

dades, émbolos, llaves, etc., son operaciones que suponen consumo de trabajo, pero son operaciones como hemos dicho ajenas al fenómeno que estudiamos y que para nada debemos tenerlas en cuenta.

La naturaleza puede espontáneamente producir esto mismo; si nosotros queremos realizarlo, habremos de trabajar para crear las circunstancias necesarias á su produccion; mas en uno y en otro caso lo que pretendemos estudiar son las leyes del fenómeno térmico, es decir, del cambio de estado del cuerpo, cuando dichas circunstancias se realizan, y [poco nos importa lo que el realizarlas nos haya costado.

55. Queda con lo dicho explicado el *primer principio* de la Termodinámica, á saber: *transformacion del calor en trabajo y reciprocamente*, y la ecuacion que lo expresa es

$$T = J. q,$$

en la que J es igual á 450 kilográmetros y q se expresa por *calorias*.

Pasemos ya á la exposicion del segundo principio.

José ECHEGARAY.

FERRO-CARRIL DE VITRÉ Á FOUGERES, EN FRANCIA.

Esta linea no presenta como via férrea particularidad alguna digna de llamar la atencion. Sujeta al pliego de condiciones que rige en Francia para todas las de la 2.ª y 3.ª red de una sola via, tiene como ellas el ancho de 1,50 de eje á eje de carril, las mismas dimensiones en obras de fábrica y perfil transversal, sus alineaciones han sido enlazadas por curvas de 300 metros de radio al mínimo, y la máxima inclinacion de sus pendientes se ha fijado en 15 milímetros por metro; pero lo que la distingue y nos mueve á darla á conocer á nuestros lectores es la baratura con que se ha logrado establecer. Ha costado, puesta en explotacion, con material móvil, á razon de 256.500 reales el kilómetro.

El autor del proyecto y director de las obras, M. Debaugé, Ingeniero Jefe de Puentes y Calzadas, á cuya amabilidad debemos los presentes datos, habia ya previsto al presentar los oportunos anteproyectos, en Marzo de 1865, este reducido coste, que se ha alcanzado y que era una condicion absoluta para la ejecucion del camino, porque el capital de 9.500.000 rs., formado de 2.660.000 rs. de subvenciones locales y de 6.840.000 rs. de suscripcion en acciones y obligaciones, á que asciende el coste total de las obras, al tipo expresado, representaba el limite extremo de los sacrificios que podian imponerse las localidades, y el menor aumento en los gastos hubiera hecho fracasar la empresa.

Proyectado este camino en la época en que el gobierno francés, preocupado por numerosos pedidos de lineas secundarias, preparaba la ley de ferro-carriles de interés local, se encontraba llamado á ser una muestra de esta clase de ferro-carriles. Por ello, su autor, lo presentó despues de numerosos estudios

de todos los construidos en Europa y de un minucioso análisis de las condiciones técnicas y económicas que deben presidir al establecimiento de lineas de corto tráfico. Se ha tratado de introducir cuantas economías fuesen compatibles con la solidez y la seguridad, construyendo el camino para las necesidades del presente y no para las de un incierto porvenir.

Estudiado el tráfico probable con que podia contar la linea, y reducido en gran proporcion, para que por ningun concepto pudiesen salir fallidas las previsiones; aplicadas á estos trasportes unas tarifas que en las mercancías representaban de un 40 á 50 por 100 de economia sobre el precio de los trasportes ordinarios, y para los viajeros sensiblemente igual á la de las diligencias, se encontró que el producto bruto kilométrico, con que podia contar con seguridad la linea, era de unos 32 000 rs.

Calculáronse los gastos de explotacion teniendo en cuenta las circunstancias especiales en que debian producirse, sin servicios de noche, con viajes redondos, trenes poco cargados y velocidad media de 30 kilómetros por hora; llegando á la cifra de 21.000 rs. por kilómetro. El producto neto era, pues, por kilómetro de 11.000 rs. y de 400.000 rs. en toda la linea, que permitia asegurar una remuneracion conveniente á los 6.840.000 rs. del capital industrial; pero siempre con la condicion expresa que, añadiendo las subvenciones dadas gratuitamente, no excediese el coste total de los 9 500.000 rs.

Bajo la imposicion de tan débiles recursos se abordaron los estudios definitivos de la linea de Fougères, que ha sido ya construida en totalidad y se encuentra en explotacion desde mediados del año anterior. Sus gastos no excedieron las previsiones del autor, y como creemos de gran interés cuanto á esta cuestion de ferro-carriles económicos se refiere, vamos á entrar en algunos detalles sobre las consideraciones técnicas que han presidido á la ejecucion de este camino y respecto al reducido coste de sus distintas partes, por considerarlos curiosos y dignos de atencion é imitacion.

Es indudable que la verdadera economia reside en la eleccion de un trazado que se pliegue á las ondulaciones del terreno y evite las obras costosas; pero á esto hay que oponer el coste de traccion, tanto más subido, cuanto más fuertes son las inclinaciones y más reducidos los radios de las curvas.

La via y el material fijo constituyen otra gran parte de los gastos de establecimiento. En el camino que venimos examinando se ha limitado el peso de los carriles á 30 kilogramos por metro, cuya condicion impone la de no emplear máquinas de peso superior á 14 ó 15 toneladas, correspondiente al peso de los vagones más cargados. Fijado *a priori* el peso de las máquinas, se ha deducido para limite de inclinacion de las pendientes la de 15 milésimas, en el supuesto de que puedan ser remolcados trenes de 80 toneladas al máximo. En fin, suponiendo que la separacion de los ejes extremos no pase de tres metros, se ha visto que pueden admitirse sin inconveniente radios de 300 y aun de 250 metros.

Fijadas así las condiciones del trazado, en plano y perfil, se ha tratado de aplicarlas al terreno. Las dificultades eran grandes, porque el pais que se tenia que atravesar estaba constituido por terrenos de transicion, inferiores y medios, presentándose á menudo el granito y rocas cristalizadas que le acompañan; de manera, que todo desmonte algo profundo acarrea gastos de consideracion. Además en esta parte de la Bretaña, en que el suelo es muy accidentado, habia que salvar dos divisorias, de las que una de ellas es la que separa la vertiente de la Mancha de la del Océano, y luego descender por valles estrechos y sinuosos: se tendrá idea de las difi-

cultades encontradas viendo que el trazado que parte de Vitré a la cota de 87,^m60 y llega a la de Fougères a la de 92,90, no ha podido evitar altitudes intermedias de 61,^m70, 92,^m75, 134,^m55 y 70,^m80, y esto explica los 9 kilómetros de alargamiento que tiene el trazado sobre los 23 de la carretera entre Vitré y Fougères, pero que tiene pendientes muy fuertes.

Con la adopción de rampas de 20 milésimas se hubiera podido acortar el trayecto en 3 ó 4 kilómetros, mas no compensaba esta ventaja los inconvenientes que hubiera introducido en la tracción, y se habían calculado los gastos de transporte independientemente de la longitud.

Todas las dificultades en el establecimiento del trazado han sido vencidas felizmente, después de numerosos estudios y tanteos en muchas direcciones, como se puede juzgar por la siguiente descripción.

La traza horizontal se compone de 80 alineaciones rectas de longitud total de 19.500 metros ó sea 52,5 por 100 y 79 curvas de 17.500 metros de desarrollo, a saber;

4 curvas de 250 ^m de radio; desarrollo. . .	4.300 ^m
41 de 300 ^m	8.000
6 de 350 y 400 ^m	1.500
28 de 500 ^m	6.700

Todas las alineaciones curvas están unidas por rectas de más de 100 metros.

El perfil longitudinal presenta 46 rasantes horizontales de longitud total de 15.400 metros, ó sea 42 por 100 del camino y 54 en pendiente de 21.600 metros de desarrollo, divididas de este modo:

13 rampas de 0, ^m 015 de longitud de. . .	5.500 ^m
9 pendientes de 0, ^m 015 de.	6.500
10 rampas de 0, ^m 010, á 0, ^m 015 de. . . .	2.500
7 pendientes de 0, ^m 010 á 0, ^m 015 de. . .	1.900
11 rampas inferiores á 0, ^m 010 de. . . .	4.300
4 pendientes inferiores á 0, ^m 010 de. . .	900

El examen del perfil muestra que los movimientos de tierra se compensan sensiblemente y que las mayores pendientes están bien repartidas en la línea.

El cubo total de dichos movimientos ha resultado el mismo calculado de 220.000 metros, ó unos 6 metros cúbicos por metro lineal. Pocos desmontes ni terraplenes alcanzan la cota de 3 metros, así es que solo ha habido que expropiar una faja de terreno de 12 metros por término medio.

Entraremos en la exposición de los gastos ocasionados por todos conceptos en la construcción de este ferro-carril.

Los gastos generales de administración, comprendiendo los anteriores a la constitución de la sociedad, el Consejo de administración, estudios definitivos, personal, gastos de oficinas y demás, como también los intereses que durante la construcción ha habido que pagar, no han excedido de la cantidad prevista de 800.000 rs. ó 21.000 por kilómetro.

La expropiación ha subido á 29.640 rs. por kilómetro.

Los movimientos de tierra han sido los siguientes:

Explanación del camino.	220.000 mets. cúb.
Desvíos y caminos laterales. . .	30.000
Emplazamiento de estaciones. .	12.000

Total. 262.000

de los que 230.000 han sido en tierras duras y flojas y solo 32.600 en roca. El coste total de estos movimientos se ha elevado á 1.096.680 rs. ó 30.780 por kilómetro, y el precio medio del metro cúbico ha salido á poco más de 4 rs. por excavación, carga, transporte y arreglo de taludes.

Las obras de fábrica son numerosas, pero como

se deja dicho, en el trazado se ha tratado de disminuirlas en cuanto ha sido posible. Mas había un paso de importancia inevitable, el cruce del valle del Vilaine, que no podía efectuarse sino con una obra de consideración, puesto que, partiendo de la estación de Vitré a la cota de 87,^m60, se encontraba a poca distancia el talveg del valle a la de 61,60. Se ha salvado dicho valle á 750 metros del origen del camino, en un punto en que solo presentaba 400 metros de ancho, por medio de un viaducto de 115 metros de longitud y 21 de altura, separando dos terraplenes que suman en junto un volumen de 60.000 metros cúbicos. Esta solución se ha admitido como la más económica, después de los estudios comparativos que se hicieron, é igualmente se dedujo como el sistema más barato de construcción el efectuarlo de mampostería, fijándose en nueve arcos de medio punto de 10 metros de luz cada uno. En su construcción han entrado 5.000 metros cúbicos de mampostería; sus ángulos, dovelas y partes salientes son de granito; los paramentos y timpanos de mampostería de mosaico. El coste total fue 524.400 rs.

Las demás obras de fábrica, en número de 94, han costado 381.330 rs., y de ellas nueve son de tablero metálico y entran en dicha cantidad por 261.000 rs.

La explanación de la estación de Vitré ha requerido la construcción de 300 metros de muros de sostenimiento de valor de 120.650 rs.

En resumen, el capítulo de obras de fábrica ha dado lugar a un gasto total de 1.026.380 rs. ó 27.740 por kilómetro.

Para balasto se han aprovechado materiales encontrados en la línea ó sus inmediaciones, y consiste en piedra machacada ó arena granítica. Por término medio se ha empleado 1,^m60 por metro lineal, al precio de 10 rs. metro cúbico; constituyendo un gasto de 17.480 rs. por kilómetro, comprendido el empleado en estaciones.

La vía se compone de carriles Vignoles, de 30 kilogramos de peso, con bridas en sus juntas y fijados por escarpas á traviesas de roble, colocadas á un metro de distancia. Ha salido á 80 rs. el metro corriente, descompuesto en esta forma:

	Reales.
Traviesas.	18
Carriles, bridas, tornillos y escarpas. . . .	55
Asiento de vía y demás gastos.	7
	80

A los 37.000 metros de vía principal hay que añadir 2.400 de apartaderos en estaciones, lo que hace que el precio del kilómetro sea de 81.168 rs.

El material fijo, que se compone de 17 cambios de vía, 8 placas giratorias y diversos accesorios, ha costado 230.280 rs.

El total del capítulo, vía y accesorios, sumó 3.374.400 rs. ó 91.200 por kilómetro.

Hay dos estaciones bastante completas en los extremos de la línea, una de pequeña importancia hacia el medio y tres apeaderos, para los que se utilizan las casas de guarda de los pasos á nivel inmediatos. Las dos estaciones, cabezas de línea, constan de un edificio para viajeros, muelle para mercancías, cochera de carruajes y depósito de máquinas; además, en la de Fougères se ha establecido un taller para pequeñas reparaciones y un almacén general para las necesidades de la explotación.

Se han construido 11 casas para guardas y 15 garitas para el servicio de los pasos á nivel. Hay tres puntos para toma de agua, con cubas de palastro de 20 metros cúbicos de capacidad y de las que dos se proveen por bombas movidas con motor de vapor.

Tres grúas fijas de 3 y 6.000 kilogramos de po-

tencia se hallan establecidas en los muelles de mercancías de Vitre y Fougères y una móvil de 6.000 kilogramos completa este servicio.

Los gastos totales de este capítulo que comprenden: estaciones, casas de guarda, mueblaje, grúas, básculas, telégrafo eléctrico, servicio de aguas, cierres, etc., se elevaron a 703.000 rs. ó 19.000 por kilómetro.

Para el material móvil se ha tratado de no reunir al principio de la explotación sino el indispensable a las primeras previsiones del tráfico y por ello no se fijaron sino tres locomotoras, cuatro carruajes de viajeros y veinte vagones de mercancías.

Las locomotoras han sido construidas especialmente según los proyectos de M. Forquenot. Son máquinas-tenders de cuatro ruedas y 15 toneladas de peso; y se ha estudiado en ellas el buen conjunto de todas sus partes y la buena elección de materiales para hacer verdaderos tipos de máquinas que puedan atender a un largo y excelente servicio con poca conservación.

De los carruajes de viajeros, dos son mixtos de cuatro compartimientos, uno de 1.ª clase con diez asientos de cabida, otro de segunda para doce viajeros y los otros dos de 3.ª de a doce cada uno; pesan 5.840 kilogramos cada uno. Los otros dos carruajes tienen una imperial ó segundo piso que contiene 32 asientos de 3.ª clase; estos pesan 7.000 kilogramos. En una palabra, con estos cuatro carruajes pueden ofrecerse 248 asientos, que con los carruajes ordinarios se necesitarían en número de siete por lo menos, y hubiesen exigido cocheras de mayor extensión.

El precio de estos vagones ha sido 27.360 rs. los pequeños y a 32.300 los de dos pisos.

Los vagones de mercancías son de los tipos corrientes usados por la Compañía del Oeste, y el pequeño número señalado para el ferro-carril de que se trata, se funda en que siendo un ramal de dicho camino del Oeste, los vagones de esta Compañía pasarán cargados por aquella y se aprovecharán igualmente a su retorno; así es que solo se ha calculado para el tráfico parcial entre estaciones, ó en un caso para el transporte de mercancías que no pudiesen formar cargamento completo ó que no pudiesen esperar al material.

El número de máquinas expresado se ha estimado suficiente, puesto que los trenes deben hacer viajes redondos, verificando tres en cada sentido al día, con un recorrido de 222 kilómetros, que pueden efectuarse con una sola locomotora. El recorrido anual será de 81.000 kilómetros próximamente, que dá para cada máquina solo un trabajo de 27.000 kilómetros.

No se debe perder de vista que se trata de un camino cuyos rendimientos se han valuado en 30 ó 38.000 rs. por kilómetro, y su movimiento medio en 106 toneladas de mercancías y 124 viajeros; por lo tanto, con tres trenes en cada sentido compuestos de un furgon para equipajes, un carruaje de viajeros que ofrece de 46 á 78 asientos y 4 ó 5 vagones de mercancías cargados á 5 toneladas, se puede hacer frente fácilmente á las necesidades del tráfico.

En un ferro-carril de la poca importancia del que se trata no se podía atender á montar un taller en que se pudieran efectuar grandes reparaciones en el material, por lo cual no se ha pasado de los útiles necesarios para las pequeñas, como son, una máquina de perforar, un torno de carro, otro de engranaje con banco de 6 metros de longitud, una fragua y demás pequeños útiles para los trabajos de forja y ajuste.

Los gastos de este capítulo se descomponen así:

	Reales.
3 locomotoras.	342.000
4 carruajes de viajeros.	118.560
20 vagones para mercancías.	178.440
Taller de reparaciones y gastos varios.	64.000
	703.000

ó 19.000 rs. por kilómetro, cifra que se aleja mucho de lo admitido generalmente para este capítulo, y que es debida á las razones expuestas para admitir tan poco material y á la manera de efectuar el servicio de explotación.

Resumimos en el siguiente cuadro por capítulos los diversos gastos que ha ocasionado este camino, y que hemos examinado ligeramente.

DESIGNACION DE LOS GASTOS.	Totales.	Reales.	Por kilómetro.	Reales.	Tanto por 400.
1.º Administracion, personal, gastos generales, etc.	801.420	21.660	8,5	11,6	11,6
2.º Expropiacion de terrenos.	1.086.680	29.640	12,0	30.780	40,8
3.º Movimiento de tierras.	1.438.860	27.740	6,8	17.480	35,5
4.º Obras de fábrica.	1.026.380	91.200	7,4	49.000	7,4
5.º Balasto.	646.760	703.000	7,4	703.000	7,4
6.º Via y accesorios.	3.374.400	256.500	100,0	9.490.500	100,0
7.º Estaciones, edificios y mobiliario.	703.000				
8.º Material móvil.	703.000				
	9.490.500				

Advertiremos, para terminar, que en este gasto total entra el último kilómetro de la línea por valor de 1.900.000 rs. entre las expropiaciones de terrenos edificados en la ciudad de Vitre, un gran desmonte en roca y el viaducto del Vilaine con sus avenidas; de manera que los 36 kilómetros restantes no han costado sino 7.590.500 rs. ó á razon de 205.148 cada uno, resultado no alcanzado en ninguno de los ferro-carriles de las condiciones generales del que hemos descrito.

P. C.

Datos relativos á algunos ferro-carriles de via estrecha (1).

(Conclusion.)

FERRO-CARRIL DE LA MINA DE BUITRON Á SAN JUAN DEL PUERTO, PROVINCIA DE HUELVA, Y FERRO-CARRIL DE SANTO DOMINGO, EN PORTUGAL.

Se ha concedido recientemente y está en construcción esta línea para la extracción de los productos de la mina

(1) Véase el número 2.º de la REVISTA.