

están provistos de tabiques abiertos, alternativamente, arriba y abajo, de manera de hacer circular las aguas verticalmente.

El fondo se compone de una serie de canales transversales triangulares, en cuya arista inferior se han fijado las placas-filtros; la superficie de estas últimas es, próximamente, la quinta parte de la superficie de los estanques. Uno de los compartimientos se utiliza para revivificar los depósitos, mientras que las aguas sometidas á la aeración pasan sucesivamente á dos de los otros.

El sexto compartimiento, reservado á la sedimentación, tiene 8,20 metros de profundidad efectiva, y su fondo tiene forma de embudo. Los depósitos son extraídos por el aire comprimido, á través de una cañería que los lleva al compartimiento de revivificación, colocado á un nivel superior al de los compartimientos de aeración. Los depósitos revivificados pueden así mezclarse por simple gravedad con las aguas que se han de depurar.

ELECTRIFICACIÓN DE LOS FERROCARRILES ESPAÑOLES

POR

D. LUIS SÁNCHEZ CUERVO

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

(CONCLUSIÓN) (1)

Materiales é instalaciones necesarios.

LOCOMOTORAS.

HORARIO NÚM. 1.—Requiere cinco locomotoras en servicio. Para reserva y en reparaciones, basta prever tres más, que eleva el total á ocho.

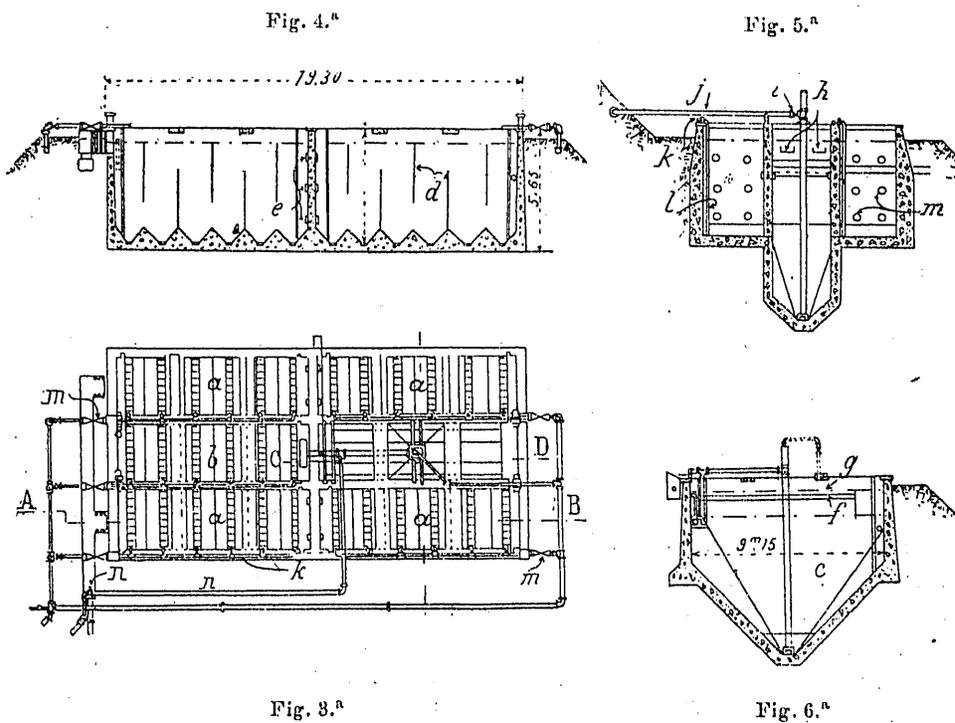


Fig. 3.^a (plano).—*a*, compartimiento de aeración; *b*, compartimiento de sedimentación; *m*, contador; *n*, compuerta; *k*, válvula.
 Fig. 4.^a (corte AB).—*e*, tuberías; *d*, tabiques.
 Fig. 5.^a—*i*, compuerta; *h*, vertedero; *m*, tuberías de hierro incrustadas en el muro; *l*, cañería de aire; *k*, válvula; *j*, cañería de los depósitos.
 Fig. 6.^a—*g*, nivel de las aguas; *f*, vertedero; *c*, compartimiento de sedimentación.

El aire está suministrado por un compresor de turbina á la presión de 630 gramos por centímetro cuadrado. El volumen de aire inyectado es de 12.600 litros por minuto. Las placas-filtros están incrustadas en azufre en unas cajas de acero.

En resumen, este procedimiento, según el autor del artículo que extractamos, aunque apenas ha salido del terreno de los ensayos, ha dado ya resultados bastante satisfactorios para que pueda ocupar desde ahora un lugar importante entre los procedimientos de depuración, y es muy posible que llegue más tarde á suplantar por completo á los filtros. Sus principales ventajas residen en el alto grado de pureza que adquiere el agua depurada, en la exigüidad de los emplazamientos necesarios y en la ausencia de malos olores. Los depósitos que de él resultan son, es verdad, muy voluminosos; pero una vez desecados tienen un valor fertilizante excepcionalmente elevado.

HORARIO NÚM. 2.—Supone 2×8 locomotoras en línea, ó sean 16 en servicio. Para prever la reserva y la reparación bastará con seis más, que da un total de 22 locomotoras á adquirir (2).

Línea de trabajo y retorno.

El conductor de contacto será del tipo mayor que normalmente se trefila, con sección perfilada para la sustentación por medio de mordazas. Esta sección es de 120 milímetros cuadrados y no conviene excederla por las dificultades de montaje que ofrecerían secciones más fuertes.

La resistencia óhmica por kilómetro de este conductor es de 0,15 á la temperatura media de 15° C. Por cada 100 amperios y kilómetro, la caída de tensión en él es de 15 voltios. La capacidad de conducción de este conductor sin calentamiento excesivo puede cifrarse en unos 1.200 amperios de un modo continuo ó 1.500 por breves períodos.

La vía de rodadura formará parte del circuito de retorno.

(1) Véase el número anterior.
 (2) Véase apéndice.—Nota 5.^a



Esta vía es simple, con carril de 42,5 kilogramos por metro lineal (1). La resistencia óhmica por kilómetro puede fijarse en 0,018 para un estado normal de las conexiones ó enlaces eléctricos de cobre en las juntas de la vía. Desde luego es aconsejable emplear conexiones de cobre cada 150 metros entre fila y fila de carriles, para uniformizar la caída de tensión en una y otra fila, así como para salvar toda discontinuidad que resultara de la rotura de alguna conexión de las juntas. La capacidad de conducción en amperios, es prácticamente ilimitada en nuestro caso.

La caída de tensión en este circuito de retorno será de 1,8 voltios por cada 100 amperios y kilómetro. No hay aquí lugar á temer, como en las instalaciones de tranvías, los riesgos de electrólisis de tuberías subterráneas paralelas á la vía.

En el gráfico que acompaña á la Memoria original aparece el resultado del estudio de las caídas de tensión para las posiciones más desfavorables de los trenes, para el horario núm. 1.

El esquema de la distribución representa los *feeders* positivos y negativos que hemos necesitado prever, y que suponen un gasto de cobre relativamente reducido. Para explicarse las longitudes que asignamos á los *feeders* hay que atender al dibujo del trazado en planta, según el adjunto dibujo. Los varios bucles ó lazos del trazado hacen que las distancias á la subestación sean mucho más pequeñas que en un trazado que se desarrollara en la forma acostumbrada. También resulta de aquella forma que, trenes representados en el esquema á la derecha de la subestación, están en realidad á la izquierda ó viceversa.

Las dos posiciones de trenes más desfavorables para la pérdida en línea, son:

A). — Un tren ascendente entrando en la rampa de 0,020, que empieza á tres kilómetros de Lena. El otro tren ascendente resulta á unos 18 kilómetros de la subestación, siguiendo la vía del lado Busdongo.

B). — Un tren ascendente llegando á la divisoria (túnel de la Perruca, por tal lado de Busdongo).

El otro tren resulta estar á unos 11 kilómetros de la subestación, siguiendo la vía y también del mismo lado de Busdongo. Sin embargo, es alimentado en parte por el *feeder* núm. 1.

El cálculo de estas caídas máximas de tensión aparece en la nota 6.ª del Apéndice. Al tren más alejado, dentro de la hipótesis B), corresponde una caída de tensión algo elevada (500 voltios). Nótese, sin embargo, que esta situación dura un instante, pues inmediatamente el tren tiene un consumo nulo al trasponer la divisoria. Además, hemos supuesto al tren el consumo de 390 amperios, y en realidad la rampa del túnel de la Perruca es sólo de 0,017 en vez de 0,020, lo cual disminuye en un 10 por 100, aproximadamente, la caída de tensión correspondiente.

De todas suertes, la media de las caídas máximas de tensión calculadas en las hipótesis A) y B), es de unos 350 voltios. La relación de esta pérdida á la tensión de las subestaciones es alrededor de 13 por 100, lo cual legitima la hipótesis hecha en nuestros cálculos, de que el rendimiento *medio* de la línea no es inferior á 0,90. La tensión de trabajo de la subestación sería de unos 2.600 voltios.

SUBESTACIONES.

Para satisfacer el servicio del horario núm. 1, basta con una subestación que estaría emplazada en Fierros. Su capacidad ha de ser, como se ha calculado, de 2.600 kilovatios. La maquinaria puede estar constituida por cuatro grupos convertidores de 1.000 kilovatios, de los cuales uno es de reserva. Cada grupo estaría formado por:

(1) No tenemos la absoluta seguridad de esta cifra, pero debe ser sensiblemente exacta.

Transformador trifásico reductor de tensión.

Grupo convertidor constituido por:

a) Motor síncrono.

b) Dos generadores de corriente continua de 500 kilovatios á 1.200 voltios en serie.

No hace falta prever espacio capaz para un quinto grupo de igual potencia.

En sustitución del grupo *motor síncrono-dos generadores*, podría adoptarse un grupo de dos conmutatrices de 500 kilovatios á 1.200 voltios. La solución mejor bajo diversos aspectos se escogería atendiendo á detalles en los que no podemos entrar.

Para suministrar la energía requerida por el horario número 2 serían ya precisas tres subestaciones. Una de ellas sería la anteriormente construida para el servicio de horario número 1, sin ampliación ni modificación alguna. La segunda subestación se instalaría en Pajares y su composición sería igual á la de la subestación primera. La tercera subestación se emplazaría en la proximidad de Malvedo y tendría cinco grupos en vez de cuatro, reuniéndose en total una potencia de 13.000 kilovatios instalados, de los que unos 3.000 constituyen la reserva. Claro es que, como á este servicio máximo se llegará sólo de un modo gradual, en igual forma habrá de procederse á ampliar la instalación, según el tráfico lo vaya requiriendo.

No es aconsejable la instalación de baterías de acumuladores. Las variaciones de la carga son de importancia relativamente pequeña, aun para una central generadora que sólo alimentara el servicio de la tracción, y con mayor motivo si, como es de suponer, aquélla sirve también á otra clientela de relativa importancia. El arranque de los grupos puede hacerse del lado de corriente alterna si se trata de conmutatrices, ó del lado de corriente continua si se instalan grupos de motor-generadores. En este último caso, un pequeño grupo de motor asíncrono y generador de corriente continua, servirá de auxiliar en cada subestación.

Observación.—En el capítulo I se menciona el propósito del autor de este trabajo, de estudiar no sólo la electrificación del Pajares, sino también la de la línea de Zaragoza á Barcelona por Lérida. Este caso ofrece un interés especial desde el punto de vista técnico, á causa de la gran longitud; de la mayor intensidad de tráfico en algunos trayectos (proximidad de Barcelona), y de las diferentes divisorias secundarias que hay que atravesar, al cortar transversalmente las cuencas de los ríos que nacen en los Pirineos. La determinación de la potencia máxima, de la potencia media, de la distribución de las subestaciones, del sistema alimentador y de retorno de la corriente, etc., etc., supone un cálculo técnico de los más interesantes en esta materia.

Quien esto escribe se excusa de no haber podido realizar su sincero propósito antes expuesto, imposibilitado para ello por la falta de tiempo. De poder dedicar la atención á uno solo de los dos ejemplos, hemos juzgado preferible tratar el del Pajares, cuya electrificación puede considerarse como mucho más urgente y más aconsejable, siendo además empresa que requiere movilizar un capital de instalación incomparablemente menor.

El problema económico

Nos proponemos tratar éste con aplicación concreta á la electrificación del Pajares, cuyo estudio técnico en sus líneas generales ha sido expuesto en el capítulo II. Este estudio económico versará sobre una explotación tal como la que hemos designado con el nombre de *horario núm. 1*; es decir, para la máxima explotación á que se ha llegado con la tracción por vapor, pero que sólo se ha podido sostener durante corto número de días en el año. Nosotros suponemos que aquel horario se man-

tiene de un modo normal durante casi todo el año, situación á la que es probable se tardaría muy poco en llegar.

La intensificación del tráfico á partir de este programa mínimo de explotación, no hará sino mejorar los costes de la tracción por tonelada-kilómetro, no obstante la mayor inversión de capital que las correspondientes ampliaciones exijan.

Como observación de carácter general, debemos decir que para cuanto se refiere á coste de instalación, material de conservación y reparaciones, etc., nos basaremos siempre sobre precios normales, tomando por tales, por ejemplo, los que reinaban antes de la presente guerra europea. Pretender llevar á cabo estas instalaciones en el momento actual, equivale á invertir en ellas un capital que quizá no sería inferior á dos veces el que precisaría en época normal; y aun suponiendo que no surgieran otras dificultades, como consecuencia de la acaparación que hacen los Estados beligerantes de las fábricas constructoras, así como de la escasez y riesgo de los transportes marítimos, tal resolución gravaría en un 100 por 100 las cargas fijas imputables á la explotación eléctrica, á título de interés y amortización del capital suplementario invertido en las instalaciones.

Naturalmente, en la comparación que haremos con la explotación por vapor, nos referiremos también á los resultados obtenidos para ésta en el ejercicio de 1913; es decir, el último que precedió á la calamitosa perturbación que reina en nuestro planeta.

I.—CAPITAL INVERTIDO.

Para los precios de coste que á continuación hacemos figurar, pedimos al lector un crédito de confianza, ya que nos es imposible justificarlos en un trabajo de la índole del presente. Además, una pretendida justificación de aquéllos requeriría una dosis de crédito de parte del lector casi igual á la que solicitamos, pues, en definitiva, sólo las Sociedades constructoras pueden, con el aval de su firma, dar una completa garantía á un presupuesto de construcción.

Las cifras que damos han sido obtenidas contrastando las relativas á muchas instalaciones estudiadas y son también fruto, en parte, de una experiencia personal. En ellas se incluye el necesario margen para los embalajes marítimos, los fletes, los gastos fiscales para la importación, y el montaje y pruebas del total. Para estos trabajos se ha tenido debida cuenta al elaborar las cifras del mayor gasto que supone el realizarlos sin interferir con la explotación existente por vapor, así como la gran longitud en túnel, que requiere un trabajo penoso y lento, de noche, y con clima duro en una gran parte del año. También se suponen incluidos en el presupuesto los terrenos y edificios de la subestación, viviendas y algún otro que fuera necesario; todo lo cual representa un pequeño ítem en relación con el resto de los trabajos y materiales. Cocheros circulares con puente giratorio para las locomotoras no son necesarios en el caso de la tracción eléctrica, pues aquéllas no necesitan dar vuelta, ya que tienen idénticos ambos frentes. Respecto á talleres de visita y reparaciones pequeñas, suponemos que se utilizan los que ahora existen en Busdongo ó Lena para las locomotoras de vapor.

El presupuesto de la instalación total, hasta dejar la explotación en servicio normal, puede establecerse con arreglo á las siguientes cifras:

	Pesetas.
Subestación	300.000
Ocho locomotoras (1).....	1.765.000
Línea aérea de trabajo.....	825.000
<i>Suma y sigue.</i>	<u>2.890.000</u>

(1) Véase Apéndice.—Nota 7.^a

	Pesetas.
<i>Suma anterior</i>	2.890.000
Conexiones eléctricas en las vías.....	137.500
Feeders positivos y negativos.....	150.000
Teléfono, alumbrado, instalaciones de protección posibles modificaciones de líneas telegráficas, etc.....	100.000
Almacén de material de repuesto.....	50.000
Estudios, viaje, instrucción del personal; intereses intercalares é imprevistos.....	150.500
TOTAL	<u>3.478.000</u>

Redondeando este total, podemos fijar en 3,5 millones de pesetas el capital necesario para la electrificación del Pajares en las condiciones que detalladamente se ha expuesto.

Sería de justicia acreditar esta cuenta de capital con el valor de las locomotoras de vapor que podrían ser empleadas en otras líneas ó secciones al implantarse en el Pajares la tracción eléctrica. La cuantía del descargo es de mucha consideración, pero prescindimos de hacerlo, y cuando lleguemos á la comparación entre ambos sistemas de tracción, prescindiremos de cargar á la explotación eléctrica el interés y amortización de las locomotoras correspondientes.

II.—COSTE DE LA TRACCIÓN.

Un primer gasto que debemos cargar a la tracción será el de intereses y amortización del capital invertido. El interés lo fijamos en 5 por 100. La amortización (depreciación) en 4,6 por 100, que corresponde á una vida de quince años (puede estimarse como pesimista esta hipótesis) y un interés de 5 por 100. Para seguros y gastos generales tomamos un 0,4 por 100. Así llegamos á un 10 por 100 anual del capital, ó sean 350.000 pesetas anuales por este concepto.

El horario y composición de trenes supuestos, representan una capacidad de transporte diario, desde Lena á Busdongo, de 4.950 toneladas brutas remolcadas. Si suponemos que el tonelaje total subido es equivalente á mantener tal servicio durante trescientos días del año; y si, además, partimos de un tráfico útil descendente nulo, ó, lo que es sensiblemente igual, un tráfico bruto descendente remolcado igual á la mitad del ascendente, el número total de toneladas anuales entre ascendentes y descendentes será de 2.227.500 toneladas.

Tomando como unidad las 100 toneladas-kilómetro detrás del gancho (remolcadas), las cargas fijas suponen un gravamen de 0,285 pesetas por cada unidad.

Otro gasto que podemos valorar inmediateamente es el de la energía consumida. En el capítulo II (V) hemos llegado á la conclusión de que el gasto de energía diario es de 45.500 kilovatios-hora, cuando se suben á Busdongo las indicadas 4.950 toneladas. En la hipótesis ahora hecha de tráfico útil descendente nulo, el tonelaje bruto descendente será de 2.475 toneladas. El consumo de energía por cada 100 toneladas-kilómetro es de 11.143 kilovatios hora; al precio de 0,03 pesetas por kilovatio-hora, el costo de la energía gastada en la tracción por cada 100 toneladas-kilómetro es de 0,334 pesetas.

Pasemos al gasto en salarios del personal de las máquinas. También serán dos los hombres encargados de cada locomotora como las de vapor; pero ya sería impropio llamar á uno de ellos «fogonero», por lo cual les designaremos por «maquinista» y «ayudante». La diferencia técnica entre ellos está bastante atenuada en la tracción eléctrica y casi queda reducida á una diferencia jerárquica. De hecho, uno á otro se reemplazan y alternan en sus funciones sin inconveniente alguno. Teóricamente, un solo hombre basta y su trabajo es mucho menos rudo que el de

un maquinista de vapor. Sin embargo, siempre se ha adoptado el principio de que acompañe el ayudante, previniendo así que el maquinista se viese momentáneamente imposibilitado por cualquier motivo.

Un equipo formado por el maquinista y su ayudante puede permanecer nueve horas diarias encargado de su locomotora. El horario en que nos basamos les permite descansos relativos en los extremos de la sección Lena-Busdongo, y, como hemos indicado, su trabajo es considerablemente menos penoso que actualmente (1). En esas nueve horas su tren hace tres viajes simples. Según los casos, dos serán ascendentes y uno descendente, ó viceversa. Con arreglo á las hipótesis hechas, los tres viajes suponen en el primer caso 825 toneladas arrastradas en uno y otro sentido entre Lena y Busdongo, y sólo 660 toneladas en el segundo caso. Como promedio puede asignarse á cada equipo un arrastre de 740 toneladas ó 40.700 toneladas-kilómetro.

Si asignamos, entre unas cosas y otras, una percepción de 12 pesetas al maquinista y nueve al ayudante, estos salarios gravan la tracción en 0,052 pesetas por cada 100 toneladas-kilómetro de peso arrastrado.

Viene á continuación el capítulo de los gastos de conservación y reparación. Estos gastos son sensiblemente menores para la locomotora eléctrica, que es mucho menos vulnerable que la de vapor. Carece nuestra locomotora de bielas de acoplamiento y de la multitud de órganos de delicado ajuste que por doquiera están distribuidos en aquélla. Además, ya hemos hecho notar que el trabajo del maquinista y ayudante es poco penoso, que pueden relevarse entre sí, y esto permite un grado de atención aplicada á todos los órganos de la máquina, que es imposible exigir del maquinista y del fogonero de una locomotora de vapor. Esto ayuda á la conservación de la locomotora eléctrica, mientras en la de vapor, después de relativamente cortos recorridos hay que retirar la máquina de servicio durante varias horas para corregir ajustes, limpiarla y otras atenciones similares; la eléctrica, entregada al solo cuidado de su equipo, puede prescindir de esta revisión durante muy largos recorridos. El cuidado de una locomotora eléctrica es bastante menos complicado que el de una de vapor y consume mucho menor cantidad de lubricantes, que no son, por ello, de precio superior.

Una cifra de 0,15 pesetas por locomotora-kilómetro representa una estimación que se inclina más al pesimismo que al optimismo (2). Un viaje redondo (ida y vuelta) de la locomotora eléctrica, supone 110 locomotoras-kilómetro. Este mismo viaje supone, en las hipótesis adoptadas, 27.225 toneladas-kilómetro arrastradas. El gasto de 0,15 pesetas por conservación y reparación afectará á 247 toneladas-kilómetro detrás del gancho. El gasto por cada 100 toneladas-kilómetro será de 0,0607 pesetas.

Para conservación y reparación del sistema aéreo de distribución de energía, así como del circuito de retorno, los gastos anuales están ampliamente cubiertos con 300 pesetas por kilómetro que dan un total de 16.500 pesetas anuales ó 0,013 por 100 toneladas-kilómetro.

Para los gastos de conservación y reparación en la maquinaria y aparatos de la subestación, y para el personal afecto á la misma una partida anual de 25.000 pesetas, ó 0,019 pesetas por

(1) El trabajo de conducción de la locomotora se puede hacer, y se hace, estando sentado. Todo lo que tiene que maniobrar y aparatos que debe observar, está á su alcance inmediato. Nada hay en la locomotora que le oculte la vista del frente, haciendo innecesario asomarse lateralmente. Tienen buen alumbrado y hasta calefacción.

(2) Recomendamos para el contraste de los gastos de explotación, además del estudio ya citado de Mr. Cox sobre el *Butte, Anaconda, & Pacific Railway*, el trabajo publicado en el tomo CCI, 1916, de las *Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, por Mr. Metcalf Hobart.

100 toneladas-kilómetro es muy suficiente. Téngase en cuenta que cuando nos referimos, en todos estos capítulos, á la conservación y reparación, lo hacemos independientemente de lo ya incluido por amortización de material (depreciación).

Por lubricantes y gastos en el cocherón ó depósito, adoptamos la cifra de 0,080 pesetas por locomotora-kilómetro, lo cual corresponde á 0,032 pesetas por 100 toneladas-kilómetro arrastradas.

Si ahora recapitulamos todos los gastos que hemos ido examinando, llegamos al resultado siguiente:

Gastos de tracción por 100 toneladas-kilómetro.

CONCEPTO	Pesetas.
Cargas fijas.....	0,285
Energía.....	0,334
Personal.....	0,052
Locomotoras.....	0,061
Distribución de energía.....	0,013
Subestación.....	0,019
Engrase y depósitos.....	0,032
TOTAL.....	0,796

Referido á la tonelada-kilómetro de carga arrastrada, el gasto es, pues, de 0,096 céntimos de peseta.

III.—COMPARACIÓN CON LA TRACCIÓN POR VAPOR.

Nos fijaremos, por las razones ya apuntadas, en los resultados que arroja la Memoria de la Compañía de ferrocarriles del Norte, correspondiente al ejercicio de 1913, en la línea de Asturias, Galicia y León. Datos especiales relativos á la explotación en el Pajares, no constan en dicha Memoria que, naturalmente, resume datos globales ó de conjunto para cada una de las diversas líneas de la red.

Es lógica presunción la de considerar que estos promedios son bastante más optimistas que los resultados que específicamente afectan á la sección Lena Busdongo.

Los gastos de la tracción, así como las reparaciones y conservación, aparecen (pág. 67) referidos al tren-kilómetro. Para referirlos á la misma unidad que hemos escogido (100 toneladas-kilómetro, arrastradas), habrá que buscar la composición media de los trenes. El total peso *arrastrado*, para la línea que nos interesa, es de 1.031.951.780 toneladas-kilómetro (página 66). El número de trenes-kilómetro es de 4.400.365. Corresponde, por consiguiente, á cada tren un promedio de 235 toneladas de peso detrás del gancho. Los gastos referidos al tren-kilómetro deberán dividirse por 235 si deseamos referirlos á las 100 toneladas-kilómetro. Siguiendo esta regla, llegamos á formar el siguiente cuadro:

Gastos con tracción á vapor por 100 toneladas-kilómetro.

	Pesetas.
Gastos generales.....	0,015
Maquinistas y fogoneros.....	0,111
Personal de los depósitos.....	0,041
Engrase, limpieza y alumbrado.....	0,021
Gastos diversos de los depósitos.....	0,004
Alimentación de agua.....	0,011
Combustibles.....	0,292
Máquinas y ténders.....	0,072
TOTAL.....	0,567

Al comparar las dos explotaciones (tracción eléctrica y por vapor), además de todas las observaciones hechas, debemos excluir del coste de la tracción con locomotora eléctrica la suma á que asciende el interés y amortización de las locomotoras, ya que no hemos acreditado al presupuesto de instalación con el importe de las locomotoras de vapor que quedarían libres para trabajar en otras líneas ó en otras secciones de la misma línea. Dado el desconocimiento en que estamos del valor de estas máquinas, lo procedente es aceptar el indicado criterio.

La suma anual de que deberemos descargar la tracción es de 176.500 pesetas, lo que corresponde á 0,144 pesetas por 100 toneladas-kilómetro.

Si ponemos frente á frente las partidas de gastos en uno y otro sistema de tracción, formaremos el siguiente cuadro:

Gastos de la tracción por 100 toneladas-kilómetro arrastradas.

CONCEPTO	Tracción por vapor.	Tracción eléctrica.
	Pesetas.	Pesetas.
Gastos generales.....	0,015	0,139
Energía ó combustible.....	0,292	0,334
Personal.....	0,111	0,052
Alimentación de agua.....	0,011	»
Locomotoras.....	0,072	0,061
Distribución de energía.....	»	0,013
Subestación.....	»	0,019
Engrase y depósitos.....	0,066	0,032
TOTALES.....	0,567	0,650

De aquí resulta que la tracción eléctrica costaría un 14,5 por 100 más que el promedio á que resulta la tracción por vapor en la línea de Asturias, Galicia y León.

¿Hasta qué punto exceden los gastos reales correspondientes á la sección de Pola de Lena-Busdongo á los gastos medios que nos han servido para la comparación? Sólo los Ingenieros de la Compañía del ferrocarril del Norte tienen base justa para emitir una opinión fundada. Por pequeño que el exceso sea, creemos que del atento examen de cuanto llevamos dicho, queda en el espíritu la impresión de que el coste de la tracción eléctrica no debe resultar superior al de la por vapor. Tal vez, también, el basarse en la realidad del tráfico útil descendente (supuesto nulo por nosotros), así como en la recuperación de energía, pueda modificar algo las cifras de toneladas-kilómetro que no consumen energía, introduciendo la consiguiente reducción favorable en los sumandos que corresponden á la tracción eléctrica. También es de notar que el precio asignado á la energía pudiera ser rebajado, aunque no creemos que mucho, ni con Central por vapor ni con Central hidráulica. En cambio, el aumento del tráfico, es decir, las sucesivas ampliaciones de la instalación eléctrica, mejorarían el coste de la tracción, disminuyendo sensiblemente las partidas correspondientes á cargas fijas ó gastos generales.

No es inoportuno aprovechar este momento para hacer resaltar cuán considerablemente gravan estas cargas fijas el coste de la tracción eléctrica. En nuestro ejemplo, estas cargas representan más del 20 por 100 de la suma de las demás, mientras que en la tracción por vapor sólo figuran con el 2,7 por 100 (1). Así resalta con claridad cómo la tracción eléctrica resulta muy cara en líneas de poco tráfico. Empleando un símil que juzgamos adecuado, pudiera decirse que la inversión de capital requerido por los gastos de primera instalación supone tener en todo instante encendidas todas las calderas de locomotora, trabajen ó no éstas.

(1) Excluyendo en ambos casos los intereses y amortización del capital que representan las locomotoras.

Como el capital á invertir crece casi proporcionalmente á la longitud de la línea, sólo en secciones de tráfico intenso y concentrado proporciona ventajas económicas el cambio del sistema de tracción. En el caso del Pajares—y ya en otro lugar lo hemos apuntado—el problema económico cede el primer lugar al problema de explotación, que aspira á aumentar la capacidad de tráfico venciendo la estrangulación de aquél.

En las líneas de tráfico casi exclusivamente formado por los viajeros (tranvías urbanos, ferrocarriles suburbanos é interurbanos) el problema á resolver no es la busca de economías, sino la posibilidad del transporte en condiciones de elasticidad tales que se acomode á la palpitación diaria. La mercancía gruesa no paga más de un promedio de 0,06 pesetas por tonelada-kilómetro. El viajero que con un peso medio de 70 kilogramos paga un precio de 0,05 pesetas por kilómetro, da un ingreso de 0,71 pesetas por tonelada-kilómetro. Si es verdad que en los ferrocarriles de interés general al peso útil del viajero acompaña un considerable peso muerto, no sucede así en los tranvías y en los metropolitanos.

Salvo las líneas férreas que en España tienen características que las asemejen á los ferrocarriles interurbanos (1), las demás están bastante lejos de justificar la electrificación por razones de economías que pudieran introducirse en la tracción. Casos particulares puede haberlos, y citado queda el del trozo de Gergal á Santafé, en la red del Sur de España. Fuera de estos casos particulares, la electrificación tiene que quedar reducida á líneas, ó mejor dicho, secciones análogas á las del Pajares, á los largos túneles de la divisoria pirenaica, ó á penetraciones dentro de las grandes ciudades, si, como es probable, se acomete algún día la construcción de estaciones centrales y terminales para viajeros en Madrid y Barcelona. Con la tracción eléctrica podría, igualmente, cubrirse la trinchera de la calle de Aragón, de Barcelona.

El problema financiero.

Carece quien esto escribe de toda autoridad y competencia para abordar problemas de índole tan compleja como consigo lleva el aspecto financiero de la electrificación de nuestros ferrocarriles. Séale permitido, no obstante, apuntar algunas observaciones sobre este particular.

Cuando se anuncia este tema en forma tan amplia como lo ha hecho nuestro Instituto, no se puede por menos de llamar la atención respectó á la considerable movilización de capitales que exige tal empresa. Aun suponiendo—y ya se ha visto que es mucho suponer—que las economías introducidas en la tracción cubrieran con alguna amplitud los intereses de los capitales empleados en transformar el sistema de tracción, para quien se haya asomado alguna vez al mundo de la finanza no es cosa nueva decir que un interés de 5 por 100 sobre el capital efectivamente gastado en obras ó instalaciones no constituye un atractivo empleo del dinero. Las primas y gastos de emisión, los derechos reales y de timbre á satisfacer á la Hacienda, las comisiones de banca y las de seguro de las emisiones, etc., merman de un modo bien sensible lo que del valor nominal llega á ser gastado en materiales y trabajos, disminuyendo el aliciente para el suscriptor, sobre todo cuando se trata de valores que son, desde luego, seguros, pero que carecen del atractivo de la especulación, ya que habían de emitirse casi exclusivamente bajo forma de obligaciones. No sólo precisa que las economías de la explotación cubran una remuneración razonable al capital invertido, sino que de aquéllas ha de

(1) En otro lugar hemos dicho que cabe clasificar entre ellos á las líneas de Barcelona á Mataró, Bilbao á Portugalete, Bilbao á Arenas y Algorta, y algún otro.

solir la no despreciable parte alícuota que corresponde á las partidas inevitables y parasitarias á que hemos aludido.

Hasta dando por bueno que así suceda con algunos casos, la cuestión de la garantía hipotecaria de los títulos no dejaría de suscitar dificultades y consiguientes recelos entre el público suscriptor, y pensamos que por ello la solución viable habría de es-tribar en una garantía solidaria de las diversas líneas que posea la Compañía, la que de todas suertes se hallaría en secundario término con respecto á las obligaciones hipotecarias que á cada una de ellas ya gravan. Una emisión sinceramente pública daría siempre escaso ó nulo resultado, y sólo cabe contar para empresas importantes de electrificación de ferrocarriles con la banca afecta á estos mismos.

Hemos aludido á la importante movilización de capitales que la electrificación requiere. Sin la construcción de central generadora propia del ferrocarril, hemos llegado en el modesto caso del Pajares á un gastopor kilómetro de, aproximadamente, 60.000 pesetas. Si se aplica un valor medio algo menor á la red de Asturias, Galicia y León, cuyo desarrollo se aproxima á 750 kilómetros, sube el gasto á unos 40 millones de pesetas, efectivamente invertidos, que no son tan fáciles de drenar cuando como premio á aquéllos sólo cabe contar con eventuales y más bien moderadas economías.

No se olvide tampoco que, aun si partimos de una seguridad en la conveniencia económica de la electrificación, es preciso poder trasladar las locomotoras de vapor á otras explotaciones que las necesiten, si no se quiere malversar capital, y esta cesión ó traslado sólo de un modo gradual y lento es posible.

Finalmente: nuestras líneas férreas, salvo muy contadas excepciones, no han sido concedidas á perpetuidad y han de revertir al Estado á la expiración de los plazos. La amortización á que nosotros nos hemos venido refiriendo en la evaluación de los gastos, es la amortización de material; es decir, la depreciación. Separadamente de ella, hay que hacer la amortización de capital, puesto que el todo ha de entregarse al Estado en perfectas condiciones de explotación y funcionamiento. El capital suplementario que el cambio de tracción supone exige, pues, el correspondien-

te aumento en las cargas financieras de la Compañía. Estas circunstancias constituirían siempre un freno más que un estímulo para el empleo de mayores capitales, si por parte del Estado no se otorga alguna compensación ó no se hace reconocimiento especial de ello en cualquier forma equitativa.

Tanto el estudio económico, como estas breves consideraciones de índole financiera, muestran que el tema del concurso es sobrado amplio para que pueda darse á él una respuesta no ya categórica, pero que ni de lejos se aproxime á serlo. Ambas palabras—*posibilidad* y *conveniencia*—pueden tener tantas acepciones y tan diversos matices de tan distinta fuerza expresiva, que al entrar en ellos equivaldría á penetrar en una compleja red de distingos y sutilezas. Si se quiere llegar á un juicio sintético que fusione en una sola frase las múltiples ideas que el tema sugiere, nosotros lo enunciaríamos diciendo que en los ferrocarriles españoles la *posibilidad y conveniencia de la electrificación constituye un caso excepcional*.

Todo cuanto es *conveniente* hacer, y además es *posible* de hacer, se hace seguramente. Las Compañías de ferrocarriles españoles son por eso las únicas que con hechos pueden dar una cumplida respuesta en uno ú otro sentido.

Conclusiones.

- 1.^a—La *posibilidad* técnica de electrificación de los ferrocarriles españoles, es indiscutible en el estado actual de ingeniería.
- 2.^a—La *conveniencia* de la electrificación puede significar posibilidad económica ó la satisfacción de necesidades independientes en gran parte de la economía (por ejemplo, descongestión del tráfico; penetración á estaciones centrales, etc.), cada caso es un caso particular, y no es posible hacer, *a priori*, afirmaciones ó negaciones.
- 3.^a—La cuantía y densidad del tráfico forman el barómetro indicador de la conveniencia económica de la electrificación.
- 4.^a—El tráfico de los ferrocarriles españoles es demasiado reducido, salvo casos contados y en secciones cortas, para justificar, económicamente, la electrificación.

REVISTA EXTRANJERA

Corrosiones producidas por el ácido carbónico del vapor en las máquinas de vapor.

Estudio de M. Chorower, publicado en la *Revue Générale d'Electricité*, en el que el autor investiga la causa de las corrosiones de las calderas y máquinas de vapor.

El autor manifiesta, como consecuencia de numerosos análisis químicos del vapor, que estas corrosiones son debidas á la acción sobre el metal del anhídrido carbónico contenido en el vapor y procedente de la disociación de los carbonatos del agua de alimentación.

Proposiciones para extender y mejorar la red de los caminos italianos.

Estas proposiciones, expuestas por el profesor Ruggeri en los *Annali d'Ingegneria e d'Architettura*, son las siguientes:

1.^a *Influencia de los caminos sobre la riqueza pública*: consideraciones históricas recordando las ideas de Napoleón (*Boletín*

de las leyes, 16 de Diciembre de 1811) y las de Persigny (Memoria sobre los caminos vecinales, 1881).

2.^a *Legislación italiana para favorecer la construcción de caminos*.—En 1868 la ley del 30 de Agosto sobre las vías municipales obligatorias es una copia de la ley francesa de los caminos vecinales.

Una ley posterior de 19 de Julio de 1894 vino á suspender sus efectos hasta que la ley de 8 de Julio de 1903 determinó la subvención del Estado, de 25 por 100 para las vías municipales obligatorias y de 75 por 100 para las vías de acceso á las estaciones.

Estos subsidios debían limitarse á un millón y medio por año, pero en la práctica no excedían de la quinta parte de esta cifra.

La ley prorrogada en 1910 fué modificada por un decreto de 10 de Agosto de 1915 estableciendo una clasificación especial de las vías de acceso á las estaciones y manteniendo la subvención de 75 por 100 sólo para las de la primera categoría.