Las recientes electrificaciones de la Compañía de los Caminos de Hierro del Norte de España [1]

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

II

Línea de contacto

La línea aérea es del tipo denominado catenaria atirantada y está formada por un cable de suspensión y dos hilos de contacto de cobre ranurado de 107 mm² de sección. La circunstancia de ser necesarias secciones de cobre importantes, impone el empleo de cables alimentadores *(feeders)*; para obviar la complicación y coste de su tendido, se utiliza como *feeder* el cable de suspensión, que es de cobre y de sección variable (154 ó 299 mm²), según el tráfico de los distintos trayectos o la distancia entre subestaciones. Este sistema obliga a la adopción de menores vanos que los que sería posible emplear con cables de suspensión de acero; pero el aumento de coste consiguiente se encuentra compensado por la reducción de los gastos de montaje y del material de suspensión, que en otro caso sería necesario; y por la sencillez de la línea. El coeficiente de seguridad es siempre superior a 3 para los hilos de contacto y próximamente 4 para el cable sustentador.

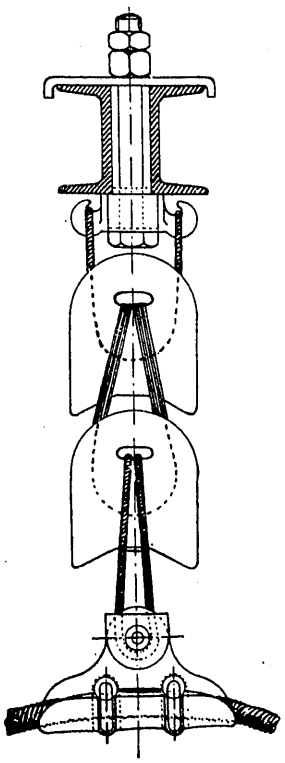

Fig. 1.ª Cadena de suspensión

Las secciones de cobre se han calculado para que la pérdida media en línea no exceda del 10 por 100 y del 30 por 100 la caída máxima de tensión, en los arranques o rampas más fuertes, correspondiente al tren que se halle en peores condiciones con arreglo a los horarios previstos.

Vía general.—La catenaria va montada sobre postes metálicos en celosía, que se han reducido a dos tipos principales; en la doble vía, las catenarias correspondientes a cada una de las vías son mecánica y eléctricamente independientes. Este sistema tiene sobre el del empleo de pórticos rígidos o funiculares grandísimas ventajas desde el punto de vista de la seguridad de la explotación.

El vano normal en recta es de 50 m, distancia que se mantiene en las curvas de radio mayor de 1 000 m; el vano se reduce a 40 m para radios entre 1 000 y 600 m; a 30 m para radios entre 600 y 300 m, y es de 20 m en curvas de radio inferior a esta última cifra. Los vanos en curva se han elegido de manera que el descentramiento del hilo de contacto con relación al eje de la vía no pase, en el caso más desfavorable, de 25 cm frente a los postes y de 10 a 12 cm en el centro del vano.

La catenaria va suspendida de las ménsulas de los postes por medio de una cadena constituída por dos aisladores, enlazados mediante cable de cobre (para evitar los efectos de las trepidaciones que transmiten los enlaces más rígidos) en la forma que se indica en la adjunta figura 1.ª; se consigue de este modo un doble aislamiento, que la porcelana trabaje a compresión y que sea imposible la caída del cable sustentador, aun cuando se rompieran ambos aisladores. La carga de rotura de éstos es de 2 500 kg y la tensión de descarga superficial en seco, 50 000 voltios.

El sustentador va sujeto en una pieza de fundición maleable por medio de dos aprieta-hilos, siendo también de dicho material el gancho del que pende la cadena; todas estas piezas de fundición maleable van galvanizadas en caliente, para prevenir los efectos de las oxidaciones, más de temer por la proximidad al mar de parte de las líneas consideradas.

La altura normal de los hilos de contacto sobre los carriles es de 5,75 m y de 4,60 m la altura mínima admitida, que se encuentra determinada por el gálibo mínimo de los pantógrafos y por el de las locomotoras de vapor que habían de circular bajo la línea durante el montaje; el paso de unas alturas a otras se verifica con pendientes de 6 a 10 mm por m en los hilos de contacto. La distancia mínima adoptada entre el cable sustentador y el hilo de contacto es de 15 cm; como la flecha del cable de suspensión en vano de 50 m y a la temperatura media normal es de 1,20 m, resulta que la distancia entre el punto de amarre del cable sustentador y el hilo de contacto es de 1,35 m. La distancia entre péndolas de un mismo hilo es de 5 m y, por tanto, de 2,5 m la que existe entre dos consecutivas sobre la catenaria.

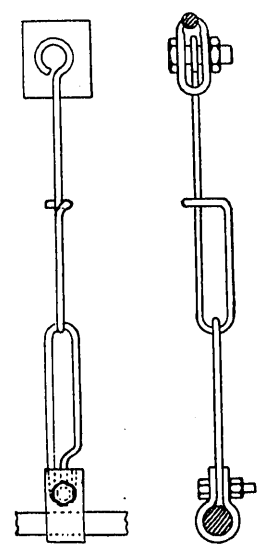

Fig. 2.ª Péndola larga

Las péndolas son de dos tipos: rígidas de horquilla para longitudes hasta de 50 cm, y en dos piezas articuladas, sujeta una al cable sustentador y otra al hilo de contacto (fig. 2.ª) para las de mayor longitud;

[1] Véase el número anterior, página 150.

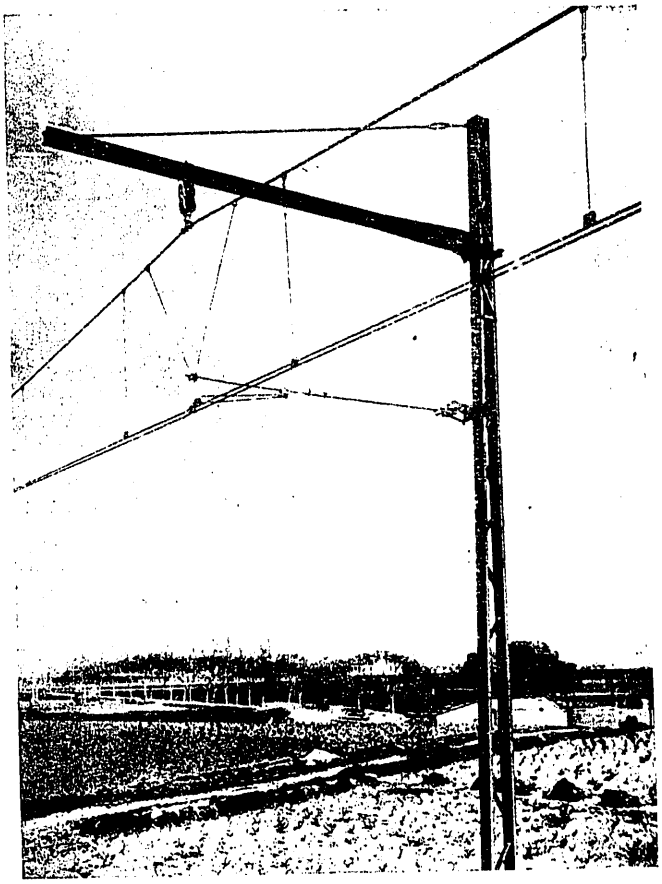

Fig. 3.ª Catenaria en recta. Sustentación; brazo de estabilización

ambas péndolas están constituídas por un hilo de bronce de 5 mm de diámetro, siendo también de bronce estampado las mordazas de sujeción de los hilos de contacto.

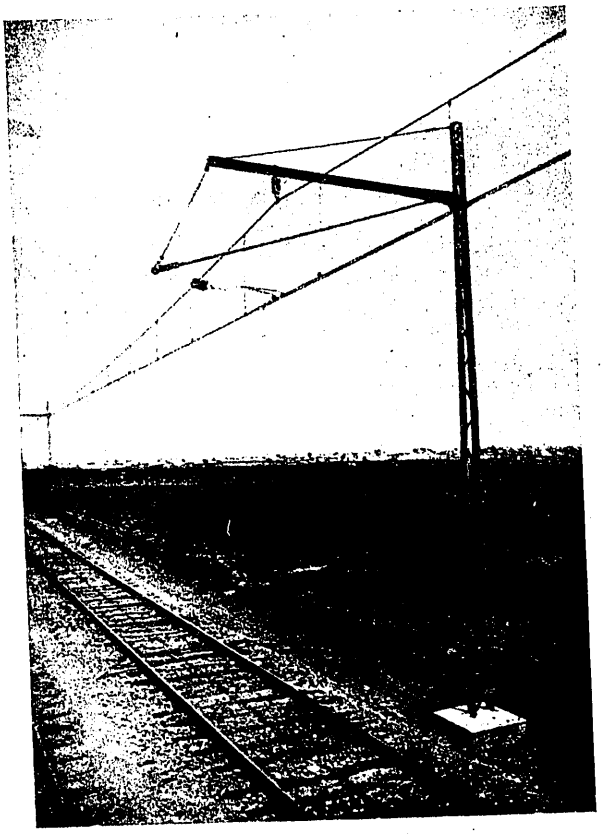

Fig. 4.ª Atirantado de la catenaria en poste al interior de curva

Los brazos de atirantado en curva, sea el poste interior o exterior respecto de la misma, trabajan siempre a tracción y están formados por un pequeño vástago de acero galvanizado terminado en una mordaza de bronce que sujeta el hilo de contacto y sujeto por su otro extremo a un cable de cobre amarrado al poste por intermedio de una cadena de aisladores; en el caso de poste interior, se provee a éste, bajo la ménsula, de una estructura formada por un tirante y un tubo de hierro que trabaja a compresión y cuyo extremo, avanzando hacia la vía, permite el amarre del brazo de atirantado. En recta se emplean, cada dos postes, brazos de atirantado rígidos y ajustables, trabajando indiferentemente a tracción o compresión, y cuyo objeto es contrarrestar la acción del viento sobre la línea y realizar un zig-zag con el hilo de contacto, de modo a evitar acanaladuras en los pantógrafos; los desplazamientos transversales del hilo de contacto son + 10 cm y — 10 cm entre brazos de atirantado contiguos. Para disminuir el peso que en estos puntos gravita sobre la línea, un extremo de la parte fija del brazo se suspende del cable sustentador, mientras que el otro, articulado, se amarra al poste por medio de un aislador de diábolo. Las figuras 3.ª, 4.ª y 5.ª dan idea de la disposición general de la catenaria.

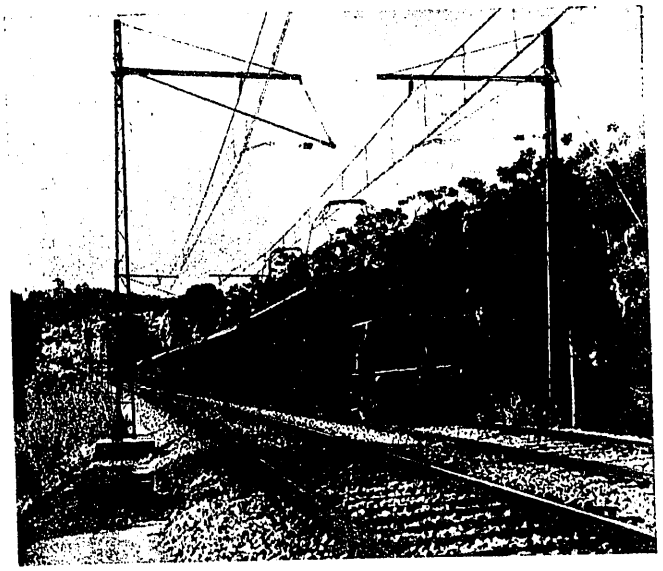

Fig. 5.ª Catenarias en vía general. En primer término, postes de anclaje

Se disponen en ésta seccionamientos a intervalo de aire en ambos extremos de las estaciones (a unos 600 m de las agujas de entrada y salida) y frente a las subestaciones situadas en vía general; tanto en dichos seccionamientos como cada 1 500 m, aproximadamente, se realiza el anclaje de la catenaria amarrando los hilos de contacto al cable sustentador y anclando éste a un poste de tipo corriente, pero provisto de tirantes anclados a su vez en un macizo de hormigón. El aislamiento del anclaje del cable sustentador se efectúa por medio de una cadena de dos aisladores de nuez, cuya resistencia a la rotura es de 9 ton; en los anclajes se interponen tensores que permiten efectuar una pequeña regulación de la altura y tensión de la catenaria.

Finalmente, para el circuito de retorno, además de la interconexión de carriles, se han adoptado en éstos juntas eléctricas de dos tipos: alojadas bajo las

bridas (y sujetas a los carriles con remaches) para las vías generales, y soldadas a las cabezas de aquéllos en las vías de estación; la sección de unas y otras es de 100 mm².

Sobre la vía y en el paso a nivel de la carretera de Ribas, próximo a la entrada de la estación de Barcelona, existe un punto interesante de la línea, constituído por el cruce a nivel de las catenarias a 1.500 voltios con la doble línea de tranvías, cuya tensión es de 500 voltios; el problema, que sepamos único, por lo menos en Europa, se ha resuelto mediante el empleo de una zona aislada, a la que puede darse una u otra de las tensiones indicadas, y de unas piezas especiales de cruzamiento aéreo, más los necesarios enclavamientos que previenen la posibilidad de una falsa maniobra.

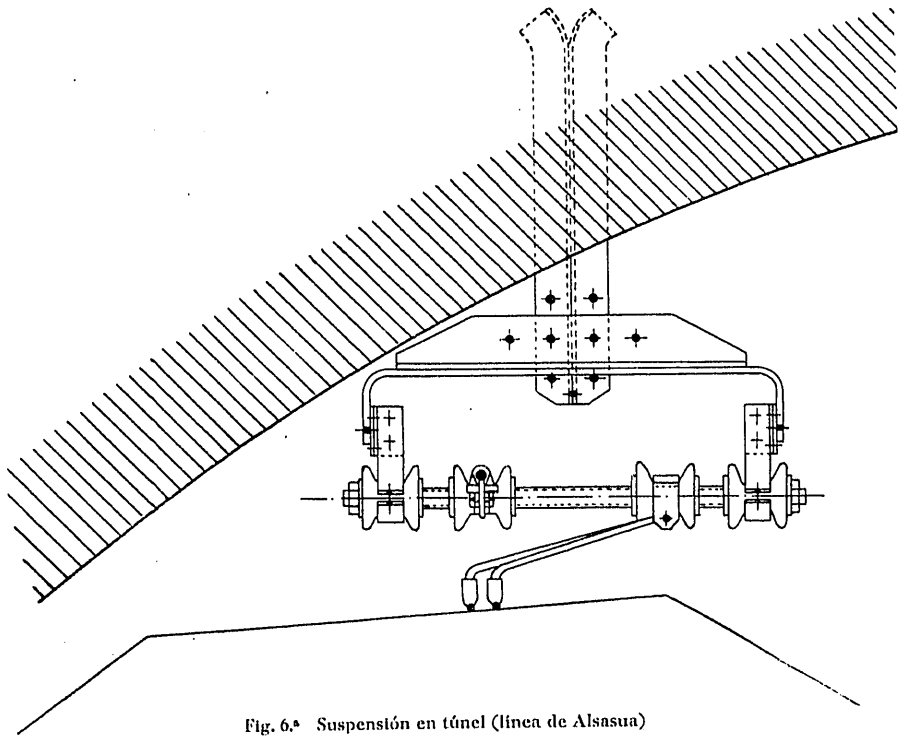

Fig. 6.ª Suspensión en túnel (línea de Alsasua)

Túneles.—Para la sustentación de la catenaria en los túneles (cuya total longitud es importante, alcanzando cerca de 7 km en la sección Alsasua-Irún) se han adoptado disposiciones diferentes, según la altura disponible. En los túneles de la doble vía Barcelona-Manresa, de construcción relativamente reciente, permite dicha altura la adopción de la cadena de aisladores empleada al aire libre, y que en este caso se empotra en la bóveda; los atirantados se fijan también a piezas empotradas en ésta, buscando siempre la independencia mecánica de ambas líneas.

Donde la altura disponible no permite esta solución (líneas de Alsasua y San Juan) se emplea con diversas modalidades una suspensión a base de un sistema de tres aisladores diábolos que realizan el doble aislamiento; la figura 6.ª representa una de estas suspensiones.

El vano en túnel depende también de la altura de éste y varía de 15 a 25 m, lo mismo en recta que en curva; los brazos de atirantado en recta y curva son análogos a los empleados al aire libre.

Estaciones.—Las líneas catenarias en las estaciones van normalmente suspendidas de pórticos transversales funiculares construídos para abarcar un número de vías variable (generalmente, de 4 a 8), según la disposición de la estación; dichos transversales se amarran a postes cuadrangulares metálicos en celosía (fig. 7.ª).

El cable sustentador de la catenaria es de acero, de 48 mm² de sección; las vías principales se equipan con dos hilos de contacto, mientras que las secundarias poseen uno solo. Las péndolas de los pórticos están constituídas por redondos de acero galvanizado; en su parte superior terminan en una pieza de fundición maleable sujeta al cable funicular, y en la inferior llevan otra pieza, también de fundición maleable, en forma de gancho, que recibe la cadena de suspensión de la catenaria. Las extremidades inferiores de las péndolas correspondientes a un mismo pórtico se atirantan mediante un cable horizontal; los brazos de atirantado en curva y recta se sujetan también a otro cable transversal, tendido a poca altura por encima de los hilos de contacto y amarrado, como el anterior, a los postes del pórtico, estando eléctricamente aisladas cada una de las vías bajo éste.

El tipo de aguja empleado es el llamado «cruzado», porque en la zona de la aguja se cruzan los hilos de contacto de las catenarias pertenecientes a la vía principal y a la vía desviada, estando ambas catenarias enlazadas por péndolas cruzadas y constituyendo un conjunto flexible que permite el paso de los trenes a velocidad bajo el mismo sin temor a enganchones y chispazos; los anclajes de las líneas desviadas se hacen en los postes de pórticos o sobre postes atirantados, mediante cadenas de aisladores de nuez de 5 ton de esfuerzo de rotura.

Las figuras 8.ª y 9.ª representan aspectos generales de las estaciones electrificadas.

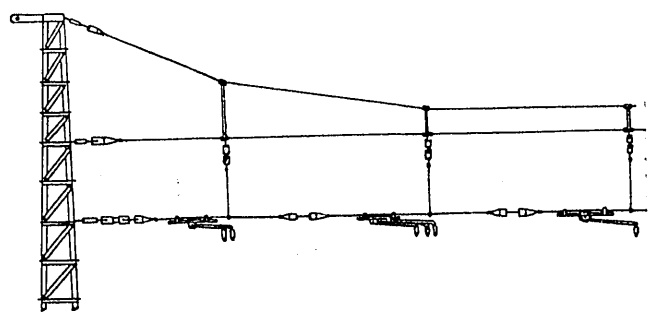

Fig. 7.ª Suspensión de las líneas catenarias en estaciones. (Esquema.)

Esquema de la alimentación.—Se ha realizado ésta de modo a obtener la máxima flexibilidad de explotación por lo que se refiere a las secciones en doble vía (fig. 10). Las estaciones se encuentran aisladas de la vía general entre los seccionamientos extremos, con objeto de que una posible avería o entorpeci-

miento en aquéllas (de mayor probabilidad que en vía general) no interfiera la circulación sobre las vías

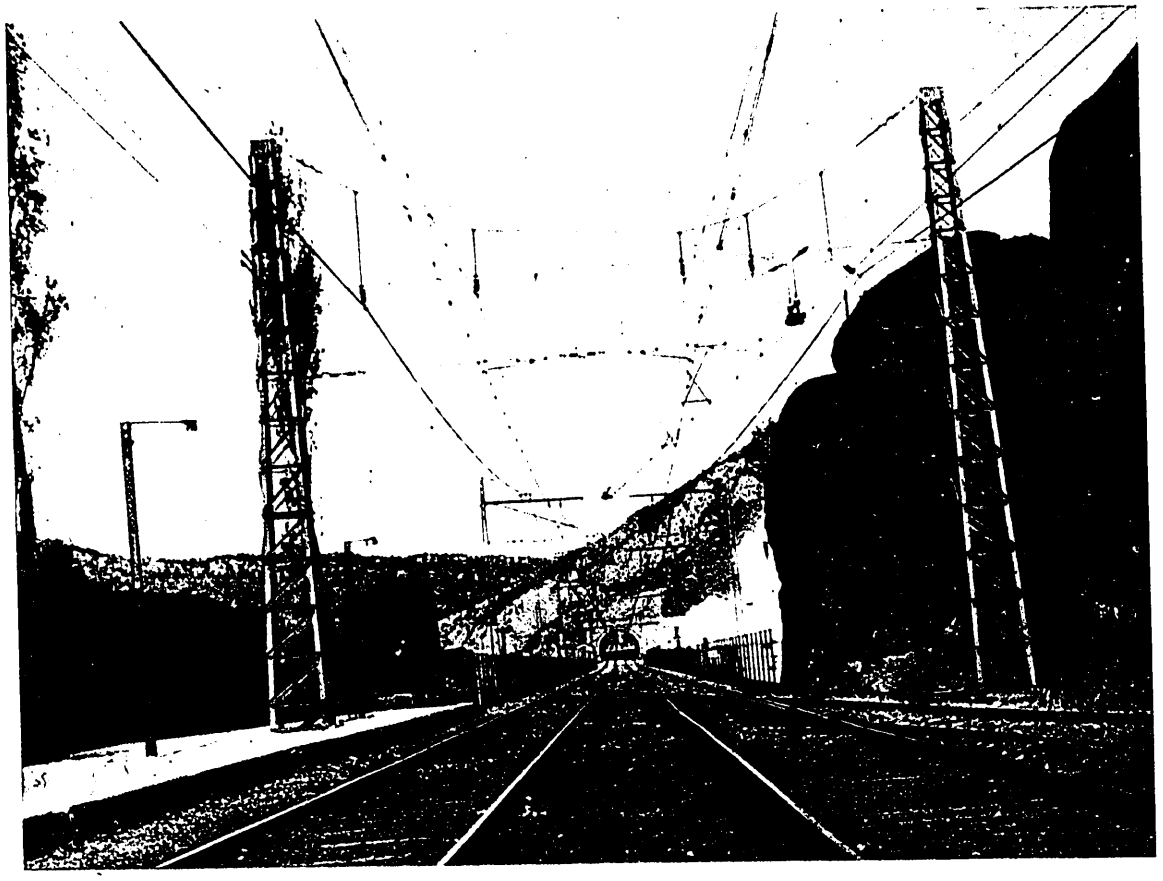

Fig. 8.ª Salida de una estación. Suspensión de las líneas y *feeders* del seccionamiento; aguja aérea cruzada

generales y puedan los trenes llegar hasta la estación averiada o la inmediata en uno y otro sentido, disminuyéndose la importancia de los retrasos.

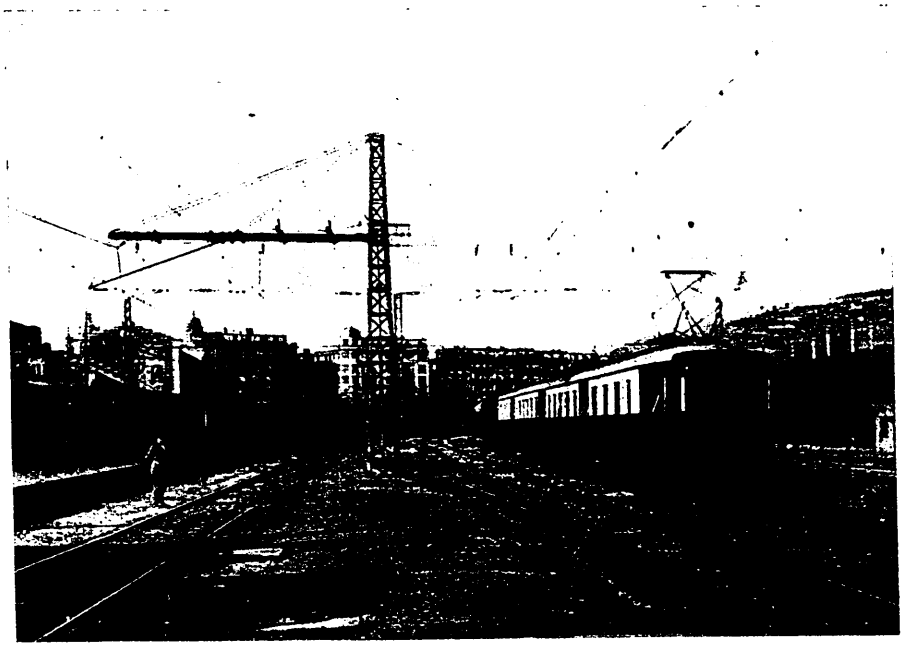

Fig. 9.ª Estación de Barcelona. Pórtico de siete vías y ménsula para dos vías, con alimentaciones

La continuidad eléctrica de las líneas generales entre dos estaciones se realiza salvando las estaciones intermedias por medio de *feeders* de sección igual a la total de la línea que enlazan los puntos *A-C* y *B-D* sobre los seccionamientos extremos, a través de los puestos de seccionamiento y conexión en paralelo. En estos últimos, situados en todas las estaciones, se verifica el acoplamiento en paralelo de ambas catenarias, con objeto de reducir la caída de tensión en línea; pero, además, existe entre cada dos subestaciones un puesto de seccionamiento (situado también en una estación), cuyo objeto es poder seccionar los trayectos averiados entre dicho puesto y una subestación, sin que en la nueva puesta en tensión de la línea intervengan más que los agentes de aquélla.

Sobre todos los *feeders* mencionados se disponen interruptores automáticos extrarrápidos de tipo análogo al empleado en las salidas de los *feeders* de las subestaciones (sin embargo, la bobina de retención de aquéllos se halla alimentada por la corriente de línea, por lo que también se disparan en caso de una baja excepcional de la tensión de ésta), necesitándose el empleo de dos en serie, por funcionar en una sola dirección. En la hipótesis de una selección perfecta, una avería en un punto de la línea tal como *O* hará dispararse los interruptores 3 de la

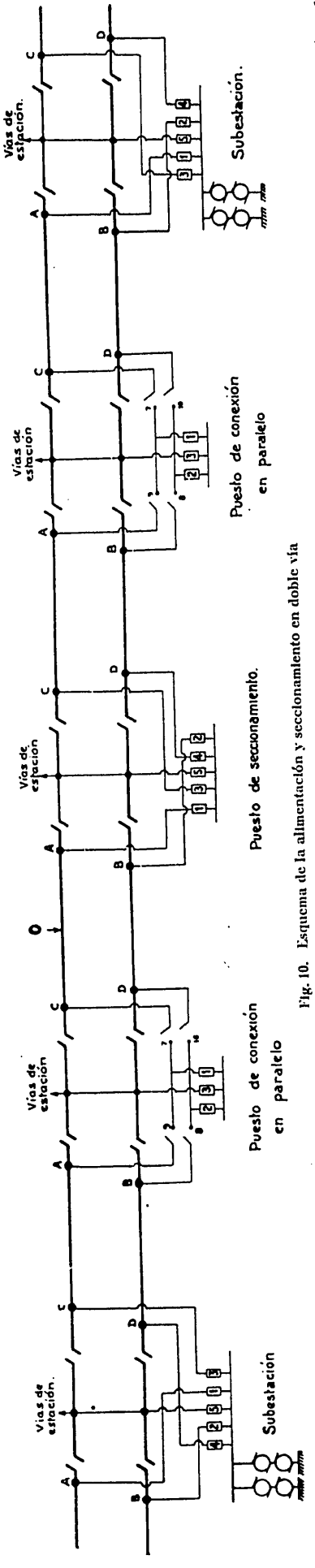

Fig. 10. Esquema de la alimentación y seccionamiento en doble vía

subestación(izquierda), 1 ó 3 del puesto de seccionamiento y 1 ó 2 del puesto de acoplamiento en paralelo intermedio; la sección de la línea averiada entre la subestación y el puesto de seccionamiento queda, pues, aislada, pudiendo continuarse la circulación por la otra línea, y por ambas entre el puesto de seccionamiento y la subestación (derecha).

Por las razones antes expuestas, las vías de estación se alimentan independientemente mediante un interruptor extrarrápido (número 3 en los puestos de acoplamiento en paralelo y 5 en los puestos de seccionamiento y subestaciones), y, como se aprecia en el esquema, pueden tomar la corriente de uno cualquiera de los cuatro *feeders* de los puestos, aun cuando se encuentren abiertos los interruptores de los demás. En la figura 11 se representa la alimentación de una estación correspondiente a un puesto de seccionamiento; se advierte que las vías secundarias de la estación están aisladas de las vías principales y éstas entre sí por medio de aisladores de sección (de porcelana y bronce, tipo «Luceat»), de modo que una avería en aquéllas no interrumpa la circulación en las vías principales (una vez abierto el secionador 13 ó el 14 y cerrado el automático 5), ni la avería en una de éstas interrumpa la circulación por la otra.

Los interruptores extrarrápidos se encuentran concentrados en una caseta próxima al edificio de la estación; una vez disparados, la maniobra de su inserción es eléctrica, mediante la pulsación de un botón sobre el circuito auxiliar a baja tensión, y puede también hacerse a mano, así como su disparo. La posición de cada interruptor se indica en la caseta por

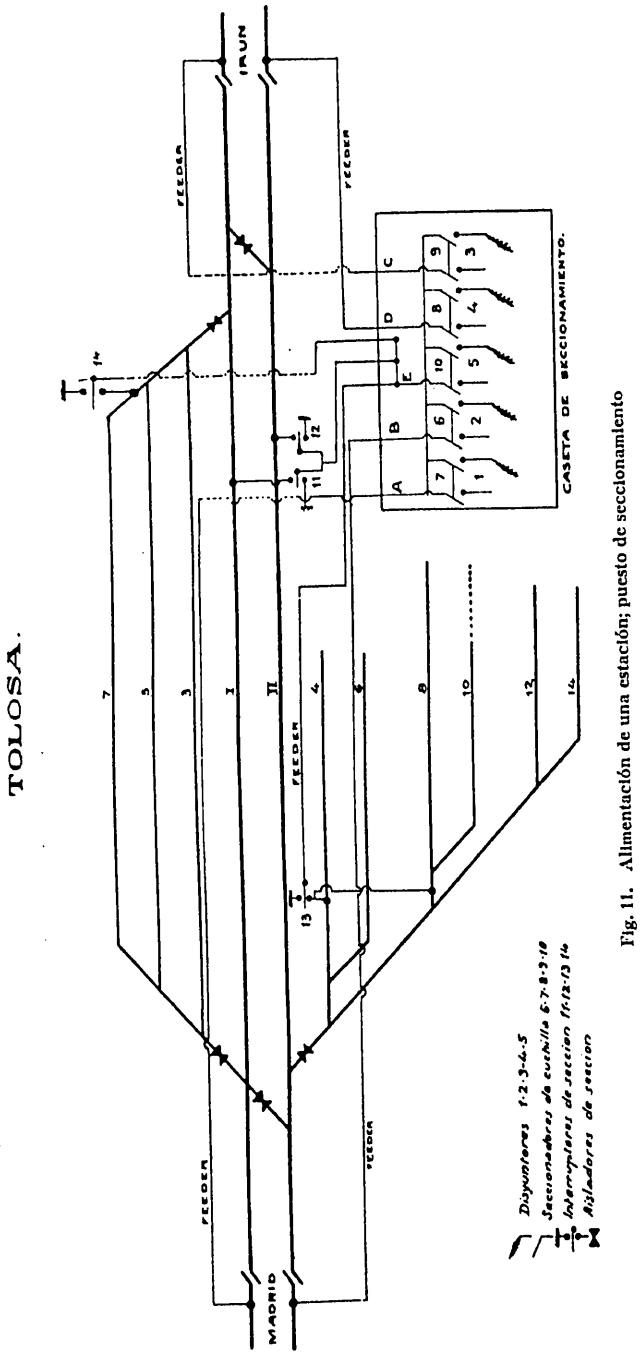

Fig. 11. Alimentación de una estación; puesto de seccionamiento

medio de lámparas testigos roja y verde y se comprueba por el color que toma una abertura rectangular situada entre ambas lámparas, caso de falta de la corriente auxiliar; estas mismas señales se repiten en un panel colocado en el despacho del jefe de estación, quien se encuentra, por tanto, informado de la posición de los interruptores y puede acudir a normalizarla si alguno de ellos se ha disparado por una causa accidental.

Montaje de línea.—Tropezó éste con serias dificultades, originadas por el intenso tráfico de las secciones electrificadas.

Organizados los almacenes y talleres, se procedió al hormigonado de los macizos para los postes, operación que se realizó mediante el empleo de trenes de trabajos provistos de hormigoneras; en los macizos quedaba el hueco que había de ocupar la base del poste. Otros trenes de trabajos transportaban los postes y, por medio de grúas móviles, los colocaban en el macizo preparado; mientras, posteriormente, brigadas a pie rectificaban su posición y procedían al hormigonado de la base; normalmente, en la operación de colocación de un poste no se tardaba más de dos o tres minutos.

Asimismo, se utilizaron trenes de trabajos para la colocación de los soportes en túnel y tendido de cables; brigadas provistas de vagonetas-andamios y escaleras móviles verificaban el tensado definitivo de la línea y procedían a la fijación del material menudo. La fotografía de la figura 12 representa una brigada ocupada en esta operación.

Gracias a estos medios el montaje de la línea, ejecutado por la Sociedad de Grandes Redes Eléctricas, se realizó dentro de las fechas al principio señaladas.

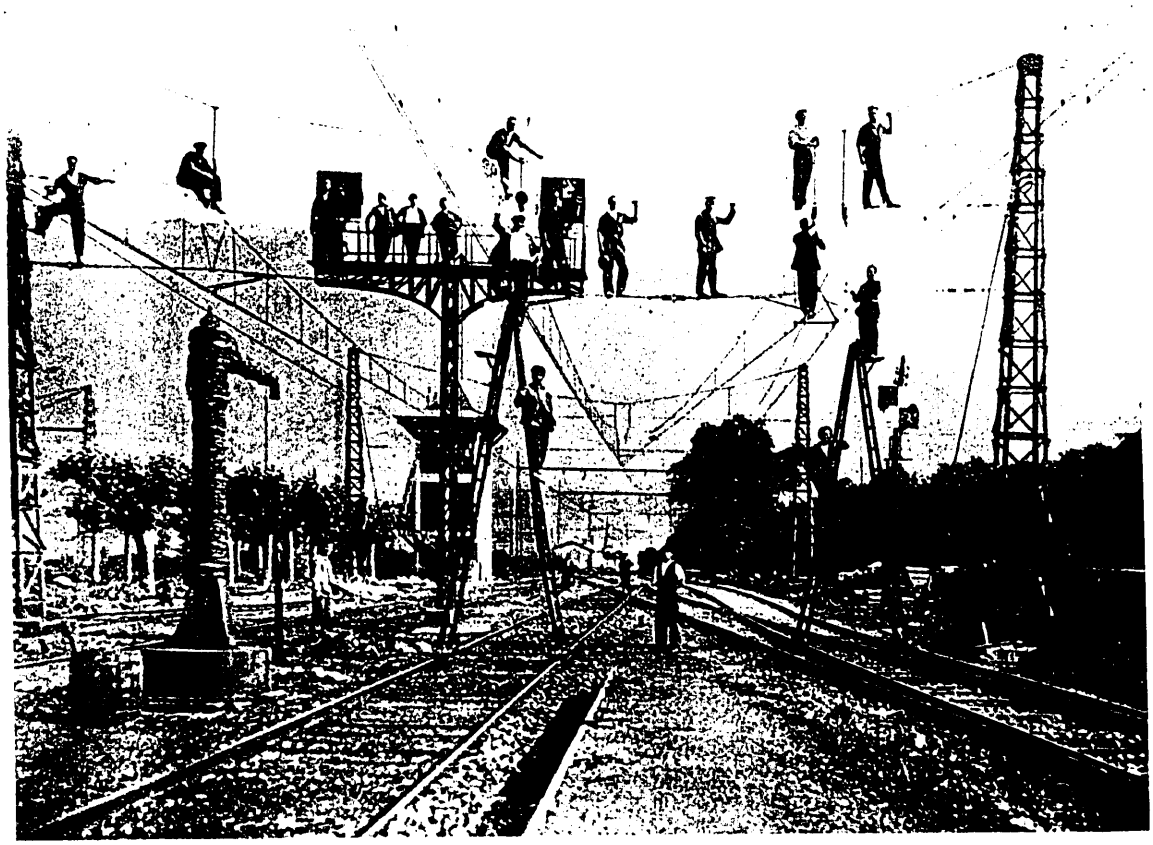

Fig. 12. Una fase del montaje de la línea de contacto

Plazo breve si se considera que, teniendo en cuenta las extensiones de las vías principales más allá de las estaciones terminales y la superposición de catenarias en los seccionamientos a intervalo de aire, en las secciones de Barcelona a Manresa y San Juan de las Abadesas se electrificaron 245 km de vías generales y 47 km de vías de estaciones (total, 292 km), y en la sección de Alsasua-Irún, 224 km de vías generales y 54 km de vías de estaciones (total, 278 km); el total de vías equipadas en ambas electrificaciones alcanza, pues, a 570 km.

José GARCÍA LOMAS
Ingeniero de Caminos

La descomposición de los cementos en el mar

El mecanismo de la descomposición lenta de los cementos al contacto de soluciones acuosas, tales como el agua de lluvia, el agua de río, las aguas selenitosas y, en fin, el agua de mar, comienza a ser bastante bien definido. Conocemos los factores elementales cuya acción provoca esta descomposición. Esto no supone que tengamos el medio de prever en todas las circunstancias cómo se conducirá un aglomerante dado, colocado en condiciones determinadas. La magnitud de los factores en juego es demasiado variable y demasiado difícil de medir para permitirnos conclusiones seguras.

Sin embargo, la experiencia permite precisar ciertos hechos, que deseo recordar. Examinaré aisladamente la acción individual de cada uno de los factores en juego.