de 3 275 V.

Conexión. { Primario: Triángulo.
Secundario: Doble estrella y bobina de absorción.

Tomas secundarias a ± 5 y ± 7 %, accionables únicamente con el transformador fuera de tensión.

Una bobina de absorción.

4. Servicios auxiliares.

Están constituidos por:

Un seccionador tripolar para desconectar el transformador de servicios auxiliares de barras ómnibus de alterna.

Tres fusibles monopoles para protección del transformador.

Un transformador trifásico en baño de aceite de 50 KVA.:

Tensión primaria: Igual que el transformador principal.

Tensión secundaria: En vacío, 231 V.

Conexión. { Primario: Triángulo.
Secundario: Estrella con centro accesible.

Tomas suplementarias: a ± 5 %, bornas auxiliares en baja tensión.

5. Para enganche del grupo móvil se ha dispuesto un seccionador tripolar que permite la conexión del mismo, aunque la subestación fija esté funcionando.

B) EDIFICIO.

En el interior del edificio van instalados:

1. Los rectificadores y sus accesorios

2. Extrarrápidos de protección de los grupos y feeders de continua.

3. By-pass y sus seccionadores.

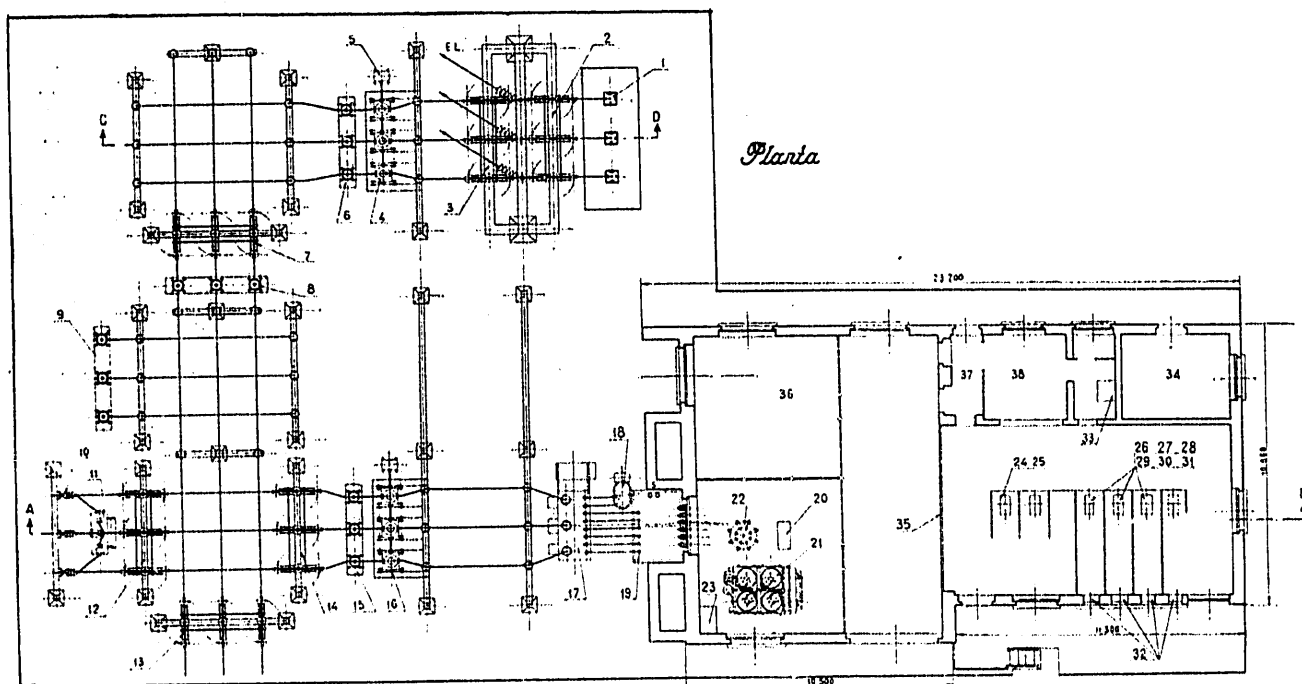
4. Panel de mando y control.

5. Servicios auxiliares de la subestación.

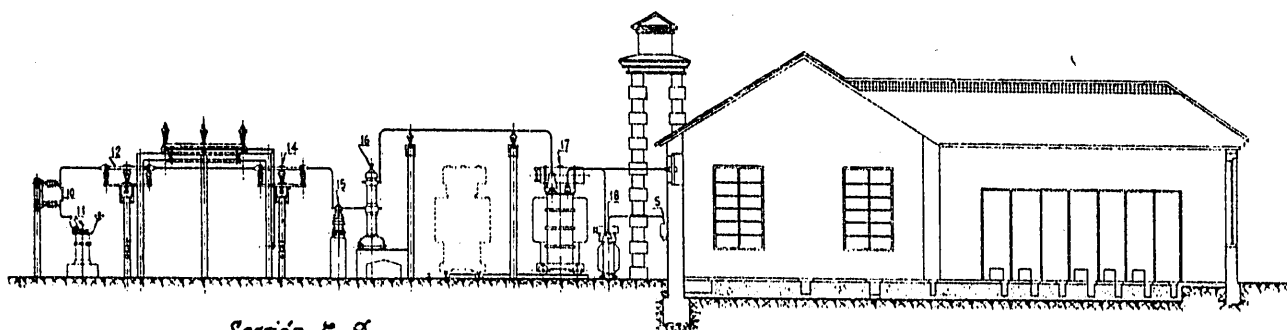
En la fachada del edificio de las subestación, por su parte interior, están montados los pararrayos de protección de ánodos, cuya misión es descargar a tierra las sobretensiones originadas por variaciones de carga y cortocircuitos.

En la celda del rectificador van instalados: el rectificador con el armario de automaticidad del mismo y el armario de la protección por bloqueo con tensión negativa de las rejillas del rectificador, la auto-inducción de amortiguamiento y los filtros de armónicas.

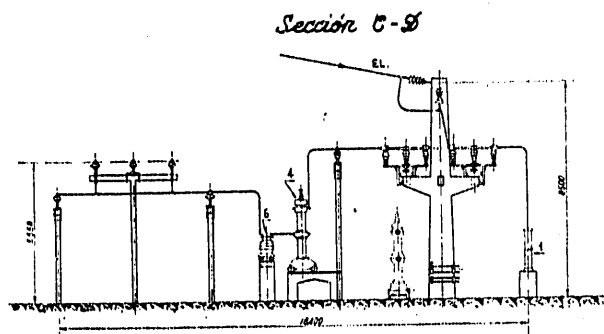
Todo el material eléctrico contenido en la celda del rectificador está a alta tensión continua (3 300 V.), por lo que se ha dispuesto una verja que impida el acceso al mismo. Si estando el grupo en servicio alguien, distraídamente, entrara por la puerta de acceso al interior de la celda, un enclavamiento eléctrico desconectaría el grupo al abrir la puerta. Tampoco es posible poner en servicio el grupo si la puerta no está cerrada.



Sección A-B



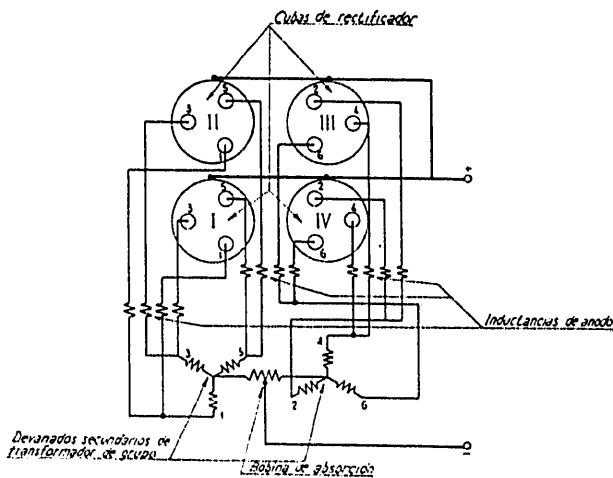
Sección C-D



DESIGNACION DE APARATOS

- | | |
|---|--|
| 1. Pararrayos de protección de la línea de llegada. | 20. Dispositivo de bloqueo del rectificador por mando de rejillas. |
| 2. Seccionador de pararrayos. | 21. Rectificador. |
| 3. Idem de la línea de llegada. | 22. Bobina de amortiguación. |
| 4. Disyuntor en aceite de la línea de llegada. | 23. Filtros de armónicas. |
| 5. Mando del disyuntor. | 24. Extrarrápidos de grupo. |
| 6. Transformadores de intensidad. | 25. Seccionador monopolar extrarrápido de grupo lado o.c. |
| 7. Seccionador de la subestación. | 26. Seccionador para el extrarrápido de feeder correspondiente a barras omnibus. |
| 8. Transformadores de intensidad para la medida. | 27. Extrarrápido de feeder. |
| 9. Transformadores de tensión para la medida. | 28. Seccionador para el extrarrápido de feeder correspondiente a la línea catenaria. |
| 10. Fusibles de protección del transformador de servicios auxiliares. | 29. Seccionadores de barra by-pass. |
| 11. Transformador de servicios auxiliares. | 30. Seccionador de pararrayos del feeder de continua. |
| 12. Seccionador del transformador de servicios auxiliares. | 31. Pararrayos de continua. |
| 13. Seccionador subestación móvil. | 32. Salidas de feeder. |
| 14. Seccionador de grupo. | 33. Rectificador de selenio para carga de batería. |
| 15. Transformadores de intensidad. | 34. Baterías. |
| 16. Disyuntor en aceite de grupo. | 35. Panel de mando y control. |
| 17. Transformador principal. | 36. Reservado para el grupo futuro. |
| 18. Bobina de absorción. | 37. Vestíbulo. |
| 19. Pararrayos de ánodos. | 38. Oficina. |

Subestación tipo: planta y secciones.



Acoplamiento del rectificador con su transformador y bobina de absorción.

Los disyuntores extrarrápidos están emplazados en una celda individual cada uno, construida de ladrillo y cerrada por su cara frontal y posterior por puertas de tela metálica de corredera.

El rectificador está constituido por cuatro cubas trianódicas, provistas de rejillas de mando.

APARELLAJE DEL RECTIFICADOR.

Un seccionador monopolar, 2 000 A.-3 500 V., de mando por pértiga, para desconexión del grupo de la barra ómnibus 3 000 V.

Un disyuntor extrarrápido, 2 000 A.-3 500 V., polarizado, para proteger el grupo en caso de retorno de corriente.

Un relé de máxima intensidad y tiempo de regulación de acero a cinco segundos.

Un panel de automaticidad del extrarrápido de grupo.

Cada equipo de salida de continua está formado por:

Dos seccionadores monopolares para desconexión del equipo, uno, de la barra ómnibus y otro de la catenaria.

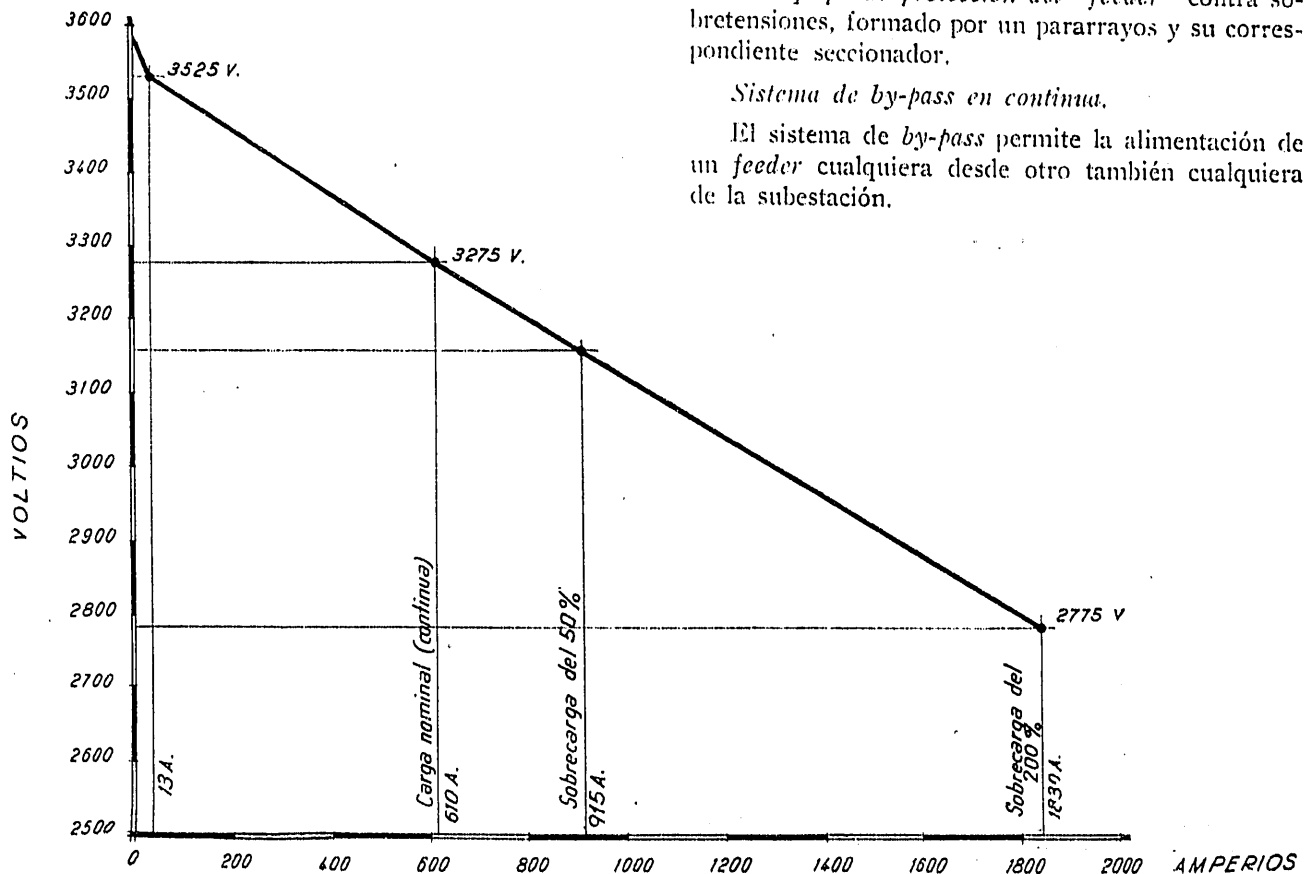
Un disyuntor extrarrápido, 2 000 A.-3 500 V., previsto para abrir el circuito por máxima intensidad en sentido directo y regular, entre 1 500 y 3 750 amperios.

Un panel de automaticidad del mismo.

Un equipo de protección del "feeder" contra sobretensiones, formado por un pararrayos y su correspondiente seccionador.

Sistema de by-pass en continua.

El sistema de by-pass permite la alimentación de un feeder cualquiera desde otro también cualquiera de la subestación.



Características de los grupos de las subestaciones tipo A.C.E.C.

PANEL DE MANDO Y CONTROL.

En cada subestación hay un panel general formado por los siguientes paneles parciales:

1. Panel de las líneas de llegada, en el cual están colocados los aparatos de mando, señalización y los relés RBTS de protección por máxima de las llegadas.

2. Panel de medida, frecuencímetro, amperímetro, voltímetro indicador, contadores de energía y un voltímetro registrador.

3. Panel de grupo que comprende: un voltímetro y un amperímetro de grupo, aparatos de mando, automaticidad y señalización del rectificador y relés de protección por máximas y tiempo de grupo.

4. Paneles de mando y control de las salidas de continua.

5. Panel de servicios auxiliares de alterna 220 V.

6. Panel de servicios auxiliares de continua 110 V.

SERVICIOS AUXILIARES DE LA SUBESTACIÓN.

Para los servicios auxiliares de la subestación se dispone de tensión alterna 220 V. y continua 110 V.

Existe una batería formada por elementos Tudor de capacidad 290 amperios/hora en diez horas, y un rectificador seco cuya corriente máxima es de 70 amperios. El sistema está provisto de reductor de doble palanca de carga y descarga.

II-4. Locomotoras eléctricas serie 7 700. Sucinta descripción de su parte mecánica y equipo eléctrico.

I. PARTE MECÁNICA.

1. Bogies.

Los bogies de la locomotora son del tipo de viga bailadora. Cada bogie está constituido por dos largueros principales, de placa de acero de 3" (76,2 milímetros) de espesor, unidos entre sí por cuatro traviesas, sólidamente remachadas a ellos, formando una estructura fuerte y rígida.

Las traviesas extremas presentan un perfil en I y llevan los soportes para la timonería de freno; las correspondientes a los frentes de la máquina soportan, además, los quitapiedras.

Las traviesas intermedias, sobre las que se apoyan los motores de tracción, son vigas armadas de forma de cajón y construcción soldada; cada una de ellas aloja en su interior dos pares de muelles laminados que, suspendidos de las mismas, quedan dispuestos perpendicularmente al eje de la locomotora.

Por cada larguero se disponen, longitudinalmente, dos pares de balancines o vigas compensadoras, cuyos extremos se alojan en apoyos que descansan sobre las cajas de grasa, de forma que por cada uno de los extremos de éstas va un par y en las cajas de grasa centrales dos pares; el larguero queda entre los dos balancines que forman cada par, los cuales van unidos mediante pernos y alojan entre ambos, en su parte central, dos fuertes muelles helicoidales.

Sobre las dos traviesas intermedias se apoya por sus cuatro extremos la viga bailadora que lleva una pieza de fundición en la que se aloja el pivote. La viga bailadora transmite a los bogies el peso de la caja de la locomotora, a través de los muelles laminados ya citados, pasando de la estructura del bogie a las cajas de grasa, mediante los cuatro pares de muelles helicoidales y balancines.

2. Bastidor.

El bastidor de la caja consiste en cuatro perfiles laminados de gran sección, dispuestos longitudinalmente y unidos por numerosas traviesas reforzadas. Los dos perfiles centrales, junto con placas de acero longitudinales, tanto por la parte superior (sobre la que van las chapas para el piso de la caja), como por la inferior (en la que se disponen los pivotes y las tuberías y accesorios del equipo de freno), forman la solera del bastidor.

Sobre cada una de las traviesas extremas del bastidor van montadas las "cajas de tracción", de construcción soldada, dispuestas para llevar los aparatos de choque y tracción. Estas traviesas extremas van dispuestas de forma que sobre ellas pueda montarse fácilmente un quitanieves.

3. Caja.

La caja de la locomotora está constituida por una serie de perfiles de acero, verticales y horizontales, convenientemente arriostrados y cubiertos por chapa de acero, siendo toda ella de construcción soldada y constituyendo una estructura que va soldada al bastidor.

El techo está constituido en dos partes, desmontables, para facilitar el montaje y desmontaje de los diversos bloques o conjuntos del equipo.

El acceso a la locomotora se efectúa por dos puertas de aluminio, una en cada lado de la máquina, que abren al pasillo.

El acceso al techo se realiza por medio de una escalera plegable de acero, montada adyacente a una de las puertas de la locomotora, con sus peldaños perpendiculares al eje de ésta.

4. Equipo de freno.

La locomotora va provista de equipo de freno de aire comprimido Westinghouse, cuya aplicación se controla, por intermedio de la válvula proporcional, mediante la válvula de freno que acciona también el freno de vacío del tren. El freno de aire de la locomotora puede controlarse independientemente por medio de una válvula de mando propia superpuesta a la anterior.

La locomotora posee dos zapatas por rueda, y las articulaciones y clavijas de la timonería del freno son de acero cementado.

La locomotora va también provista de freno de mano, que actúa mediante un volante situado en cada cabina, sobre la timonería del bogie correspondiente.

En caso de funcionamiento del freno eléctrico de recuperación — que citaremos más adelante — queda aislado automáticamente el freno de aire de la locomotora, pero podrá frenarse simultáneamente el tren con el freno de vacío.

II. EQUIPO ELÉCTRICO.

1. Disposición del equipo.

Se acompaña un esquema que muestra la disposición del equipo eléctrico; seguidamente detallamos la situación en la máquina de las diversas partes del equipo.

a) *Compartimientos extremos.* — En cada uno de estos compartimientos se aloja un grupo motor compresor, un grupo motobomba de vacío, media batería de acumuladores de plomo y varios elementos del equipo de control relacionados con los anteriores y con los grupos motor-generator.

Además, en el compartimiento núm. 2 van los interruptores de baja presión de aire y de vacío y el regulador del compresor.

b) *Cabinas de mando.* — Las cabinas de mando están equipadas con un controller o regulador de marcha y las válvulas de freno e instrumentos de conducción necesarios (voltímetro de línea, amperímetros de tracción, recuperación y excitación en recuperación, vacuómetro, manómetros, luces de señales, indicador de velocidad, botones pulsadores y pedal de mando de los areneros). Cada cabina lleva un armario que contiene una serie de fusibles e interruptores de mando, existiendo también las llaves necesarias para el funcionamiento de los pantógrafos.

En la cabina núm. 2, el aparato indicador de velocidad es también registrador. En esta cabina se disponen también el amperímetro y voltímetro de batería.

c) *Compartimientos de aparatos.* — En cada uno de los compartimientos situados detrás de las cabinas de mando va montado un grupo motor-generator-ventilador.

El generador del lado de la cabina núm. 1 suministra la excitación de los campos para todos los motores de tracción durante la recuperación, y también el aire de refrigeración para los tres motores de tracción del bogie correspondiente.

El generador del lado de la cabina núm. 2 alimenta todos los circuitos de baja tensión, y también proporciona el aire de ventilación para los motores de tracción del bogie núm. 2.

Los contactores — conmutadores —, grupos de levass, relés, seccionadores, etc., del equipo de control, van montados sobre cuatro bastidores o bloques, formados por perfiles y chapas, que se distribuyen en la parte central de la locomotora, tal como se indica en el esquema correspondiente, en dos compartimientos.

Entre estos dos compartimientos de los bloques del equipo eléctrico, y distribuidos a ambos lados del pasillo central, existen cuatro bastidores que contienen las resistencias principales y las de alta tensión de los grupos M. G., con las adecuadas cubiertas protectoras.

El aire necesario para la refrigeración de las resistencias entra por unas rejillas de ventilación, colocadas en la mitad inferior de la caja, y sale, a medida que las resistencias se calientan, por unas aberturas adecuadas situadas en el techo de la locomotora.

d) *Techo.* — Finalmente, en el techo de la locomotora van situados los dos pantógrafos, el seccionador de pantógrafos, un pararrayos y un condensador.

2. Circuitos de control.

La conducción de la locomotora puede efectuarse, en ambos sentidos de marcha, desde cualquiera de las dos cabinas de mando, para lo cual dispone el maquinista (además de las válvulas de freno y aparatos y conmutadores de control necesarios), fundamentalmente, del regulador principal o controller, que lleva un volante y tres palancas.

Estos cuatro mandos tienen por objeto la realización de las siguientes operaciones:

a) Arranque, aceleración y combinación de motores en tracción (volante).

b) Marcha en recuperación; graduación de la misma variando la excitación de los motores de tracción.

c) Inversión del sentido de marcha y *shuntado* de los campos de los motores de tracción; y

d) Selección del agrupamiento de motores en recuperación.

Las palancas y volante llevan los enclavamientos mecánicos necesarios para evitar una falsa maniobra.

El volante del regulador posee 34 muescas: las muescas 1 a 17, corresponden a la combinación serie

Los contactores y grupos de levas que regulan la velocidad de los motores de tracción y realizan las diversas combinaciones de marcha y de agrupamiento de los mismos, funcionan por aire comprimido.

Además de los aparatos movidos por aire, existen contactores electromagnéticos y relés, algunos de los



Locomotora eléctrica serie 7 701-7 760.

(los seis motores en serie); las muescas 19 a 27, a la combinación serie-paralelo (dos circuitos en paralelo, de tres motores en serie cada circuito), y las muescas 29 a 34, a la combinación paralelo (tres circuitos en paralelo de dos motores en serie cada circuito). Las muescas 18 y 28 son de transición de una combinación de motores a otra.

De estas posiciones, únicamente las correspondientes a las muescas 17, 27 y 34, son de marchas económicas (final de serie, de serie-paralelo y de paralelo, respectivamente); las demás presentan resistencias intercaladas en el circuito.

Sobre cada una de estas tres muescas 17, 27 y 34, pueden efectuarse, con la palanca correspondiente, los *shuntados* de los campos de los motores de tracción; existen tres posiciones de *shuntados*: campo pleno, campo intermedio y campo corto o reducido. De esta forma se obtiene un total de nueve marchas económicas.

En recuperación, tanto para la agrupación serie como para la de paralelo, existen 13 muescas de excitación de campos.

Las resistencias se van eliminando del circuito mediante el volante del regulador principal que, en recuperación, queda enclavado de forma que no puede pasar de la muesca 17.

cuales son mandados por botones pulsadores situados en las cabinas de conducción; otros por el propio regulador, y, finalmente, otros por contactores auxiliares dispuestos sobre algunos elementos del equipo.

El circuito de control se alimenta, a 110 voltios, del generador del grupo M. G. núm. 2, o de la batería, a través de un fusible de control de 50 amp., pasando por una serie de enclavamientos y bobinas de accionamiento al negativo y existiendo un interruptor de control en cada cabina.

3. Protecciones.

Para la protección contra las sobrecargas, los enclavamientos de los correspondientes relés, de los interruptores de línea y de un contactor de resistencia, están dispuestos de manera que, al disparar un relé de sobrecarga, se inserta un grupo de resistencia de arranque en serie con el circuito en que se ha producido la sobrecarga, debido a que el contactor de resistencias abre antes de que se corte el circuito definitivamente al abrirse los contactores de línea.

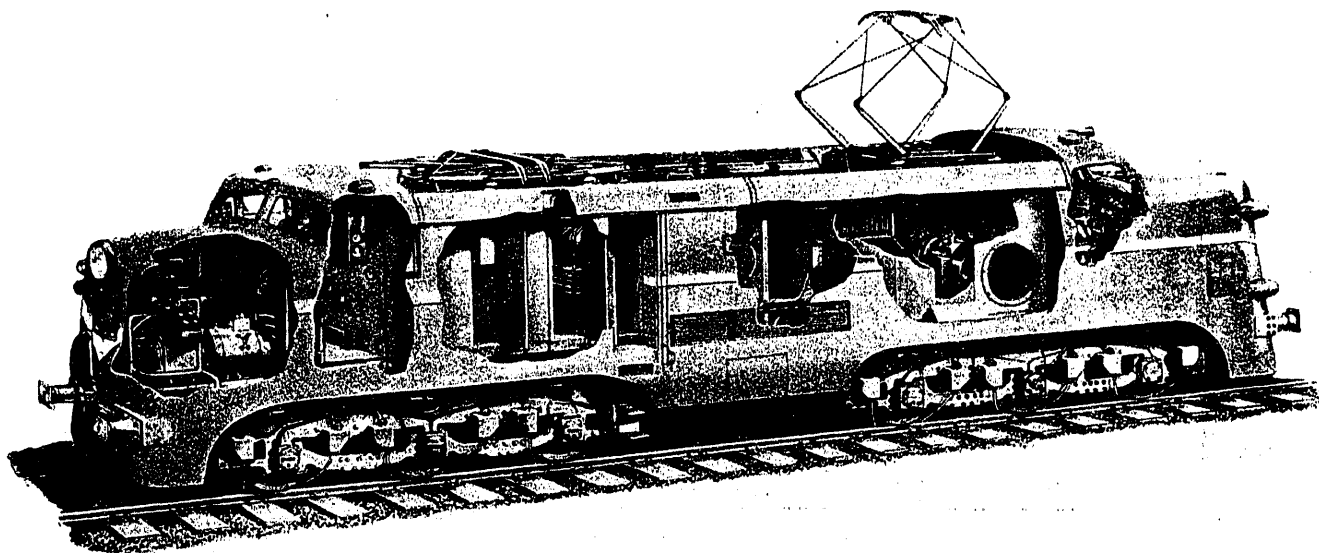
Si la tensión de la línea excediera de 4 000 voltios, se abren los contactos del relé de sobretensión, inte-

rumpiendo la alimentación a las bobinas de los contactores de línea y produciéndose la apertura de éstos y también la del contactor de excitación que corta el circuito de excitación de los motores de tracción en recuperación.

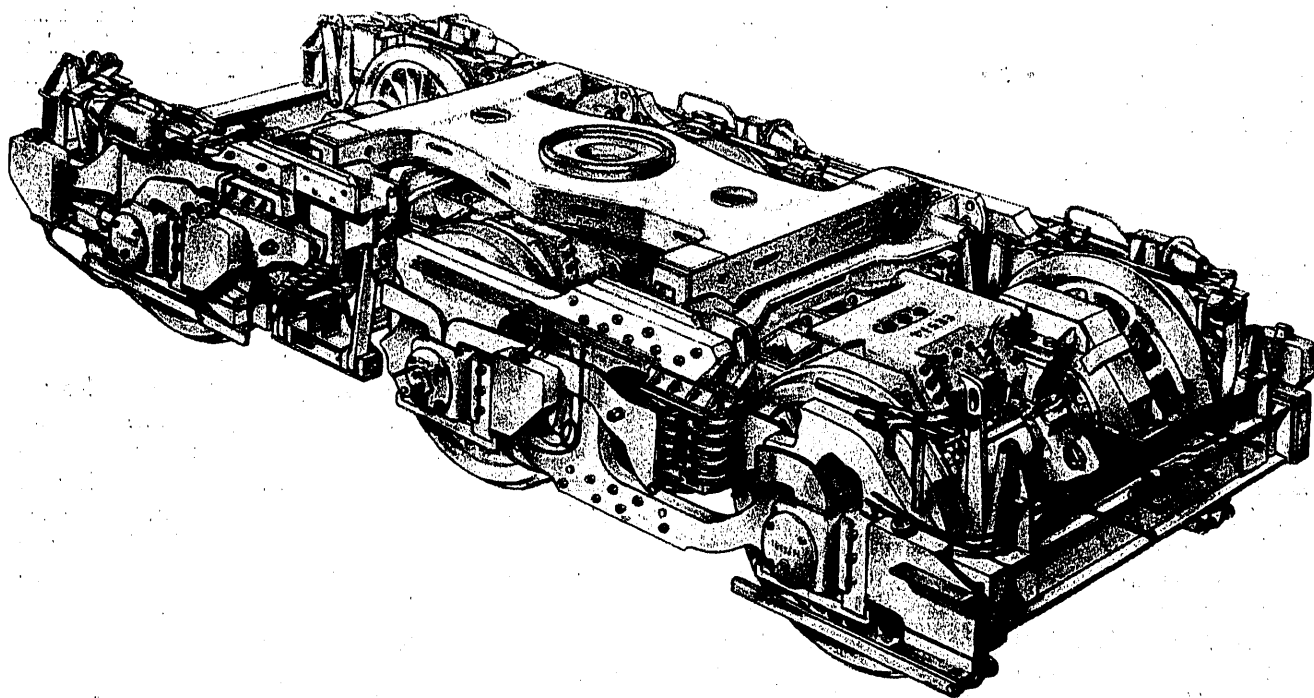
Existe también un interruptor de baja presión de aire, cuyos contactos producen la apertura de los circuitos de los contactores de línea, cuando la presión de

aire en el depósito principal sea inferior a un límite especificado, y el cierre de los mismos, cuando dicha presión excede de otro valor determinado.

Finalmente, los contactos del interruptor de bajo vacío motivan la apertura de los interruptores de línea cuando desciende el grado de vacío hasta un cierto límite, o cuando se hace una aplicación en urgencia del freno de vacío.



Corte en perspectiva de una locomotora eléctrica serie 7 701-7 760.



Bogie de una locomotora eléctrica serie 7 701-7 760.

4. Circuito de tracción.

Durante la marcha en tracción, la corriente captada por el pantógrafo pasa, a través del seccionador de pantógrafos y del interruptor principal, al relé de sobrecarga (línea), los interruptores de línea, contactores y resistencias, a los motores de tracción y de éstos al carril.

Para el arranque, los motores están conectados todos en serie, y los bloques de resistencias de arranque, también en serie, van siendo eliminados progresivamente a medida que se van pasando las muescas del volante del regulador principal.

En un esquema simplificado se indican los circuitos correspondientes a las tres combinaciones de motores.

5. Circuito de recuperación.

La locomotora está provista de frenado por recuperación, es decir, que la energía cinética del tren puede volverse a la línea de contacto, transformada en energía eléctrica generada por los inducidos de los motores de tracción; la devolución tiene lugar a través de las resistencias, interruptores de línea, relé principal de sobrecarga e interruptor principal.

Existen en recuperación dos combinaciones de motores: serie (los seis motores en serie) y paralelo

(dos grupos en paralelo de tres motores en serie cada grupo). La agrupación que debe adoptarse depende de la velocidad del tren al iniciarse el frenado, usándose la combinación serie para las velocidades más reducidas y la combinación paralelo para las más elevadas.

También se indican de forma esquemática los circuitos de recuperación para las dos combinaciones de los motores de tracción.

6. Circuitos auxiliares.

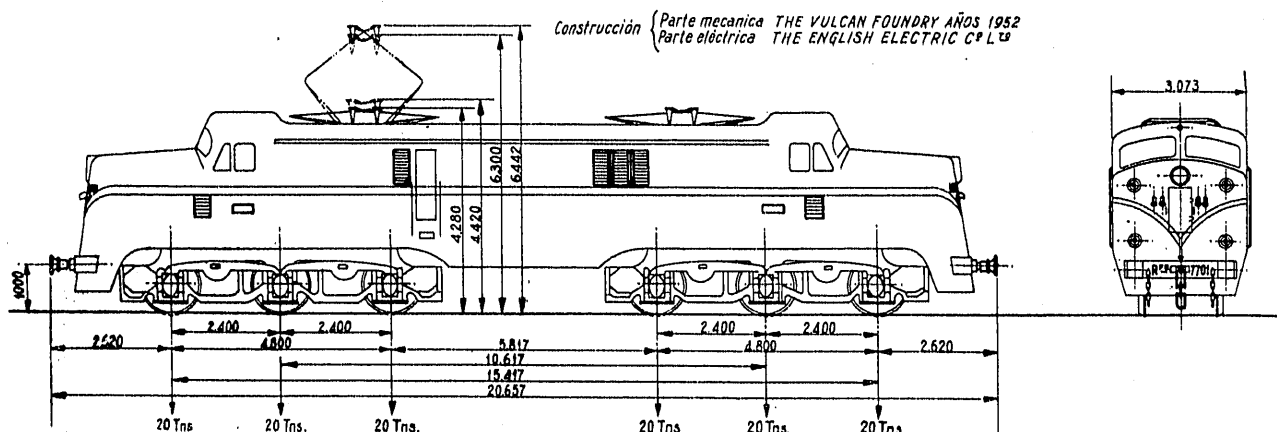
Los circuitos auxiliares comprenden el suministro de alta tensión para los motores de los dos grupos M. G., los circuitos de arranque de los mismos y los circuitos de baja tensión.

El generador núm. 1 suministra la excitación de los campos de los motores de tracción durante la recuperación; el generador núm. 2 alimenta los motores de los compresores y de las bombas de vacío y los circuitos de control, carga de batería, alumbrado y calefacción.

El generador núm. 2 está conectado a una batería de acumuladores de plomo, compuesta por 46 elementos del tipo 7 Pa. 235 N; la capacidad de esta batería, en régimen de cinco horas, es de 149 amp./hora, y en régimen de diez horas, de 242 amp./hora.

LOCOMOTORAS ELECTRICAS SERIE 7701-7760

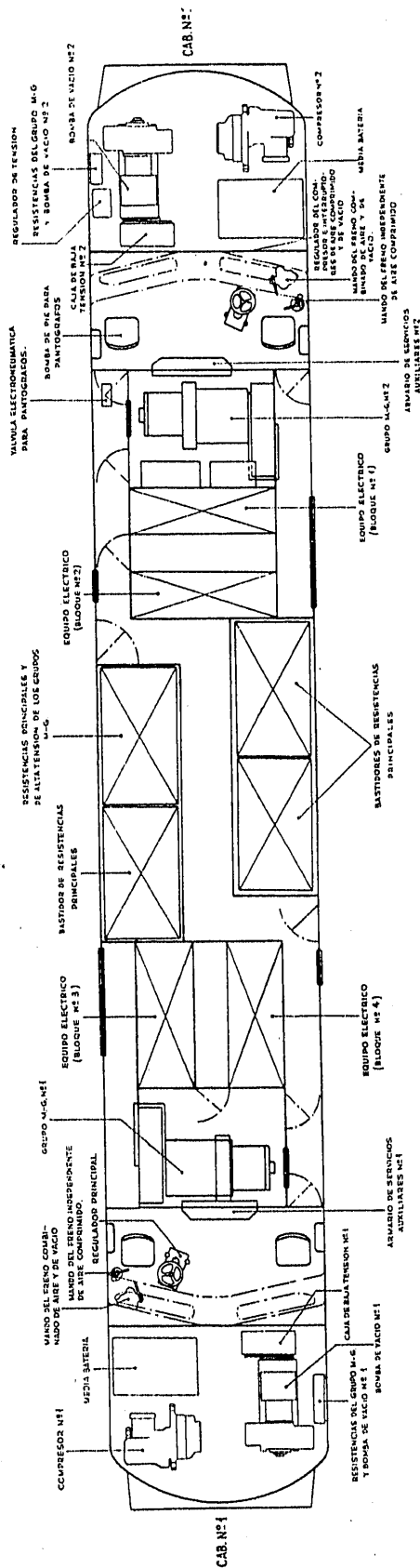
N.E-L-50.212



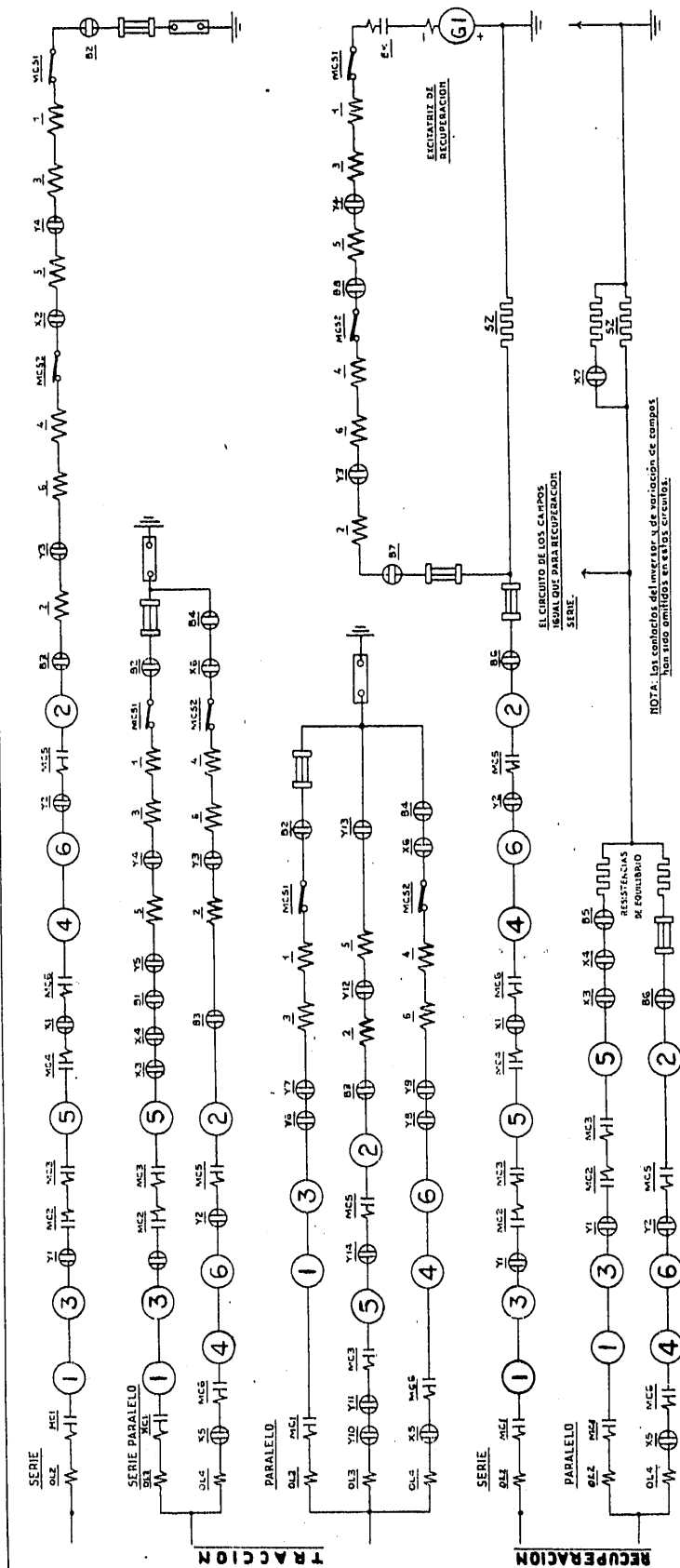
CARACTERISTICAS

Intensidad régimen continuo	270 amperios.	Diámetro de las ruedas motrices.	1 120 mm.
Idem Id. unihorario	320 amperios.	Número de ejes	6
Potencia unihoraria	3 600 CV.	Idem de motores	6
Idem continua	3 000 CV.	Peso adherente	120 Tm.
Idem por motor	500 CV.	Idem total en servicio	120 Tm.
Tensión	3 000 volt	Idem por eje motor	20 Tm.
Clase de corriente	Continua.	Distancia entre ejes extremos ...	15,417 m.
Velocidad máxima	110 Km.	Idem entre topes	20,657 m.
Esfuerzo total en llantas. {	13 850 Kg. continuo.		
	17 400 Kg. unihorario.		

Características de las locomotoras eléctricas series 7701-7760.



Disposición general del equipo eléctrico en las locomotoras serie 7701-7760.



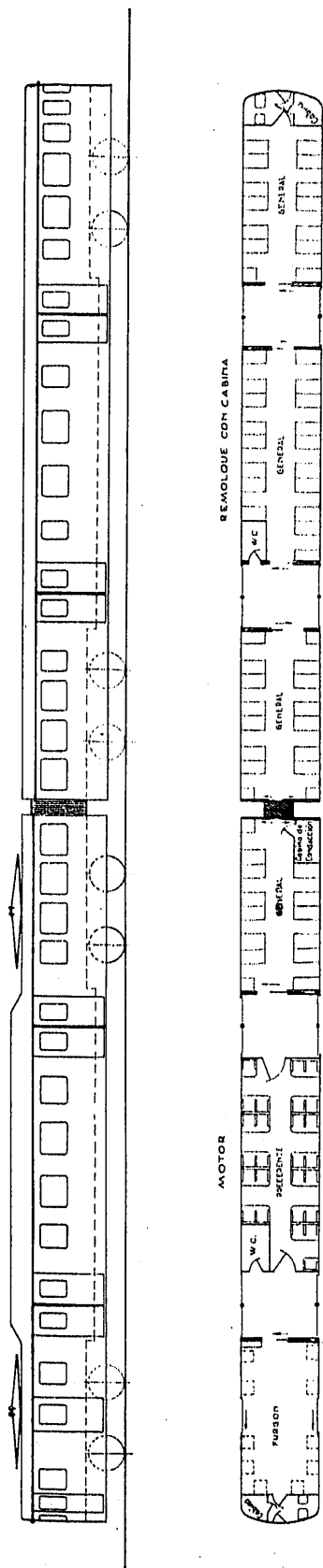
ESQUEMA SIMPLIFICADO DEL CIRCUITO PRINCIPAL PARA LAS DIFERENTES COMBINACIONES DE MOTORES.
(PARA EL ESQUEMA COMPLETO VER RWS.21D-22C)

LOCOMOTORAS SERIE 7700

THE ENGLISH ELECTRIC CO LTD.
BRADFORD

ORG. N° RWS. 21D-22C
PÁGINA 1

Esquemas simplificados del circuito principal en las locomotoras serie 7701-7760.



Composición M-Rc.

VEHICULOS	NÚMERO DE PLAZAS					P E S O S			Potencia C. V.
	Prof.	General	De pte	Total	Strapontines y de pie	Totales	Tara Tm.	Carga Tm.	
Motor	26	26	96	148	56	204	54	20,9	74,9
Remolque	—	91	123	214	—	214	33	21,5	54,5
Unidad.	26	117	219	362	56	418	87	42,4	129,5

Relación de potencia peso 8 CV./Tm.

Relación de potencia peso 8 CV./Tm.

Disposición general del tren unidad.

Los grupos motor-bomba de vacío núm. 2 y motor-compresor núm. 2, pueden funcionar alimentados por la batería en caso necesario.

Las dos bombas de vacío pueden funcionar a una mayor velocidad actuando sobre un gatillo que va montado sobre la válvula de mando del freno de vacío, con lo cual se excitan los contactores de *shuntado* de los campos; este gatillo no debe manejarse hasta que la válvula de freno de vacío esté en la posición de "aflojado", con objeto de que no arranquen los motores de las bombas con sus campos *shuntados*.

II-5. Trenes automotores.

La Red Nacional de los Ferrocarriles Españoles proyecta contratar el suministro hasta un total de 143 trenes unidad a 3 000 voltios, con destino a las electrificaciones últimamente realizadas, y a las que actualmente se encuentran en curso de realización, y que componen el Plan de 1 400 Km.

Dichas unidades de tren serán de tres tipos distintos:

- M-R-M (motor-remolque-motor).
- M-R (motor-remolque).
- M-M (motor-motor).

Por Orden Ministerial de 15 de octubre de 1954, se autorizó a la RENFE a contratar el suministro de 15 unidades de tren del primero de los tipos citados, distribuidas entre un grupo de casas suizas y otros de fabricantes franceses, aquéllas en doble proporción que estos últimos.

Las restantes unidades de tren se proyecta sean construidas en España, con la importación de los materiales y elementos que fueran necesarios y la colaboración de los mencionados grupos extranjeros.

Para las electrificaciones de las líneas de Asturias y Galicia a que venimos refiriéndonos, se destinarán un total de 30 trenes unidad, correspondiendo 15 a las líneas de Asturias y las otras 15 a la sección León-Ponferrada; estas unidades de tren serán del tipo M-R, sobre cuya disposición general y capacidad de plazas se acompaña el esquema NE-VS-10 060.

Los coches motores estarán provistos de cuatro motores de tracción de 260 CV. de potencia continua a pleno campo y a la tensión nominal de 3 000 V. Estos motores de tracción podrán conectarse en las combinaciones serie y paralelo, estando previstos dos grados de *shuntado* en cada una de ellas, lo que da un total de seis velocidades económicas. Los trenes automotores irán dotados de freno reostático y por aire comprimido y la velocidad que podrá alcanzar será de 110 Km./hora.

(Continuará.)