

REVISTA DE OBRAS PUBLICAS

PUBLICACIÓN TÉCNICA 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, 8, primero derecha.

LA CONSTRUCCIÓN DE LA VÍA

EN LOS FERROCARRILES SECUNDARIOS

La ley de Ferrocarriles secundarios empieza á dar sus frutos, habiéndose iniciado la construcción de algunas líneas en distintas regiones de España, dando este hecho actualidad evidente al estudio comparativo de las condiciones de la superestructura de la vía en los ferrocarriles ya construídos, sobre todo si se aportan á este estudio un gran número de datos y se examinan en él mucha parte de las redes explotadas en distintos países.

Al proyectar los detalles de la construcción de la vía de un ferrocarril de esta naturaleza, conviene tener presentes las enseñanzas deducidas de la explotación de otras análogas, porque tiene verdadera transcendencia, y por esto creemos de interés publicar algunos de los datos contenidos en una notable Memoria presentada por M. C. de Burlet, Director general de la Sociedad de ferrocarriles vecinales de Bélgica, al XV Congreso internacional de tranvías y de ferrocarriles de interés local, celebrado en Munich el año último, y cuyas actas y trabajos acaban de publicarse.

Para redactar su extenso dictamen sobre esta cuestión, ha tenido necesidad M. Burlet de ponerse en comunicación con nada menos que con 178 Sociedades explotadoras de ferrocarriles de esta índole, estudiando, clasificando y agrupando los datos obtenidos de las 70 que han querido facilitárselos en condiciones de ser aprovechados para su estudio, no siendo extraño que no haya podido ser más completo, porque, en realidad, el cuestionario abarcaba 36 materias, reunidas en seis capítulos, y muchas veces no es fácil satisfacer estas demandas científicas.

Sin embargo, el estudio está hecho sobre la base de 5.200 kilómetros, explotados por 70 Sociedades, y da bastante idea de las soluciones y procedimientos predominantes, que son los únicos que han de ocuparnos para no dar á este artículo una extensión demasiado grande.

Además, hay que partir de la base de que no pueden considerarse como equivalentes las acepciones de ferrocarriles vecinales ó de interés local que se usan en el extranjero y la de secundarios que usamos nosotros, porque aun cuando unos y otros tengan por objeto alimentar las grandes líneas de comunicación del país, enlazarlas y encauzar el tráfico, como el desarrollo industrial no es comparable, no lo son tampoco en muchos casos las necesidades á que

se atiende con estos ferrocarriles, y así vemos, por ejemplo, comprendidos en aquella demarcación 2.063 kilómetros de ferrocarriles de 1.435 á 1.445 metros, que aquí no tendrían razón de ser como secundarios, y descontando éstos, quedan:

1.504	kilómetros de vía de 1	metro.
1.196	íd.	íd. de 0,75
425	íd.	íd. de 0,60

sin contar los de cremallera y algunos tranvías también estudiados por M. Burlet; pero en cambio ha tenido también presentes, para establecer sus conclusiones, los 3.162 kilómetros de vía de un metro de la Sociedad nacional de ferrocarriles vecinales belgas, de que es Director.

En las líneas de un metro de anchura de vía, las pendientes de 0,03 y 0,04 son bastante frecuentes en las regiones medianamente accidentadas y llegan hasta 0,08 (Sociedad anónima de ferrocarriles del Bajo Egipto), y los radios de las curvas bajan hasta 25 metros en líneas en que circulan locomotoras de tres ejes acoplados, variando poco estas cifras para las líneas de 0,75 de ancho de vía.

Cuando la tracción se hace por la electricidad, las pendientes son, con bastante frecuencia, de 0,05 á 0,06 y llegan hasta 0,105.

En dos líneas de tracción por cremallera, las pendientes son de 0,48 (Monte Pilatus) y de 0,67 (Oberland Bernés).

La mayor parte de las líneas se explotan para viajeros y mercancías, y en seis de ellas la tracción es exclusivamente eléctrica.

De los 3.200 kilómetros de líneas explotadas por la Sociedad nacional de ferrocarriles vecinales belgas, 171 se explotan por la electricidad para viajeros solamente, y 3.029 con vapor para viajeros y mercancías.

El peso en carga de las locomotoras de vapor varía entre 7 y 29 toneladas para las líneas de un metro de anchura de vía, y de 7,9 hasta 26,5 para las líneas de 0,75 metros.

El peso de los coches motores eléctricos en carga varía entre 7 y 27,6 toneladas (Montreux Oberland Bernés). En cuanto al peso del material de transporte, podemos decir que llega hasta 13 toneladas por carruaje de viajeros cargado, y la tara de los vagones de mercancías, cuyo mínimo es de 2 toneladas, llega hasta 8,9 toneladas.

En los ferrocarriles vecinales belgas, las cargas completas son generalmente de 10 toneladas, y la tara de 4, ó sea un peso total de 14 sobre vías de un metro de anchura.

La carga por eje oscila por término medio entre 5 y 6 toneladas, siendo la más fuerte 12 toneladas en una línea de Hamburgo.

En vías de un metro, la carga más fuerte se encuentra en los ferrocarriles del Bajo Egipto, en los que llega á 7,7 toneladas, y los belgas (9,7 toneladas), sin pasar generalmente de 5 á 6 toneladas. Merece citarse una línea de Wallükebahn, de 60 centímetros de anchura y una carga, por eje, de 5 toneladas.

Las indicaciones recibidas no son bastante explícitas para que sea posible deducir el número y la importancia de los trenes que circulan sobre cada línea, aunque aproximadamente pueden calcularse 30 trenes por día en cada sentido en las explotaciones á vapor y hasta 120 en las líneas con tracción eléctrica.

La mayoría de las líneas están construídas, parte sobre explanación propia, y parte sobre carreteras, conservando la anchura de éstas ó aumentándola en algunos casos.

Indicadas las condiciones generales de instalación de la vía, pasemos á ocuparnos de las traviesas.

Entre las 70 Sociedades que han contestado al cuestionario de M. Burlet, hay 47 que solamente emplean traviesas de madera; 7 que sólo usan las de metal; 11 que utilizan las dos clases, y las demás que aceptan soluciones mixtas entre la madera, el metal y el cemento; usando unas ú otras según los puntos de la línea.

La Sociedad nacional belga tantas veces citada, se ha decidido por las de madera de encina creosotada, después de ensayar las metálicas, que no han dado tan buenos resultados y que son más caras.

Se ve, pues, una marcada preferencia por las traviesas de madera, y entre las diversas clases de ésta, por la del pino, que es la única empleada por 27 Empresas, siguiendo luego la encina, usada por 16 entidades ferroviarias y otras maderas en menor proporción.

Las de pino se usan generalmente inyectadas, pero las de encina se emplean más frecuentemente al natural; el procedimiento de impregnación más usado en Alemania, en donde casi exclusivamente se utiliza el pino con este fin, consiste en la inyección de una mezcla de aceite mineral y de cloruro de zinc, operación que viene á costar unas 10 pesetas por metro cúbico de madera.

En Francia y en Bélgica las traviesas son casi exclusivamente de encina impregnadas de creosota en caliente bajo presión después de hacer el vacío.

El precio es de 7,50 francos por metro cúbico de encina y de 15 á 20 francos por el mismo volumen de pino del Norte, que absorbe, naturalmente, mucha más creosota.

Dos Sociedades impregnan las traviesas con carbonileum y se manifiestan muy satisfechas de los resultados obtenidos.

Las dimensiones y pesos de las traviesas son, por término medio, las siguientes:

	Dimensiones.	Peso.
Vía de 1,435 metros.....	2,40 × 0,21 × 0,1	40 á 50 kilogramos.
» de 1 ídem.....	1,80 × 0,20 × 0,15	35 ídem.
» de 0,75 ídem.....	1,50 × 0,18 × 0,15	20 á 30 ídem.
» de 0,60 ídem.....	1,50 × 0,16 × 0,13	20 á 25 ídem.

La duración media de las traviesas de pino impregnadas parece ser de doce años (mínimo seis años y máximo diez y ocho). La duración media de las traviesas de encina preparadas no es difícil de establecer, aunque no puede dudarse que el creosotado la hace crecer considerablemente.

La unión del carril á la traviesa se hace todavía en la mayor parte de los casos por medio de clavos, sobre todo en Alemania, donde sólo se emplean los tirafondos en las juntas y en las curvas.

En Francia y Bélgica, por el contrario, se usan casi exclusivamente los tirafondos.

La sección de los clavos varía de 0,012 × 0,012 á 0,017 × 0,017, según el peso de los carriles empleados, y los tirafondos tienen de 19 á 20 milímetros de diámetro, siendo lo más corriente colocar tres clavos ó tirafondos, uno por fuera y dos por dentro del carril.

Las placas de asiento, de acero dulce ó de hierro laminado, tienen una longitud variable según el perfil de los carriles, entre 0,07 y 0,160 metros y el tiempo que duran sin necesidad de ser sustituidas ni nuevamente sujetadas á las traviesas varía muchísimo, puesto que hay Compañías en que esta operación se hace cada dos años y en otras cada diez.

El tipo de traviesas metálicas empleadas es poco más ó menos el mismo siempre; en forma de cuneta invertida con ó sin bordes horizontales inferiores, replegada hacia abajo en los extremos para obtener un buen asiento y una estabilidad más perfecta.

Las dimensiones transversales varían de 0,15 á 0,32 metros de anchura inferior por 0,45 á 0,075 metros de altura; el espesor de metal es de 7 á 9 milímetros y la longitud de las traviesas varía naturalmente con la anchura de la vía, oscilando entre 1,20 y 1,30 metros para vía de 0,60, entre 1,50 y 1,80 para vías de un metro y 2 á 2,50 metros para las de anchura normal, ó sea 1.405 metros.

El peso también varía mucho, pudiendo señalarse el de 9 kilos como mínimo y el de 52 como máximo para vía normal.

Del empleo de traviesas metálicas han deducido los informantes las conclusiones siguientes:

Algunos encuentran que la unión del carril con la traviesa es más sólida, y que, por lo tanto, la anchura de la vía es más invariable, con lo que se gana en seguridad de la circulación.

La conservación de estas traviesas es más difícil, aunque es menos frecuente la reparación que con las traviesas de madera.

En cuanto á la duración, declaran la mayor parte, sin especificar que es mayor que la de las traviesas de madera.

Las traviesas de cemento armado son usadas solamente por dos Sociedades, una de Hamburgo y otra de Saint-Béron.

La primera Empresa emplea traviesas de 140 kilogramos de peso que le cuestan unos 7 francos y medio, en las que el hormigón está formado por una tercera parte de cemento y dos terceras partes de arena, y la Compañía está tan satisfecha de sus resultados, que desde luego las declara superiores á las de madera y á las metálicas.

La Sociedad que explota el ferrocarril de Voiron á Saint-Béron, que emplea también como hemos dicho traviesas de cemento armado, se muestra igualmente satisfecha de su resultado. En la composición de las traviesas usadas en esta línea, entran por traviesa: 40 litros de arena, 33 kilogramos de cemento, 8,4 kilogramos de hierro y 12 litros de agua; es decir, un total de unos 105 kilogramos por traviesa,

resultando próximamente á 5 francos y conservándose desde su instalación en perfecto estado, lo cual prueba la conveniencia de ensayar este procedimiento en España, para lo cual, si alguna Empresa se interesara en el asunto, publicaríamos el detalle de su fabricación y de su instalación en la vía.

Otro elemento esencial de la superestructura de la vía es el balasto, y respecto á él también hay consideraciones interesantes en la Memoria de M. Burlet, que vamos extrayendo ligeramente, ya que no sea posible publicarla íntegra por su mucha extensión.

El espesor del balasto nunca es menor en las vías de 0,60, de 10 centímetros, siendo por término medio de 20 y á veces hasta de 25 y 30 centímetros.

La anchura del balasto en la coronación varía necesariamente con la separación de los carriles; en general es de 3 metros para las vías de ancho normal, de un poco más de 2 metros para las de uno de anchura y de poco menos de esta misma anchura para las de 0,75.

Es inútil decir que la naturaleza del balasto depende de lo que puede encontrarse en la región recorrida por la línea, no pudiendo despreciarse ni prescindirse de la cuestión económica, sobre todo en los ferrocarriles de interés local.

En Alemania se emplea con frecuencia una disposición que consiste en colocar un lecho inferior de piedras de mayores dimensiones, recubierto de otro de piedras de menor tamaño, el cual constituye realmente el balasto, y la hilada inferior es más bien un medio de consolidar ó afirmar el suelo de la explanación. Las dimensiones de los trozos varían mucho y no pueden precisarse cifras.

Pueden emplearse materiales muy variados para la formación del balasto; pero para que éste conserve sus cualidades y responda siempre al objeto que se persigue con su empleo, debe ser bien permeable y secarse rápidamente, ayudando á esto las zanjias de saneamiento que algunas Compañías establecen en sus vías.

Los tipos de carriles usados únicamente son el Vignole y el Broca ó Fénix, en las carreteras y calles. La magnitud y dimensiones del perfil están generalmente en relación con el peso del material móvil. En realidad, el peso de los carriles por metro lineal varía entre 23 á 41 kilogramos para las vías de 1,435 metros de anchura para material de tracción con peso comprendido entre 13,5 y 42 toneladas; 15,5 á 31 kilogramos para las vías de un metro de anchura y material de tracción de 7 á 28,5 toneladas; 9,25 á 30 kilogramos para las vías de 0,75 y material de tracción de 7,2 á 26 toneladas.

La menor longitud de las barras de los carriles señalada en la información corresponde á carril de 17,5 kilos, y es de 6 metros en una sola Compañía; la corriente es de 9 metros, y la máquina de 15, habiendo sido aplicada esta última para carriles de más de 23 kilos al peso únicamente. La Sociedad nacional belga emplea carriles de 23 á 31 kilogramos, de 18 metros de longitud cada barra.

Once Sociedades colocan los carriles sin ninguna inclinación, y las demás les dan una inclinación de 1/20 casi exclusivamente; en las líneas alemanas esta inclinación se obtiene, salvo rarísimas excepciones, por la forma del apoyo. En otros países, con cuñas que se colocan entre la traviesa y el carril.

Los perfiles de los carriles varían mucho con el peso del material móvil y el número de trenes puesto diariamente en circulación, proporcionalmente á la fatiga que se les impone. De aquí las diferencias, bastanté notables, que se observan

en el desgaste apreciado y en cuanto á las opiniones de cada Sociedad sobre la duración probable de los carriles.

El más fuerte desgaste observado parece ser de 0,5 milímetros por año en líneas de tráfico intenso; en las demás el desgaste medio de los carriles parece ser de 0,1 milímetros por año.

En las líneas de más trabajo la duración de los carriles parece que debe ser de veinte años próximamente, y en término medio general, esta duración puede calcularse en cuarenta años.

En ciertas líneas de tráfico muy poco importante, como la *Prinzler Eisenbahn*, se puede esperar una duración hasta de noventa años.

La mayor parte de las Sociedades no han comprobado el desgaste ondulatorio en sus líneas, puesto que nada más que siete declaran haberlo observado, especialmente en los trozos de vía en pendiente y en las curvas pronunciadas. Este efecto se achaca á diversas causas, como son la acción de los frenos, una elasticidad de la vía bastante grande, demasiada distancia entre las traviesas, etc.

Trata después M. Burlet de las diversas disposiciones de las eclipsas; pero hay en este punto tanta variedad de datos y contestaciones á su información, que no entraremos en él por no alargar demasiado este resumen.

En la Memoria hay, por último, otro tema que merece atención, que es el de la soldadura de los carriles, aplicada por tres de las Sociedades que han remitido notas al Congreso sobre sus instalaciones, una de ellas alemana, otra francesa y otra belga.

La primera ha empleado la junta Goldschmidt con buen resultado. En cuanto á la soldadura eléctrica, es demasiado reciente para que se pueda juzgar definitivamente, aunque presenta la ventaja de poder soldar sobre una longitud mayor los extremos de los carriles. La junta de Goldschmidt cuesta 31,25 francos, y puede decirse que da mejor resultado que la unión ordinaria de los carriles, aunque cuesta algo más cara.

En la Sociedad francesa, que es la de los tranvías de Lyon, se emplea la junta Falk hace cinco años con éxito, no costando más de 18 ó 20 francos, y no haciéndose en las curvas para tener en cuenta la dilatación; este sistema debe emplearse en carriles de más de 33 kilogramos, y es claro que hay que hacer cortes cuando se quiere sustituir un trozo de carril.

La Sociedad belga de *Entreprise générale* empleó la junta Falk, en Barcelona, en 1901; en Lieja, en 1903, y en Faroslan desde 1906.

El resultado obtenido es mejor con un carril pesado que con un carril ligero, y en adoquinado ó asfalto que cuando el pavimento es macadam.

Las rupturas de los carriles son poco frecuentes, y no se producen en las juntas, sino en el cuerpo de los carriles.

De todas estas observaciones y datos es fácil deducir cuáles son los elementos que conviene escoger en cada caso, por ser sancionados por una experiencia de largos años en distintos países y en condiciones diferentes, teniendo entonces gran seguridad de hacer una elección discreta y de instalar la vía en las mejores condiciones posibles.

J. DE GÁLVEZ-CAÑERO (1),
Ingeniero de Caminos.

(1) De Ingeniería.