

un estado en que sienten inmediatamente las consecuencias de la guerra. Pues bien; en España, como en todo país neutral, quizá más que en ninguno, por deficiencias constantes, se siente ese estado de guerra, movilizándolo el Ministerio de Fomento, movilizándolo un Cuerpo, el de Ingenieros de Caminos.

Para nosotros, y permitidme que yo emplee un plural y me una con vosotros, para nosotros, no hay paz ni tregua. Hay la lucha sin ejército, cuya tropa se forma con ferroviarios y transportes, cuyo jefe es este hombre ilustre, el Director general de Obras públicas. Cuyo activo lo forman las Compañías. Cuyas unidades permanentes son aquellas organizaciones que, quizá por un acierto se llamaron Divisiones, porque su misión hoy es de lucha. Cuyo Estado Mayor Central es el Consejo de Obras públicas y cuya oficialidad sois todos los Ingenieros. Para nosotros, hay una lucha. ¿Contra quién? Contra el interés sordido, egoísta y pequeño, que invoca á veces el nombre de la Patria y no sabe entender el sacrificio. Contra una serie de intereses que, como levantamiento de guerrilleros, presenta el riesgo de la emboscada y del acecho. Y no siendo una organización, cuando creemos haberlo vencido, se alza de nuevo y vuelve á aprovechar la ocasión para crearnos un conflicto. Nosotros tenemos una guerra en que debemos llevar los trenes á la pelea y á la lucha, y hay que conservarlos y tenemos que traerlos para hacer frente á las necesidades nacionales. Nosotros estamos en lucha. En lucha en el orden económico y en el de los transportes, problema fundamental de la vida española y ¡en qué condiciones, señores! Para esa campaña de los transportes, con una inmensa dificultad estratégica, que es la insuficiencia de nuestras líneas; con una inmensa dificultad de material, que es la escasez de los vagones, y con una dificultad mayor, que es el apremio de la opinión, que nos pide á nosotros el milagro y éste no está al alcance de las fuerzas humanas. Pero yo, que proclamo desde aquí, como lo diré siempre, que ese milagro sólo os incumbe á vosotras, Ingenieros de Caminos, de aquellos que dirigís las grandes Compañías y estáis á la cabeza de la Escala, á los que dirigís la explotación modesta de un ferrocarril local ó de un puerto de escasa importancia. En vosotros está fija la esperanza de España, la salvación de España. Nosotros somos los combatientes de la Patria, pero en una lucha en la cual, para llegar al heroísmo, no se sienten los estímulos personales, sino en una lucha desigual, sin mérito, sin alicientes, en que el estímulo tiene que ser el cumplimiento del deber, en un sacrificio de abnegación y de silencio, que es más difícil que el sacrificio del entusiasmo, careciendo de la aureola de gloria del héroe que muere en el campo de batalla. Yo no os pido el milagro, pero la confianza que tengo en todos vosotros, será la página más difícil y más hermosa del Cuerpo de Ingenieros de Caminos. A todos vosotros os pido vuestro auxilio, y cuando se termine la guerra y salvemos esta crisis tan difícil, que se pueda decir: Al paroxismo de las fuerzas humanas no llegamos, pero al exceso, sí. Y á eso es á lo que llegaremos con la fuerza de hombres alucinados por la calentura, y cuyas voluntades se redoblarán por el sentimiento que eleva á los que fueron esclavos en horas difíciles con un sacrificio inmenso. (*Entusiastas y continuados aplausos.*)

La REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS expresa su más viva satisfacción por el acto realizado, porque la unión demostrada es en beneficio del país, y el homenaje tributado es bien justo y merecido.

Reciban los Sres. Alcalá Zamora y Barcala nuestro más entusiasta aplauso y respetuoso saludo y felicitación.

TRACCIÓN ELÉCTRICA

NOTAS SOBRE ALGUNAS GRANDES ELECTRIFICACIONES EFECTUADAS

En gran número de artículos de revistas técnicas, principalmente extranjeras, se han dado á conocer las particularidades de los trabajos más importantes efectuados con respecto á la tracción eléctrica de los trenes. Creemos que no será inútil, sin embargo, dar una idea de conjunto de algunas grandes electrificaciones llevadas á cabo.

Las consecuencias de la guerra para el progreso industrial de Europa tienen que sentirse, indudablemente, también en este caso. La adopción del sistema eléctrico de tracción para las grandes líneas, felizmente iniciada por algunas, prometía extenderse á otras muchas y alcanzar en no muy lejano plazo el grado de desarrollo á que parece llamado.

El paso más grande, en orden á importancia de electrificación, fué dado últimamente por los Estados Unidos de América con los trabajos de la Chicago, Milwaukée and St.-Paul Ry. Numerosas locomotoras eléctricas para pequeñas y grandes líneas se construyen y ponen en servicio hoy día en ese país; pero de todas ellas, con las de la línea citada, constituyen el grupo más interesante las de las Compañías de Pennsylvania Railroad y Norfolk and Western Ry, de las cuales nos proponemos ocupar más adelante.

Antes, pasaremos una somera revista á las principales electrificaciones europeas.

En Italia, donde la mayor parte del tráfico ferroviario se efectúa sobre líneas de montaña, se emplea con éxito en varios puntos la tracción eléctrica. Se empezó en 1900 con la instalación de corriente continua y tercer carril á 650 voltios, en la línea Milán-Callarate-Varese-Porto Ceresio, con un recorrido de 74 kilómetros; empleándose después la corriente trifásica á 3.000 voltios y 15 periodos, con toma de dos fases de línea aérea y la tercera fase á tierra, en los 106 kilómetros de las líneas de la Valtelina.

Las características de esta segunda electrificación han sido reproducidas en las que se efectuaron posteriormente, constituyendo un sistema típico de la red italiana.

Las principales líneas así electrificadas son las siguientes:

LÍNEA DE MONT-CENIS.—Es de vía única desde Bussoleno á Salbertrand, y desde este último punto hasta Modane de doble vía, con un total de 60 kilómetros, recorrido accidentadísimo, de alta montaña, casi todo él en viaductos, puentes y túneles. De éstos hay 29, con una longitud de 22,4 kilómetros, siendo el principal el de Frejus que mide 13.636 metros, casi todo él en rampa de 24 á 30 por 1.000 y con curvas de radio mínimo de 350 metros.

LÍNEA CORRESPONDIENTE AL PUERTO DE SAVONE.—De vía única en los 45 kilómetros de recorrido, con trazado también tortuoso y 29 túneles, rampas de 21 y 23 por 1.000 y curvas de 400 metros de radio.

LÍNEA ANTIGUA DE GIOVI.—Comprende el trayecto de Pontedecimo á Busalla, durante el cual sube 10,5 kilómetros, salvando una diferencia de nivel de 270 metros por rampas de 21 á 35 por 1.000; las curvas y contracurvas son frecuentes y hasta de 400 metros de radio mínimo. Hay doble vía.

Esta sección es la más fuerte de la red italiana.

El programa de explotación que ha servido de base al proyecto de electrificación de esta línea del Giovi fué el siguiente:

Cada tren, compuesto de 21 unidades, de un peso medio de 18 toneladas, carga comprendida, es remolcado por dos locomotoras eléctricas, una en cabeza y otra en cola. Los trenes se sucederán con quince minutos de intervalo; pero si el aumento de tráfico lo exigiese, este intervalo podrá reducirse á diez minutos durante un período normal de trabajo de dieciocho horas, que en caso necesario podrá aumentarse excepcionalmente á veinte horas por día. La composición de los trenes que llevan los vagones vacíos es triplicada en el descenso.

LÍNEA ANEJA DEL GIOVI.—Parte de Génova, y por *Quadrivio Torbella* sube hacia *Ronco*. En esta última etapa, la línea siempre por viaductos, puentes y túneles. Es de doble vía y asegura un tráfico muy grande de mercancías que provienen del puerto de Génova.

Todas estas cuatro líneas han sido electrificadas por el mismo sistema de corriente trifásica á 3.700 voltios y 16,7 períodos.

Las locomotoras tienen las características siguientes:

- Diámetro de las ruedas, 1,07 metros.
- Distancia entre los ejes extremos, 6,12 ídem.
- Largo total de las locomotoras, 9,53 ídem.
- Dos motores de tracción, con potencia total en marcha durante una hora, 2.000 kilovatios.
- Velocidad normal por hora, 25 á 50 kilómetros.
- Frenos de aire comprimido Westinghouse.
- Freno de mano.
- Dos transformadores para los servicios accesorios.
- Dos compresores.
- Un ventilador.

La energía eléctrica es transmitida á los trenes por una línea aérea formada por dos hilos, correspondientes á dos fases, suspendidos á 6 metros por encima de los carriles en los puntos al exterior y á 4,5 metros al menos en las secciones en túnel. La corriente, á 3.700 voltios, alimenta los motores, que son asíncronos, del tipo corriente de campo giratorio de Ferraris.

En Suiza se inauguró una electrificación importante el año 1913, correspondiente á la línea *Berna-Lot-chberg-Simplón*, en el trozo de *Spiez-Frutigen*. Se trata en este trozo de una línea de rampa media de 11,17 por 1.000 y con curvas pronunciadas, de un mínimo de 300 metros de radio.

Se emplea aquí la corriente monofásica á 15.000 voltios y 15 períodos, que es transformada sobre la misma locomotora en corriente á baja tensión, que alimenta los motores.

Han sido estudiados dos tipos de locomotoras, uno para trenes de viajeros y otro para los de mercancías, que se diferencian principalmente por el tipo de motor y el modo de transmisión del movimiento de los motores á los ejes. En cuanto al motor, las primeras, construidas por l'*Allgemeine Elesttricitats-Gergellschaft*, contienen el de repulsión, mientras que las segundas, procedentes de la *Oerlikon*, llevan el motor serie, de campo auxiliar de conmutación desplazado.

Las características principales de estos dos tipos de locomotoras son las siguientes:

Locomotoras para trenes de viajeros:

Cuatro ejes acoplados y dos ruedas extremas directrices.	
Diámetro de las ruedas motrices, metros.....	1,270
Idem de las ruedas directrices, ídem.....	0,850
Longitud total entre topes, ídem.....	15,750
Distancia entre los ejes extremos, ídem.....	12,450
Peso por cada eje motor, toneladas.....	17
Idem por cada eje director, ídem.....	12,5
Idem de la parte mecánica, ídem.....	44
Idem de la parte eléctrica, ídem.....	49
Idem total en orden de marcha, ídem.....	93
Idem adherente, ídem.....	68
Potencia de los motores, caballos.....	2 × 800

Locomotoras para trenes de mercancías:

Seis ejes acoplados.	
Diámetro de las ruedas, metros.....	1,350
Longitud total entre topes, ídem.....	15
Distancia entre los ejes extremos, ídem.....	10,700
Peso por cada eje, toneladas.....	15
Idem de la parte mecánica, ídem.....	46
Idem de la parte eléctrica, ídem.....	44
Idem total en orden de marcha, ídem.....	90
Potencia de los motores, caballos.....	2 × 1.000

Esta última locomotora para trenes de mercancías está construída para remolcar, durante una hora, trenes de 310 toneladas (sin incluir el peso de la locomotora) sobre rampas de 27 por 1.000, á la velocidad de 42 kilómetros por hora, y trenes de 500 toneladas sobre rampas de 15,5 por 1.000 á esta misma velocidad. La aceleración en el arranque para las dos cargas, 0,05 metros por segundo. Esfuerzo de tracción en el arranque, 13.000 kilogramos, y esfuerzo en el gancho á la velocidad indicada, 10.000 kilogramos. La velocidad máxima de estas locomotoras puede llegar á ser hasta de 70 kilómetros.

Hay también en esta línea otro tipo de locomotoras de más potencia que las referidas, de cinco ejes acoplados y dos ruedas directoras, con motores de un total de 2.500 caballos y esfuerzo máximo de tracción en el arranque de 18.000 kilogramos.

La línea ferroviaria comprende el túnel de *Sotschberg*, de 14,6 kilómetros.

La línea de contacto establecida para la corriente monofásica de alta tensión está constituída por un hilo con suspensión catenaria, sin cable portador, excepto en el trozo *Spiez-Frutigen* en el que lleva cable auxiliar portador.

Por el mismo sistema se electrificó la línea de los ferrocarriles suecos de *Luluca-Narvik*, en el trayecto de *Kiruna*, en Suecia, á *Riksgransen*, en la frontera noruega, con una longitud de 130 kilómetros.

Este ferrocarril sueco es el más septentrional de Europa y sirve la cuenca minera de *Kiruna*, llevando sus productos á las costas del Báltico y del Océano Atlántico. Su longitud total es de 496 kilómetros, habiendo sólo una vía en todo el recorrido. La capacidad de tráfico resultó insuficiente en la tracción de vapor, pues el transporte anual de mercancías de 1.200.000 toneladas subió rápidamente hasta alcanzar en 1913 la cifra de 3 millones. Para hacer frente á este aumento de tráfico se ofrecían dos soluciones: colocar doble vía ó electrificar.

Esta última presentó la ventaja de la economía, además de permitir la utilización de fuerzas hidráulicas abundantes en la región en lugar del carbón, de importe en ella elevado, y de suprimir el humo en los túneles, con lo cual la tracción puede ser doble y triple.

Los trenes con tracción de vapor se formaban con 28 vagones de 11 toneladas de tara y carga hasta de 35 toneladas, subiendo las rampas de 10 milésimas á 12 kilómetros por hora. La velocidad de los trenes eléctricos, que llevan 40 unidades, se eleva á 30 kilómetros en las mismas rampas.

Esta tracción eléctrica se puso en servicio en 1915, y señala el primer paso en la electrificación de los ferrocarriles del Estado sueco, á la cual ha de contribuir la circunstancia de que éste, comprendiendo la importancia que la utilización de las fuerzas hidráulicas tienen para el país, ha emprendido él mismo la construcción y aprovechamiento de los grandes saltos de aguas de *Trollhattan*, *Porjus* y *Alfakarleby*, de un considerable número de caballos de potencia.

* *

La parte meridional de Austria, al Sur del Danubio, comprendiendo la región montañosa de los Alpes, se presta á que la electrificación de sus líneas férreas sea de ventaja grande para la explotación de ellas.

Así reconocido por el Estado, en 1906 se creó en el Ministerio de Ferrocarriles una División de estudios para preparar el empleo de la tracción eléctrica, y las Compañías particulares acometieron el mismo estudio.

En 1909, ese sistema de tracción no prestaba servicio en Austria más que en líneas secundarias y de interés local, que abarcan entre todas ellas un total de unos 180 kilómetros, y utilizan corriente á baja tensión.

En los estudios á que acabamos de referirnos, quedó establecida la preferencia por la corriente monofásica, y ésta es la que se empleó en las electrificaciones que se ejecutaron. La de Mittenwaldbahn fué inaugurada en el primer trozo á final del 12. Une esta línea las poblaciones de Innsbruck y Reute, en suelo austriaco, atravesando Baviera en una longitud de 40 kilómetros, y presenta en algunos puntos rampas hasta de 34 milímetros, en las cuales son arrastrados trenes de 124 toneladas á velocidad de 30 kilómetros por hora. Las locomotoras empleadas tienen 800 caballos de potencia con un solo motor y llevan tres ejes acoplados y una rueda libre; son susceptible de gran esfuerzo hasta 9.500 kilogramos que en rampas tan grandes como la de esta línea no puede aplicarse más que á remolcar poco peso; pero probadas en línea horizontal arrastraron trenes hasta de 1.000 toneladas.

La corriente monofásica de alto voltaje, 15.000, y baja frecuencia, se transforma sobre la misma locomotora para alimentar el motor.

Otras electrificaciones austriacas son las de las líneas de Vacz-Budapest-Godolo y de Pillachtal ó línea alpina de Baja Austria-Styrie, con parecidas características de corriente monofásica á 10.000 voltios y 15 periodos, transformada sobre la locomotora. La potencia bastante más reducida que en el caso antes descrito.

* *

En Alemania, las administraciones de los distintos Estados organizaron servicios que laboraron en favor de las electrificaciones, á cuyo desarrollo contribuyeron también las importantes industrias eléctricas de este país, formándose Empresas y Sociedades de estudios para las líneas eléctricas rápidas.

Dejando aparte los muchos ensayos efectuados, cuya relación caería fuera de los límites de esta modesta enumeración, hemos de fijarnos en el establecimiento de la tracción eléctrica sobre la línea Magdebourg-Leipzig-Halla, en la sección de Dessau-Bitterfeld, que empezó á emplearse en 1913.

No se trata aquí de una línea de montaña como de la que hablamos antes. Es una línea poco accidentada, con rampas dulces, cuando más de 4,2 por 1.000, y que se extiende casi siempre en línea recta. Ha sido escogida para experimentar la tracción eléctrica, porque atraviesa zonas mineras y es posible aprovechar en las calderas de la central térmica (que aquí no se utiliza fuerza hidráulica) combustible á precio económico, lignitos y carbones pobres que no servirían para alimentar locomotoras de vapor. Las condiciones de la línea son, pues, apropiadas para la tracción á grandes velocidades.

Y este es un punto muy interesante, pues evidenciada hasta ahora la ventaja, casi la necesidad de la tracción eléctrica para las líneas de grandes rampas, queda aún quien combate la locomotora eléctrica considerándola sin adquirir predominio sobre la de vapor para las grandes velocidades.

A este respecto, remitimos al lector el trabajo publicado en

el número de la *Revue Generale de l'Electricité* correspondiente al 12 de Mayo de 1917, en el que se enumeran las conveniencias de la locomotora eléctrica.

La corriente empleada en la línea Dessau-Bitterfeld es monofásica á 10.000 voltios y 15 periodos. Las administraciones de los caminos de hierro de los Estados alemanes se pronunciaron por la corriente monofásica, y esta preferencia se notó en las nuevas electrificaciones y en algunas ya establecidas, como la de la línea de interés local Murnau-Oberammergan, que era explotada con corriente trifásica á 800 voltios y se cambió aquélla por la monofásica á 5.000 voltios.

La línea de toma de corriente se montó según dos sistemas. En la sección Dessau-Raguhn se empleó la disposición normal del sistema catenarío de cable portador auxiliar, de Siemens Schuckert; y en la Raguhn-Bitterfeld la suspensión catenaria de hilo compensador, de A. E. G.

Seis tipos de locomotoras han sido adoptados en la electrificación de Dessau-Bitterfeld, y de ellas corresponden las siguientes características;

	TIPOS.					
	1	2	3	4	5	6
Número de ejes acoplados.....	2	3	3	4	4	4
Diámetro de las ruedas motrices, metros.....	1,600	1,600	1,250	1,050	1,150	1,500
Potencia horaria.....	1.100	1.800	1.100	600	900	900
Velocidad, kilómetro-hora.....	110	110	110	60	80	110
Idem máxima.....	130	110	110	60	80	110
Peso, toneladas.....	72	80	72	62	92	91
La locomotora puede remolcar en horizontal.....	240	490	500	1.400	1.300	.
Esfuerzo en el arranque, kilogramos.....	4.770	8.500	7.200	8.750	2.000	10.500
Aceleración, metros por segundo..	0,15	0,15	0,1	.	14.000	.

La alusión á más casos haría demasiado larga esta revista, sin añadirle mayor interés, y por ello hemos de terminarla citando lo que se ha hecho en nuestro país y lo que se ha hecho en la parte de Francia más próxima á nosotros por la Compañía del Midi.

Esta Compañía, que explota las líneas que enlazan con las españolas, ha introducido también desde hace tiempo la tracción eléctrica en varias secciones. Empleó primero la corriente continua á tensión de 850 voltios, y posteriormente eligió la corriente monofásica para las electrificaciones más modernas, como la sección de Perpignan-Villafranche-Vernet les Bains. La corriente monofásica á 12.000 voltios y 16 periodos, es transformada sobre la locomotora, para, á baja tensión, alimentar los motores. Es el mismo sistema monofásico á alta tensión de que hablamos en varias de las electrificaciones referidas.

Y no deja de tener interés el criterio de esta Compañía sobre el sistema de electrificación, porque en sus proyectos está extender aquél á tres líneas que han de enlazar con las españolas transpirenaicas en Puigcerdá, Lalau y Arañones (Canfranc).

* *

En España, aparte de los ferrocarriles eléctricos de vía estrecha de El Irati (Pamplona) y de San Sebastián á la frontera francesa, la Compañía de los ferrocarriles del Sur abrió á la explotación eléctrica en 1911 la línea de Gergal á Santa Fé, de una longitud de 22 kilómetros. Se trata de una línea de fuertes rampas y curvas cerradas. Emplea la corriente trifásica á 5.200 voltios y 25 periodos, transformada sobre la locomotora en corriente á 550 voltios para alimentar dos motores de 220 caballos. Se obtiene recuperación de energía en el descenso de los trenes, á lo cual se presta especialmente la corriente trifásica.

En todas las electrificaciones de que acabamos de hacer mención, se emplea la corriente alterna, como hemos visto unas veces trifásica y las más de ellas monofásica. Son las corrientes, especialmente la última, que más han predominado en los trabajos que en grandes líneas se han efectuado en Europa, á pesar de la concurrencia de la corriente continua, que para motores de tracción ofrece excepcionales ventajas.

Persiguiendo estas ventajas se han hecho ensayos de conversión de la corriente monofásica de la línea á alta tensión en corriente continua sobre la locomotora, para en ésta alimentar motores de corriente continua. Auvert y Ferrand trabajaron en este sentido en Francia hace más de doce años, y en los Estados Unidos se ha hecho y hace lo mismo, aunque sin un éxito que moviese á utilizar este sistema en grande.

Es en este país últimamente citado donde el empleo de la corriente continua se ha generalizado más en las grandes electrificaciones, utilizándose el sistema enteramente continuo, aun á costa de no poder emplear en la línea de trabajo tensiones superiores á 5.000 voltios (1).

La electrificación más grande del mundo, de 708 kilómetros en la línea de Chicago al Pacífico, fué ejecutada recientemente con corriente continua, como anteriormente se había hecho en el ferrocarril americano de Butte, Anaconda & Pacific Ry, en 43 kilómetros de línea.

Hoy se emplea en Norte América, como progreso, el convertidor de fases, que permite que la corriente que llega á la locomotora sea monofásica, con lo cual sólo se necesita que la línea de trabajo tenga un hilo y se consiguen, por tanto, economías á más de simplificar el problema de los cruzamientos de esas líneas en los cambios de vía.

Esa corriente monofásica es convertida sobre la locomotora en trifásica, y así alimenta los motores trifásicos robustos y de buen rendimiento.

En la lucha de estos sistemas de tracción, los de corriente monofásica y continua defienden sus posiciones, por mejoramientos que se introducen y los inventos que se aportan. Pero este asunto técnico, sin duda interesantísimo, no resulta tan importante como el de la influencia económica que la electrificación tiene sobre el rendimiento financiero de las explotaciones, ya que á la hora presente, continua ó monofásica, pueden resolver perfectamente el problema de tracción con ventajas ó inconvenientes que muchas veces dependen de las condiciones particulares de cada una de las líneas férreas á electrificar.

De las tres electrificaciones efectuadas en líneas americanas, que al principio citamos, dos de ellas, la de la Pennsylvania Railroad y la de la Norfolk and Western Ry, fueron ejecutadas por el sistema de corriente monofásica en la línea y conversión en trifásicas sobre la locomotora. Se consiguió así reemplazar los motores monofásicos de rendimiento inferior á los de corriente continua y trifásica y más pesados que ellos, por motores trifásicos, interponiendo para ello entre la línea de toma de corriente y los motores un convertidor de fases. Ofrece también el motor trifásico la ventaja de su propiedad para la recuperación de energía en las pendientes, á más de ser de una construcción sencilla y robusta. En contrapartida debe consignarse que su velocidad constante puede ser un inconveniente en ciertos casos.

Siendo estos dos tipos de locomotoras del mismo sistema de electrificación, difieren esencialmente en la parte mecánica, en que el número de ejes acoplados es menor en la de la Pennsylva-

nia, y en la parte eléctrica en el número de motores, ocho en la de la Norfolk and Western y cuatro en la de la Pennsylvania. Esta última es la locomotora más potente hasta el día.

Estas diferencias se ven al cotejar las características de ambas locomotoras, á continuación expresadas:

	NORFOLK AND WESTERN RY	PENNSYLVANIA
Peso total.....	270 toneladas.	240 toneladas.
Idem adherente.....	220 —	198 —
Idem por eje motor....	220/8-27 toneladas.	198/6-33 toneladas.
Número de motores...	8	4
Idem de <i>trucks</i>	4	2
Idem de ejes motores.	8	4
Idem de grandes engranajes.....	16	8
Potencia horaria.....	3.600 caballos.	4.800 caballos.
Idem continua.....	3.000 —	4.000 —

Según estos datos, hay diferencia entre los pesos específicos, con ventaja para la de Pennsylvania. Por caballo de potencia continua se tiene:

$$\frac{270.000}{3.000} = 90 \text{ kg. (Norfolk and Western Ry)}$$

$$\frac{240.000}{4.000} = 60 \text{ kg. (Pennsylvania).}$$

lo que demuestra un gran progreso en la construcción de esta última locomotora.

La forma de corriente adoptada en la línea de trabajo en los dos casos es: monofásica á 11.000 voltios y 25 períodos. Esta corriente, al llegar á la locomotora, pasa á un transformador monofásico, alimentado en el primario á dos hilos (la línea de trabajo y tierra).

Del secundario de este transformador salen tres hilos, de los extremos y del medio de la bobina, obteniéndose 750 voltios entre ellos. Con estos tres hilos se alimenta el convertidor, que es un motor asíncrono difásico, que se desdobra en su funcionamiento como dos receptores monofásicos (1). Los tres hilos que salen del convertidor con 725 voltios, sirven ya para suministrar corriente trifásica á los motores propulsores.

Con este sistema convertidor es posible la recuperación de energía en las pendientes, cuando bajan los trenes, y así se lleva á cabo en las líneas de que nos ocupamos, empleándose dispositivos adecuados en los cuadros para evitar que la energía recuperada pueda alguna vez hacer trabajar los alternadores como motores.

Los rendimientos de estas locomotoras llegan hasta un 78 por 100, bastante elevado para la corriente de que se trata, que en este punto no llega á las ventajas de la continua. Así, el rendimiento de las locomotoras de Chicago, Milwankée and St.-Paul Ry es, aproximadamente, de 88 por 100. Esta ventaja de la continua es, como se sabe, más ó menos compensada por el mejor rendimiento de la línea, en la transmisión de energía de la fábrica á la locomotora que la utiliza.

La línea de trabajo en estas dos electrificaciones monotrifásicas está formada por un hilo suspendido por el sistema de catenaria con cable auxiliar á 7,25 metros sobre el carril.

* *

La electrificación más importante del mundo es, hasta el presente, como hemos indicado, la de la Chicago, Milwankée and St.-Paul Ry, en un recorrido de 708 kilómetros, comprendidos algunas veces en partes montañosas con pasos difíciles, grandes

(1) Tensión en uso en la Michigan United Traction Company. En servicio desde Junio de 1915. En los demás casos la corriente en la línea de toma no suele pasar de 2.500 á 3.000 voltios.

(1) En la *Revue Generale de l'Electricité* de 15 y 22 de Septiembre de 1917, puede verse un estudio acerca de los convertidores monotrifásicos.

rampas y curvas de radios pequeños. La parte principal del tráfico la constituyen las mercancías.

Los trenes son remolcados por locomotoras que tienen las siguientes características:

Ancho de la vía, metros.....	1,425
Tensión de alimentación: corriente continua, voltios.....	3.000
Número de ruedas: seis grupos de á cuatro.	
Esfuerzo de tracción máximo, kilogramos.....	60.000
Idem de id. continuo, idem.....	32.000
Longitud total, metros.....	34,14
Distancia entre ejes extremos, idem.....	31,30
Anchura total, idem.....	3,05
Altura con el trolley bajo, idem.....	5,07
Distancia entre ruedas motrices, idem.....	3,20
Idem entre id. de los trucks guías, idem.....	1,83
Diámetro de las ruedas motrices, idem.....	1,32
Idem de las id. de los trucks guías, idem.....	0,91
Dimensiones de los manguitos de los ejes motores, idem..	$0,20 \times 0,36$
Idem de los id. de los ejes de los trucks guías, idem.....	$0,16 \times 0,30$
Peso total de la locomotora, kilogramos.....	261.001
Idem sobre los ejes motores, idem.....	204.000
Idem por eje motor, idem.....	25.400
Idem suspendido por eje motor, idem.....	18.200
Idem muerto por eje motor, idem.....	7.200
Idem sobre los trucks guías, idem.....	57.000
Idem por eje guía, idem.....	14.300
Idem suspendido por eje guía, idem.....	12.350
Idem muerto por eje guía, idem.....	1.950
Esfuerzo de tracción máximo en función del peso sobre las ruedas motrices.....	30×100
Idem de id. continuo en función del peso sobre las ruedas motrices.....	16×100
Idem de freno normal en función del peso sobre las ruedas motrices.....	89×100
Idem de id. id. en función del peso total.....	69×100

Cada locomotora lleva ocho motores de tracción, de capacidad unihoraria cada uno de 452 caballos. Estos motores están contruidos para trabajar á 1.500 voltios, de modo que van montados de dos en dos en series alimentadas á los 3.000 voltios de la corriente de la línea de toma. Cada par de motores puede ser aislado, en caso de avería, de uno de ellos.

Aparte de los ocho motores de tracción mencionados entra en el equipo eléctrico de esta locomotora un motor generador que suministra la corriente necesaria para alimentación de los circuitos auxiliares. Este grupo comprende un ventilador, que se utili-

za para refrigerar los motores de tracción; un motor alimentado directamente por la corriente á 3.000 voltios; una excitatriz, empleada en el frenado por recuperación, y una pequeña generatriz que produce corriente á 125 voltios para alumbrado. Hay también un motor para 3.000 voltios que remueve el compresor de aire.

Estas locomotoras están preparadas para aprovechar las pendientes y producir freno eléctrico con recuperación de energía. Depende esta recuperación de que la tensión en las bornas de los motores sea superior ó inferior á la de la línea de alimentación. Durante el frenaje eléctrico la tensión en las bornas es superior á la tensión de alimentación, sirviendo la excitatriz del grupo de que se ha hecho mención para la variación de la tensión.

El esfuerzo del freno eléctrico disminuye cuando la velocidad de la locomotora disminuye, y, por tanto, las máquinas, sin necesidad casi de maniobra por parte del mecánico, pueden descender las pendientes con velocidad prácticamente constante.

El equipo eléctrico va repartido en dos secciones de *chasis*, disposición que se tomó para facilitar los pasos de las curvas y repartir convenientemente los pesos.

A la vista de las características de esta locomotora, como á la de las correspondientes á las otras dos electrificaciones de que se hizo mención anteriormente, se comprende la magnitud de estos trabajos para explotaciones tan en grande. Una composición corriente de trenes, en las líneas apuntadas, consiste en 25 vagones de seis ejes, de 130 toneladas, cuando están cargados: total, 3.250 toneladas. Así, las locomotoras de la Chicago, Milwaukée and St.-Paul Ry, se construyeron para remolcar entre dos, una á cabeza y otra á cola, una carga de 6.400 toneladas sobre una rampa de 10 milésimas y 3.800 toneladas sobre una de 20 milésimas. Así también una condición que se exige á las locomotoras de la Norfolk es que los motores resistan durante cinco minutos la intensidad máxima de corriente, que corresponde á la mayor carga, aunque no giren; condición que tiene su razón de ser, entre alguna otra, en la circunstancia que los trenes de material cargado suelen tener una longitud de 300 metros y de 1.200 los de vagones vacíos, y en la doble tracción debe preverse que en el arranque no coincidan los esfuerzos de las dos locomotoras.

FRANCISCO WAIS SAN MARTÍN,

Ingeniero de Caminos.

REVISTA EXTRANJERA

El ensayo de los imanes inductores para los magnetos.

El estudio de los hierros dulces ó de los imanes puede hacerse con precisión con los métodos usuales del laboratorio; pero estos métodos no son expeditos, y prácticamente se aplican mal á la construcción de los contadores ó de los magnetos. No solamente es necesario entonces recordar los métodos estudiados especialmente en vista de las necesidades de los fabricantes, sino que es preciso acomodarse también á una terminología que se ha adoptado para responder á las mismas necesidades y que implica la consideración de magnitudes y de coeficientes que no son exactamente los que se tienen por costumbre considerar en los ensayos de laboratorio.

Le Génie Civil, en un artículo que extractamos en la presente nota, dice que M. Morgan da una reseña de estos métodos y de estos coeficientes en la *Engineering*, proponiendo un aparato

de medición del que la figura muestra el principio en que se funda.

Las características que se buscan en un imán permanente son, ante todo, su intensidad y su permanencia. Por la primera de estas magnitudes, es necesario entender una cierta proporción de magnetismo remanente subsistente en el metal después de que el manantial de imanación inicial ha dejado de actuar sobre él. En cuanto á su permanencia ésta está en proporción á la coerción del metal que lo compone. Remanencia y coerción son magnitudes físicas susceptibles de una determinación experimental y características del valor de un imán que se podrían medir procediendo por los medios y según las tradiciones del laboratorio.

Para responder al *desideratum* de los prácticos, sería necesario poder combinar estos dos coeficientes en uno solo, y de manera que el único coeficiente obtenido bastase para caracterizar al imán de un modo satisfactorio.