

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.

PONTÓN-TRANSBORDADOR

para la travesía del canal marítimo de Suez á Kantara.

Las necesidades militares durante la guerra hicieron indispensable la unión de la red ferroviaria del Estado egipcio; al Oeste del canal de Suez con el nuevo ferrocarril militar, al Este, que vino á ser bien pronto el ferrocarril de Palestina.

La travesía del canal se aseguró al principio por medio de un transbordador, y después, habiendo aumentado el tráfico considerablemente, se estableció la trabazón de las dos redes por medio de un puente de tramos móviles que atravesaba el canal marítimo de Suez.

Vamos en la presente nota á describir el transbordador, estudiado y construido por el Servicio de Puentes de los ferrocarriles del Estado egipcio, bajo la alta dirección de M. B. Verschoyle, Ingeniero-Jefe de vías y obras, para lo cual resumiremos el artículo que publica en *Le Génie Civil* el Ingeniero de los ferrocarriles del Estado egipcio, M. Jean Raimondi.

Empieza el autor exponiendo los datos del problema referentes al transbordador, y dice que se trataba de establecer en el más breve espacio de tiempo posible un aparato capaz de transbordar, de una orilla á la otra del canal, locomotoras de un peso máximo de 90 toneladas, ó el mayor número de vagones correspondientes á una carga equivalente.

La vía de depósito que asegurase el servicio del transbordador debía estar comprendida en los límites de la estación de Kantara, estar intercalada en las señales de esta estación y no causar ningún perjuicio á la explotación normal de esta última.

En fin, todos los elementos necesarios para esta construcción debían tomarse de los depósitos y de las disponibilidades de los ferrocarriles del Estado. No podía pensarse, en efecto, en procurarse ninguna cosa de Europa, á causa de las dilaciones inverosímiles que había que prever y de lo aleatorio que resultaban todos los transportes marítimos por el Mediterráneo.

La figura 1.^a representa las disposiciones de conjunto adoptadas para el establecimiento, sobre la orilla africana y sobre la asiática, de las dársenas que habían de servir de alojamiento al transbordador.

El transporte de una locomotora de la orilla africana á la asiática se descompone en cinco maniobras distintas:

a) La vía sobre el transbordador se lleva á la prolongación de la vía de depósito, y el aparato se sujeta sólidamente en la dársena.

b) La locomotora viene, por sus propios medios, á colocarse sobre el transbordador.

c) El gato hidráulico colocado sobre el transbordador se

pone en acción y el aparato que soporta la vía y la locomotora se libera de su apoyo sobre el estribo.

d) Los cables guías (fig. 1.^a) están tendidos á través del canal; el transbordador abandona la dársena de partida, se desliza por la acción del cabrestante y viene á alojarse en la dársena de llegada, orilla asiática, donde es amarrado sólidamente.

e) Se enlaza la vía y se vuelven los gatos á su situación de reposo. En seguida la locomotora abandona al transbordador por sus propios medios y el aparato desde entonces queda en disposición de recibir una nueva carga (locomotora ó vagones), que se transportará á la otra orilla repitiéndose las operaciones enumeradas anteriormente.

Antes de entrar en el detalle de estas operaciones haremos, siguiendo al autor, una rápida descripción del aparato, lo que facilitará la explicación de su funcionamiento para la admisión de las sobrecargas que han de transbordarse.

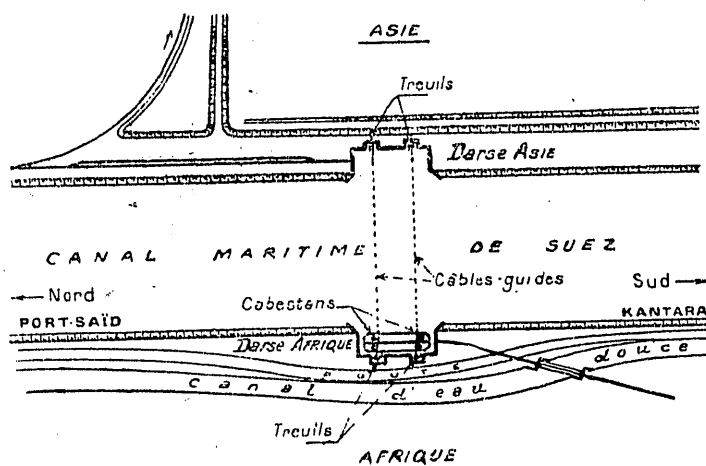


Fig. 1.^a

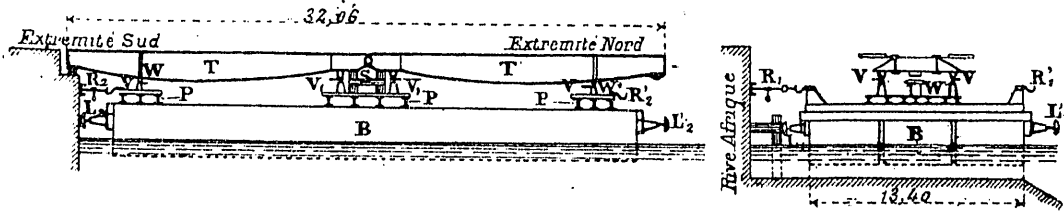
Las partes esenciales de que se compone el transbordador son (figuras 2.^a y 3.^a): el pontón *B*, los gatos *V* y *V'* y los aparatos de soporte de los tableros *S*, los dos tableros articulados *Z* sobre los cuales están sujetos con pernos los carriles de la vía; los aparatos accesorios, tales como los topes *L*₁, *L'*₁, *L*₂, *L'*₂ colocados sobre los lados y sobre el eje longitudinal; los tensores de amarre de tornillo *R*₁, *R'*₁, *R*₂, *R'*₂, colocados en línea recta con los topes.

Estos aparatos de regulación permiten realizar la concordancia perfecta de los carriles de la vía sobre la tierra firme con los del transbordador y mantener sólidamente el conjunto en la dársena durante las operaciones de admisión ó evacuación de las sobrecargas rodantes.

No pudiéndose construir un pontón de una sola pieza que tuviera el poder portador conveniente y la estabilidad necesaria,

se constituyó el flotador por la reunión de tres chalanas metálicas de 30,80 metros de longitud y 4,40 de anchura, sujetas una a otra por medio de grandes varillas de extremos fileteados, colocadas transversalmente, terminando en hierros en I verticales. Con objeto de obtener un reparto tan uniforme como posible de las sobrecargas, se colocaron transversalmente unas vigas

llega a 60 centímetros. Estas diferencias de nivel obedecen a causas múltiples, tales como la proximidad de los grandes lagos que sirven de reguladores, la dirección de la corriente; la dirección, persistencia y violencia de ciertos vientos. Así es como se ha hecho constar un periodo de altas aguas en Septiembre y uno de bajas aguas en Agosto.

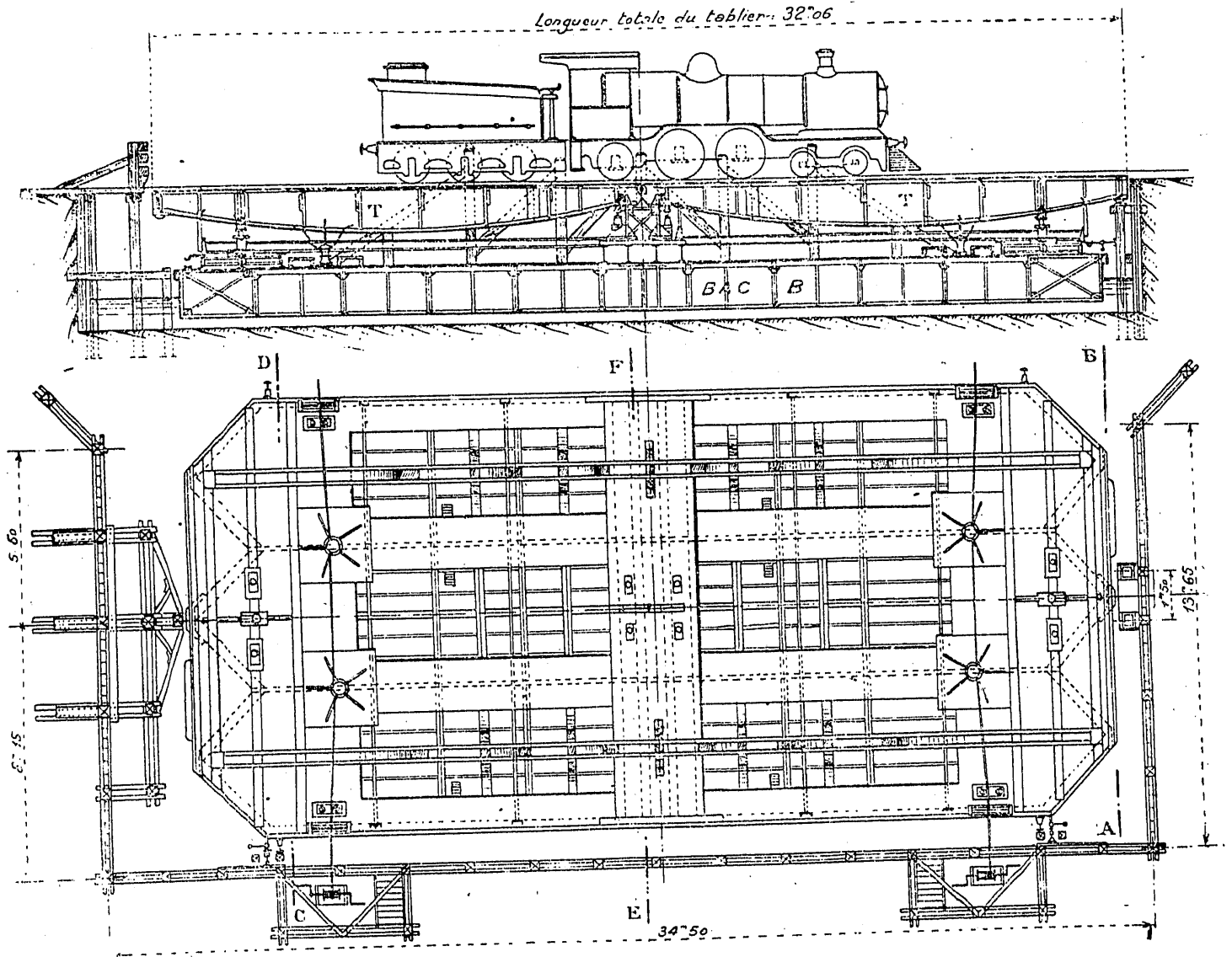


Figs. 2.^a y 3.^a

laminadas en I de 509 milímetros de altura y sobre estas viguetas es donde se fijaron los gatos y apoyos que transmitían al flotador las cargas recibidas por los tableros articulados.

Variaciones de la superficie del agua en el canal.—Los dos tableros articulados son independientes del flotador, sobre el cual están simplemente colocados. Los desplazamientos en el sentido

Cargamento de una locomotora.—Estando sujeto el flotador en la dársena de cargamento, se procedía primero al enlace de los carriles en altura, sirviéndose de los gatos de tornillo, después, por medio de los tensores de regulación laterales, se realizaba la concordancia de las alineaciones de la vía del transbordador y de la vía de depósito. El tensor de cabeza aseguraba en fin el



Figs. 4.^a y 5.^a

longitudinal y en el transversal, están limitados por guías y correderas solidarias del casco (figuras 6.^a y 7.^a).

En cuanto a los desplazamientos en el sentido vertical, corresponden a las variaciones continuas del plano de agua en el canal de Suez.

Consta que hay una variación diaria media de 20 a 25 centímetros, pero del principio del año al final la variación extrema

contacto de las juntas de los carriles sobre el apoyo del estribo.

El nivel del carril sobre el transbordador se mantenía en contraflecha, y el valor de esta última correspondía al hundimiento previsto para la sobrecarga que había de admitirse. Este hundimiento era de 24 centímetros por 10 toneladas de sobrecarga.

La carga máxima no debía exceder de 100 toneladas; se ha realizado con frecuencia una sobrecarga de 90 toneladas, con

vagones de 45 toneladas, de bogias. En general, no se pasaba de una vez más que una locomotora; excepcionalmente se han transbordado dos, una de ellas ligera. Las figuras 4.^a (corte longitudinal), 5.^a (plano), 6.^a (corte según el eje longitudinal), 7.^a (corte transversal por *CD*), 8.^a (vista vertical según *AB*) y 9.^a (corte transversal por *EF*), muestran la constitución de este aparato.

Desplazamiento del transbordador a través del canal.—Una vez desprendido de los apoyos sobre el estribo, los tensores se

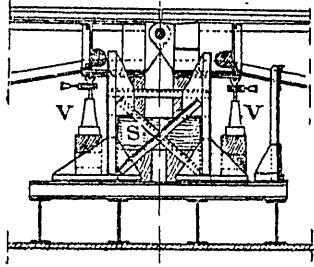


Fig. 6.^a

aflojan y el flotador queda libre. Los cables que descansan en el fondo del canal se tienden por los tornos de la dársena de partida, en seguida los cabrestantes movidos por cinco hombres se ponen en acción y el transbordador se desplaza paralelamente a sí mismo; llegado a la dársena opuesta, se amarra sólidamente, merced a las disposiciones con que cuenta, se sumergen después los cables de nuevo y se llevan los gatos hidráulicos a su posición de reposo, lo que hace que el extremo del tablero descansase sobre el apoyo del estribo. La locomotora se pone entonces en marcha y penetra en la vía de depósito.

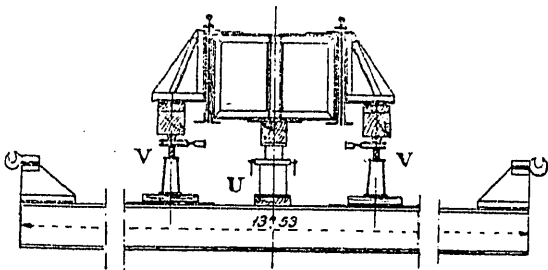


Fig. 7.^a

Aunque los cables estaban sometidos a un servicio intenso no han tenido que ser reemplazados más que una sola vez, al cabo de nueve meses de servicio. Frecuentes engrasamientos han contrariado los efectos de la herrumbre.

Se aseguraba el servicio sin interrupción desde la salida a la puesta del sol por dos equipos. El relevo se hacía al mediodía. Cinco hombres estaban afectos a un cabrestante, pero se reem-

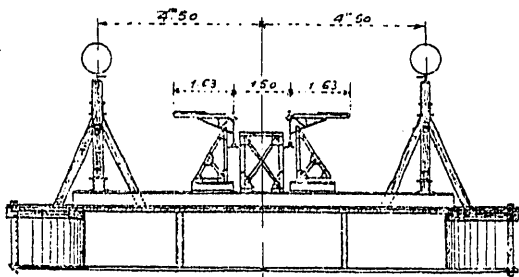


Fig. 8.^a

plazaban sucesivamente en el curso del traslado por un número igual sin retardar la marcha del transbordador. Un equipo comprendía 20 trabajadores, un jefe de equipo y un jefe de maniobra.

Duración de una maniobra.—La duración de una maniobra completa, contada desde el instante en que la locomotora entra en el transbordador hasta el en que salía, ha sido, por térmi-

no medio, de veintiocho minutos, cuya descomposición es la siguiente:

	Minutos.
Maniobra de levantamiento del tablero articulado y liberación del transbordador.....	15
Traslado a través del canal.....	9
Maniobra de enlace de la vía en la dársena de llegada y salida de la locomotora.....	4
TOTAL.....	28

La duración de la tensión de los cables a través del canal casi no ha excedido por término medio de once minutos. Este espacio de tiempo es el que se debe tener en cuenta para apreciar las

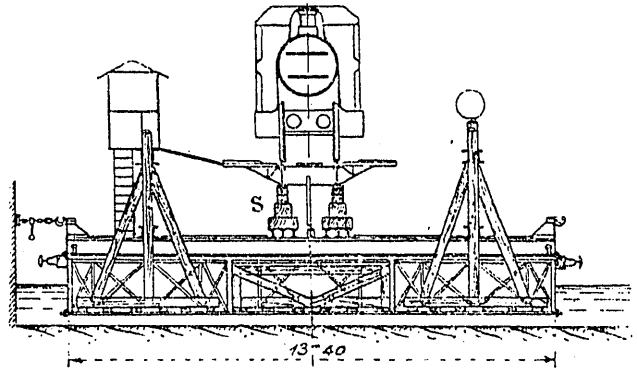


Fig. 9.^a

trabas que oponía a la navegación cada desplazamiento del transbordador.

El agente encargado de la dirección de las maniobras estaba en comunicación telefónica con la estación del canal marítimo. Señales convencionales izadas al extremo de un mástil le tenía al corriente del movimiento de los barcos. Las cifras siguientes indican la frecuencia del servicio.

Número día medio de viajes, en e sentido Africa-Asia ó en el opuesto.....	28
Número máximo de viajes efectuados en un día..	32
Número medio de vehículos transbordados en un día.....	70
Número máximo de vehículos transbordados en un día..	110
Número total de vehículos transbordados de una orilla a otra (comprendiendo 250 locomotoras), del 27 de Octubre de 1916 al 14 de Mayo de 1918.....	24.500

Duración de las obras.—Las obras se comenzaron simultáneamente en Kantara y en El Cairo, el 16 de Julio de 1916; el transbordador se puso en servicio el 27 de Octubre de 1916; han durado, por lo tanto, tres meses y once días.

Las de Kantara comprendían: la desviación del canal de agua dulce y de la carretera; la construcción de los encofrados de las dársenas y de un puente metálico sobre la desviación del canal de agua dulce; el dragado del canal entre las dos dársenas.

La construcción del transbordador se realizó en El Cairo, en el Nilo, y los elementos desmontados se remolcaron hasta Kantara.

El transbordador ha funcionado sin interrupción del 27 de Octubre de 1916 hasta el 14 de Mayo de 1918, en el que fué sustituido por un puente giratorio de una longitud total de 163,685 metros (comprendiendo un pequeño tablero que atraviesa el canal de agua dulce) y compuesto de cuatro tramos fijos y dos móviles.

Este puente, nacido en circunstancias excepcionales y cuyos días están contados, será sustituido, próximamente, por una

obra de carácter permanente. Diversas soluciones se han ideado para la travesía del canal, ya por paso superior, ya en túnel, y los anteproyectos se estudian actualmente por el Servicio de Puentes de los Ferrocarriles del Estado.

Electrificación de ferrocarriles (1)

POR

D. JOSÉ LUIS VALENTÍ Y DORDA

Ingeniero de Caminos.

Resumen.—Como compendio de todo lo dicho en este estudio comparativo de las tracciones eléctrica y de vapor, desde el punto de vista económico, podemos asegurar que la electrificación supone aumento en los ingresos, disminución en los gastos de explotación y casi siempre aumento en el capital de establecimiento. El aumento de los ingresos depende de las condiciones especiales de cada ferrocarril y es muy difícil de fijar; la disminución en los gastos de explotación, que oscila entre un 15 por 100 y un 40 por 100, es proporcional al tráfico y depende de las características de la línea, aumentando al aumentar las pendientes de ésta, el número de paradas, etc.; y por último, el aumento en el capital de establecimiento es el debido al coste de las instalaciones eléctricas, que á veces puede estar compensado con creces por acortamiento en la longitud del trazado, supresión de doble vía y otras causas que ya hemos expuesto.

Así, pues, los factores cuya influencia en general es más decisiva en los problemas de electrificación, son: por una parte las características de la línea á electrificar (línea con fuertes pendientes, línea de tráfico de viajeros, de tráfico suburbano ó de mercancías), y por otra parte el tráfico á realizar; el primer factor puede estar, hasta cierto punto, representado por la resistencia media á la tracción en kilogramos por tonelada (incluyendo la debida á las arrancadas), y como de lo dicho se deduce que la economía en los gastos de explotación, conseguida por la electrificación, es proporcional al producto de estos dos factores, no necesitamos añadir que en líneas con poco tráfico y gran resistencia media á la tracción, y en líneas con mucho tráfico y escasa resistencia media á la tracción, la electrificación puede resultar económicamente ventajosa, y seguramente lo resulta para las líneas de mucho tráfico y de gran resistencia media á la tracción porque en este caso los dos factores citados alcanzan gran valor.

Sería interesantísimo poder fijar con cifras para cada tipo de línea el límite mínimo del tráfico para el que conviene la electrificación, y si representáramos en un gráfico los valores encontrados tomando por abscisas las resistencias medias á la tracción en kilogramos por tonelada y por ordenadas los tráficos en millones de toneladas transportadas por kilómetro y año, obtendríamos así una curva con su convexidad vuelta hacia el origen de coordenadas y que cortaríá á los ejes en la región positiva, puesto que hay tráficos á partir de los cuales con cualquier clase de servicio y condiciones de línea conviene la electrificación, y líneas con tales rampas ó condiciones especiales de servicio (tranvías por ejemplo) en las que por pequeño que sea el tráfico la electrificación se impone; esta curva representaría así la línea divisoria entre las regiones en las que conviene más la tracción eléctrica ó de vapor.

Todos los hombres de ciencia especializados en tracción eléctrica, puede decirse que han intentado construir esa curva, aun-

(1) Véase el número anterior.

que ninguno, que yo sepa, haya hablado de su existencia; todos en sus cálculos consideran como uno de los factores decisivos el de tráfico realizado por la línea; unos directamente en forma de toneladas-kilómetros arrastrada, y otros en forma de ingreso kilométrico, con lo que resulta ya desvirtuado por las tarifas y el aprovechamiento de material, sumamente variable de uno á otro país y hasta en líneas del mismo país. Respecto al otro factor, ó sea á las condiciones peculiares del tráfico de cada línea, mientras unos subdividen sencillamente éstas líneas directas, suburbanas y mercancías, otros tienen únicamente en cuenta las rampas, ya sean éstas las medias, las máximas ó las fundamentales (1). Claro es que como, á parte de los factores señalados mejor ó peor disfrazados, en la economía de la electrificación intervienen también otros elementos como el precio del carbón, coste de los salarios y materiales, etc., mal pueden los resultados obtenidos por un estudio hecho especialmente para una línea, tener aplicación para otras líneas del mismo país, y todavía menos para ferrocarril de otras regiones y continentes, y así se explica que haya bastante discordancia entre los resultados obtenidos por aquellos especialistas que han llevado sus cálculos hasta el fin.

J. L. Moffet ha estudiado la posible electrificación de las líneas inglesas con corriente continua á 1.500 voltios y tercer carril en los suburbios, y 3.000 voltios y línea aérea en el campo con centrales de gas generadoras de la energía; ha tenido en cuenta tres clases de trenes: directos, suburbanos y de mercancías, y ha intentado calcular los tráficos ó número de trenes por hora, á partir de los cuales la tracción es preferible económicamente á la de vapor.

Moffet llega á 53 trenes diarios directos, 28 trenes suburbanos ó 46 trenes de mercancías como tráficos necesarios para el equilibrio económico entre las tracciones eléctrica y de vapor. Estos cálculos resultan bastantes desfavorables para la tracción eléctrica, por la ligereza de los trenes, escasisima resistencia á la tracción, poco estudio de los consumos de las locomotoras durante las paradas, ventilación de galería y túneles, y sobre todo escasisimo coste del carbón, fijado en unas 10 pesetas por tonelada; con los precios de carbón corrientes en nuestro país, la economía obtenida por la electrificación es más del doble, y el número de trenes diarios necesarios para que ésta presente ventajas económicas, es menos de la mitad del hallado por Moffet. Claro es que en Inglaterra, aunque el carbón es muy barato, como el tráfico medio de sus líneas oscila entre 30 y 40 trenes diarios, existen muchas líneas en las cuales la electrificación representaría una respetable economía, aun dando por buenos los cálculos de Moffet.

Al hablar de aquellos tratadistas que consideran la pendiente de la línea como uno de los elementos esenciales del estudio económico de la electrificación, nos referíamos á Mr. Armstrong, cuyos diagramas de gastos de explotación en función de las pendientes, utilizados para el estudio de la electrificación del túnel de Cascada, son bien conocidos.

Monsieur Parodi ha tratado de crear unos gráficos análogos, en los que interviene también el ingreso kilométrico, utilizando una de las tan en boga fórmulas de explotación.

Existen varias fórmulas que, con tracción de vapor, tratan de dar una idea aproximada de los gastos de explotación, no teniendo en cuenta, como es lógico, las cargas de intereses y amortización de los capitales invertidos en el ferrocarril. Fundándose en las estadísticas hechas por MM. Baum, Ricour y Amyot, Picard propone en su *Tratado de ferrocarriles* la fórmula:

$$G = 4.000 + 0,40 \times I \text{ francos,}$$

(1) Rampa fundamental es la rampa más fuerte de una línea, lo suficientemente larga para no poder ser ascendida por fuerza viva.