

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

CARACTERES DISTINTIVOS

DE LA

TRACCIÓN ELÉCTRICA EN ITALIA

Las instalaciones de tracción eléctrica en Italia, tienen un carácter bastante diferente del de los demás países de Europa. La tracción eléctrica se ha aplicado en Europa, especialmente para resolver los problemas de la tracción suburbana, es decir, para el transporte de grandes masas de viajeros en los arrabales de las poblaciones de gran importancia. En Inglaterra, la línea de Londres á Brighton, presenta un ejemplo de gran tracción suburbana. En Alemania, la línea de Blankenese está en iguales condiciones; solamente la línea de Dessau á Bitterfeld ofrece un ejemplo de tracción mixta (viajeros y mercancías), y, sin embargo, el tráfico de mercancías es muy reducido puesto que sólo tiene cinco locomotoras en servicio; además se trata de una línea situada en terreno muy llano, con pesos de trenes muy reducidos y sin ninguna de las dificultades de la verdadera tracción de grandes líneas.

En Italia, por el contrario, casi todas las instalaciones de tracción eléctrica (exceptuando la línea de distrito entre Milán y Gallarate, destinada al transporte de grandes masas de viajeros) presentan los caracteres de la gran tracción, en las que se encuentra siempre el servicio mixto de viajeros y mercancías con grandes pesos sobre las líneas, fuertes rampas y un tráfico intenso. Italia es el país de Europa en el que se encuentran las instalaciones más antiguas, más completas, con rampas de mayores pendientes, con tráficos más grandes y con más potentes locomotoras.

No consideraremos en este artículo el problema de la elección del sistema eléctrico, nos limitaremos á examinar las condiciones generales de explotación de los ferrocarriles italianos, desde el punto de vista del tráfico y de la comparación de la locomotora con la automotriz como medio de transporte. Solamente recordaremos que Italia ha escogido el sistema trifásico y ha hecho sus instalaciones sobre la base de 15 períodos y 3.000 voltios sobre el hilo de contacto.

Líneas eléctricas actuales de los ferrocarriles del Estado italiano.

a). — LÍNEAS EN SERVICIO.

Actualmente existen cuatro líneas en explotación, tres en construcción y varias en estudio:

La ley votada en el Parlamento en 1906, comprende las líneas siguientes:

Savona-S. Giuseppe.

Bardonecchia-Modane.

Milano-Monza-Lecco.

Ussate-Bergamo.

Calolzio-Ponte S. Pietro.

Callarate-Arona.

Callarate-Laveno.

Pontedecimo-Busalla e galerie intorno a Genova.

Pistoia-Porretta.

Napoli-Salerno e Torre-Annunziata-Castellammare de Stabia.

Pero, en realidad, después de vistos los resultados dados por la línea de los Giovi, se ha modificado el programa, dando preferencia á la electrificación de líneas que no estaban incluidas en él, como, por ejemplo, la línea paralela á la de los Giovi, que se llama «Aneja de los Giovi», entre Sampierdarena y Ronco, y además todas las próximas á Génova.

Las líneas que están actualmente construídas, *electrificadas* y en explotación normal, son las siguientes:

Lecco-Colico-Sondrio-Chiavenna (llamada línea de la Valte-line).

La del Simplón, que penetra en Italia, y está explotada por Suiza.

Bussoleno-Bardonecchia-Modane.

La de los Giovi, entre Campasso, Pontedecimo y Busalla (llamada línea de los Giovi).

La línea de Valteline es muy antigua; se construyó en 1900 y lleva ya más de diez años en explotación normal. En esta línea circulan también coches automotores, pero la práctica ha demostrado desde el principio que para las líneas de mucho tráfico y con servicio mixto de viajeros y mercancías la mejor explotación es la que se hace por medio de locomotoras.

Por este motivo circulan en la Valteline desde 1904 locomotoras con velocidades de régimen que alcanzan hasta 65 kilómetros. Para el servicio de esta línea existen 14 locomotoras de diferentes modelos y 10 coches motores. El peso de los trenes alcanza de 200 á 250 toneladas para el servicio de viajeros y de 300 á 400 para el servicio de mercancías.

La línea es muy accidentada, con muchas curvas y muchas rampas (hasta del 23 por 100); el servicio mixto de viajeros y mercancías se asegura con 38 trenes diarios. La longitud de la línea, ya eléctrica hasta Calolzio, es de 120 kilómetros. Existen 26 túneles con longitud total de más de 14 kilómetros y, por último, hay construídas 28 estaciones. La central de producción de energía es hidráulica.

La electrificación de la línea Lecco-Sondrio-Chiavenna se ha efectuado hasta el Calolzio, y se trabaja para prolongarla hasta Milán. En el trozo Milano-Lecco, comprará el Estado la energía á los productores industriales, pagándola á un precio fijo por kilovatio-hora. Cuando este último trozo esté terminado, la línea entera, Milano-Sondrio-Colico-Chiavenna, tendrá una longitud de 160 kilómetros, y la de la línea férrea electrificada (línea de sencilla y de doble vía, estaciones) alcanzará, aproximadamente, á 250 kilómetros.

La línea del Simplón, que pone en comunicación á Suiza con Italia, se encuentra en condiciones particularísimas; pues únicamente explota el servicio del túnel del Simplón, que tiene una longitud de 18 kilómetros. Esta línea presenta un dato interesante, porque demuestra la posibilidad de poder explotar, en las mejores condiciones de seguridad, el servicio de tracción eléctrica trifásica en un túnel de bastante longitud, en el que existen temperaturas muy elevadas y un grado de humedad, también bastante elevado.

Esta línea no tiene fuertes pendientes; el servicio se hace con cuatro locomotoras eléctricas, y circulan 24 trenes diarios de viajeros y de mercancías, alcanzando los primeros un peso de 250 á 300 toneladas, y los segundos de 400 á 500.

La línea de Bussoleno-Bardonecchia-Modane, tiene una longitud aproximada de 60 kilómetros, con tráfico bastante intenso y circulan diariamente 28 trenes de viajeros y de mercancías; tiene pendientes bastante fuertes hasta del 30 por 100. Tiene en servicio 21 locomotoras eléctricas y el peso de los trenes es de 250 á 300 toneladas para los de viajeros y de 400 á 450 para los de mercancías.

La línea de los Giovi funciona, actualmente, entre las estaciones de Campasso-Pontedecimo y Busalla; además, la instalación eléctrica se ha extendido ya hasta Sampierdarena y hacia Génova por un lado y por otro ha empezado á instalarse en la línea de Sampierdarena á Monco, llamada la «Aneja de los Giovi».

Se trata de un grupo de líneas muy importante; la parte ya eléctrica, comprendidas las estaciones, alcanza, aproximadamente, á 140 kilómetros, y una vez terminada la línea aneja hasta Ronco, tendrá un total de líneas eléctricas, por lo menos, de 250 kilómetros.

La línea de los Giovi tiene un tráfico enorme, es muy accidentada, pues el 45 por 100 de su recorrido se hace en curvas; existe una larga rampa con pendiente del 35 por 100 y un túnel de una longitud aproximada de 4 kilómetros. Circulan diariamente por esta línea 66 trenes de mercancías y de viajeros, con pesos que alcanzan á 400 toneladas para los primeros y de 300 á 350 para los segundos. Esta línea está en comunicación con el puerto de Génova, el que, como se sabe, recibe anualmente 7 millones de toneladas de mercancías.

Se puede observar que desde la aplicación de la tracción eléctrica en la línea Pontedecimo-Busalla, es mucho mayor el número de trenes que circulan y mayor también la velocidad de marcha.

En los trenes provistos de tracción eléctrica, la marcha se efectúa con absoluta regularidad, y el funcionamiento de la central térmica no deja nada que desear.

El funcionamiento de la recuperación de energía hecha por los trenes en las bajadas es igualmente perfecta; además de la economía de corriente, presenta este sistema mayor seguridad que con el empleo únicamente del freno mecánico. Aproximadamente la mitad del tráfico del puerto de Génova se hace por esta línea, que tiene una capacidad de más de 4 millones de toneladas por año. Circulan por esta línea los grandes expresos euro-

peos, con coches de las administraciones de los ferrocarriles extranjeros, que van desde la «Côte d'Azur» á Alemania, Austria y Rusia.

La recuperación de energía comprobada en los Giovi, proporciona un beneficio inmediato que lo calcula el Gobierno en 87.000 francos, y añadiendo además la economía que también se realiza por este medio con el menor desgaste de carriles, de zapatas, etc., se alcanza, aproximadamente, á 200.000 francos.

En la tracción por medio del vapor el enfrenado en las bajadas de las pendientes fuertes obliga á reemplazar los carriles cada tres años, mientras que con la tracción eléctrica puede calcularse, como mínimo, una duración de servicio de doce años, resultando una economía anual de más de 100.000 francos. También se ha comprobado que el desgaste de las zapatas se reduce á un quinto del que se produce con la tracción de vapor.

Donde mejor se observa el resultado económico de la explotación eléctrica es en lo que se refiere á los gastos de tracción.

Se ha calculado que con la tracción de vapor el último año en que se hizo el servicio por este procedimiento en la línea Pontedecimo-Busalla, el gasto de carbón por tonelada-kilómetro virtual útil fué de 0,868 kilogramo de carbón inglés que se paga, como término medio, á 30 francos la tonelada (durante los últimos meses el valor medio fué de 37 francos la tonelada). Es decir, que con la tracción por vapor se tenía un gasto de carbón aproximado de 0,0026 de franco por tonelada-kilómetro virtual útil.

Por el contrario, con la tracción eléctrica, á pesar de la mala utilización actual de la Central, de las subestaciones y de las líneas aéreas y de contacto, se ha calculado por tonelada-kilómetro virtual útil, un gasto de carbón en la Central (comprendiendo las pérdidas en el hilo de contacto, en los transformadores, en las líneas aéreas, etc.) de 0,049 kilogramos de carbón inglés, es decir, de 0,00147 de franco por tonelada-kilómetro virtual útil.

Ahora bien, desde el 1.º de Julio de 1911 hasta el 30 de Junio de 1912, en la línea Pontedecimo-Busalla, se ha tenido una economía de carbón de 274.472.234 toneladas-kilómetros virtuales útiles, así es que durante un año de servicio eléctrico, se ha realizado una economía en el gasto de carbón de 311.142 francos.

En la línea de los Giovi prestan el servicio 26 locomotoras.

b).—LÍNEAS EMPRENDIDAS.

Las líneas en construcción mencionadas anteriormente, es decir, la de Savona-San Giuseppe-Ceva, la de Milán-Lecco y las próximas á Génova, presentan las características siguientes:

La línea de Savona-San Giuseppe-Ceva, conduce al Piamonte el tráfico del puerto de Savona, que alcanza á 1.200.000 toneladas por año. La línea es de vía única, y tiene una longitud de 46 kilómetros; debido á la intensidad del tráfico, se decidió la instalación de la electricidad, aunque paralelamente se ha instalado hace poco tiempo un transporte aéreo para el carbón, que hace la competencia á los ferrocarriles. En esta línea existen rampas con pendientes hasta del 25 por 100, curvas muy cerradas y largos túneles; los trabajos están ya bastante adelantados, y se inaugurará el servicio dentro de algunos meses.

La línea de Milán á Lecco tiene una longitud de 50 kilómetros, y está también en construcción; es una línea con pendientes limitadas (14 por 100), y parte con doble vía (Milán-Monza y Calolzio-Lecco); las obras están también muy avanzadas y se espera terminarlás dentro de algunos meses.

Es interesante hacer observar que la línea de los Giovi va á parar al puerto de mayor importancia de Italia y del Mediterrá-

neo, así como también la línea Milán-Lecco termina en la estación de Milán, la más importante de Italia.

Respecto á las líneas que rolean á Génova, ya hemos hablado de ellas; todas son ramificaciones de la línea de los Giovi.

Para estas líneas en construcción acaba de hacer la Administración de los ferrocarriles del Estado el mayor encargo de locomotoras eléctricas que se ha hecho hasta el día en el mundo entero y á una sola casa; en efecto, ha encargado 45 locomotoras de modelo igual al que se emplea en la línea de los Giovi, de 2.000 caballos cada una, y 8 locomotoras de gran velocidad (hasta 96 kilómetros por hora) de 2.600 caballos cada una, debiendo estar todas entregadas dentro del año 1913.

Recibido este encargo, el Estado italiano dispondrá de 102 locomotoras trifásicas, sin contar las automotrices de corriente trifásica y continua y las locomotoras de corriente continua.

Cuando las líneas en construcción estén terminadas, Italia poseerá una red trifásica de 350 kilómetros, de 470 contando la doble vía y de cerca de 600 añadiendo las líneas interiores de las estaciones.

c).—LÍNEAS PROYECTADAS.

Por último, las líneas eléctricas que hasta ahora sólo se ha decidido su construcción, sin que hayan empezado todavía las obras, son las de Torino-Pinerolo-Torre-Pellice. La de Génova-Ventimiglia y la de Génova-Spazia.

Es conveniente hacer constar, respecto á la primera, que tiene una longitud de 55 kilómetros y una sola vía en proyecto, que primitivamente se intentó electrificarla con corriente monofásica, debido al poco tráfico, pero más adelante, vistos los resultados obtenidos en la instalación monofásica de Loetschberg, en Suiza, que el Gobierno italiano consideró como poco satisfactorios, se decidió adoptar la electrificación trifásica.

En las líneas de Génova-Ventimiglia (150 kilómetros) y de Génova-Spazia (80 kilómetros) se emprenderán muy pronto las obras.

Actualmente tiene en proyecto el Gobierno contar en 1915 con 2.000 kilómetros de líneas eléctricas.

Se ve hasta dónde ha llegado el esfuerzo efectuado; por hoy es suficiente haber señalado las principales etapas.

H.

EL PANTANO DE MEDIANO ⁽¹⁾

(CONCLUSIÓN)

Cálculo de la altura del remanso para distintos caudales del río. Sin tener en cuenta el caudal que puede suministrar la toma de aguas superior, los dos desagües de fondo son capaces de dar paso al volumen por segundo que da la siguiente fórmula, en que H representa la altura del embalse medida en la escala que ha de tener su cero á 456 metros sobre el nivel del mar, ó sea, á la altura de la solera de la toma inferior, en su entrada:

$$Q = 76,03 \sqrt{H - 0,30} + 60,59 \sqrt{H - 3,52}$$

Los sumandos representan, respectivamente, los gastos del túnel inferior y del túnel intermedio.

Según esta fórmula, para una altura del remanso de 6,54

metros, que afectaría á 1.530 metros de longitud de cauce, el gasto de los dos túneles sería ya de 295 metros cúbicos, que puede considerarse el caudal de las avenidas ordinarias.

Para la altura máxima, de 44 metros, el gasto se elevaría á 888 metros cúbicos.

Se ve, con esto, que los desagües de fondo podrán dar paso, por sí solos, á las avenidas ordinarias, sin producir apenas remanso, lo cual facilitará notablemente la limpia del vaso y la construcción de la presa.

Descripción de los cierres.—El túnel intermedio, utilizado á la vez, según se ha dicho, como desagüe de fondo y toma de aguas, es muy conveniente que disponga de cierres que puedan maniobrase con todas las alturas del embalse, pues esto permitirá proceder al desagüe en todo momento, lo que es muy importante para la limpia del vaso. Además, si lo requiriera una avería cualquiera en las llaves de toma, que impidiera su funcionamiento, ó fuese preciso dar salida á las aguas turbias en tiempo de avenida, se dispondría de esta suerte del túnel intermedio capaz de dar paso, á plena carga, á 385,5 metros cúbicos por segundo.

Para llenar debidamente estas condiciones, se ha adoptado el modelo de cierre proyectado para el pantano de La Peña, con singular acierto por el Ingeniero Jefe Sr. Bello, con carga de agua máxima de 37,3 metros, el actual ha merecido la aprobación del Ministerio de Fomento, y se halla al presente en vías de ejecución. Consiste esencialmente dicho cierre en una adaptación concienzuda, con modificaciones tan acertadas como convenientes, del realizado en el pantano de Roosevelt en los Estados Unidos, donde hace tres años funciona con toda regularidad en la toma de aguas, que á la vez sirve de desagüe de fondo, único de que el embalse dispone.

Con estos antecedentes no será necesario, de seguro, presentar las justificaciones y cálculos de las distintas partes de los cierres, pues lo ha hecho debidamente el Sr. Bello en un trabajo que ha sido publicado en este año, y en cuanto á la descripción, puede verse detallada en el art. 102 del pliego de condiciones de este proyecto, porque debe advertirse que de esta obra se presentan los dibujos y las condiciones, pero se reserva al constructor la indispensable libertad para que pueda en la ejecución proponer aquellas variantes y mejoras que una consideración más detenida de las distintas partes pudiera aconsejar.

A más de las escasas alteraciones que los cierres requieren para adaptarlos á nuestro caso, nos hemos permitido variar en dos puntos lo propuesto por el Sr. Bello. Se refiere el primero al enlace de la sección corriente del túnel, aguas abajo de compuertas, con la sección de éstas: nosotros proponemos que se haga de una manera suave, sin ensanche brusco donde pueda alojarse el aire, pues aun cuando éste se ponga en comunicación con la atmósfera, como debe hacerse en todos casos, no es menos cierto que dará origen á una perturbación en los filetes de la vena líquida que, á igualdad de sección, disminuirá el gasto y tenderá á producir desperfectos. Tal como establecemos nosotros los cierres, representan una sección de área mínima, análoga á la que existe en un contador Venturi.

La otra variación se refiere á la duplicidad de las compuertas que se proponen en La Peña y que se han adoptado también en el pantano de Roosevelt. Opinamos que, cuando los embalses alcanzan la enorme altura del último y las compuertas han de ser maniobradas con cargas casi dobles á las del de Mediano, toda precaución parecerá pequeña, máxime cuando el desagüe es único, y una avería que impidiera abrirlo podría constituir un conflicto gravísimo, de consecuencias deplorables para la obra, y, sobre todo, para los enormes intereses que representan los riesgos de

(1). Véase el número anterior.