

cuanto más lejos se encuentre de su origen, de aquí que desde la remota época de las primeras distribuciones de aquel fluido, se reconociera la imperiosa necesidad de los reguladores de presión, cuya conveniencia atañe en grado igual al consumidor y al fabricante; al primero porque le asegura una potencia luminica constante, y al segundo porque á más de fijarle la igualdad del consumo (condición indispensable dado el sistema general adoptado en su comprobación para los alumbrados públicos y algunos de los particulares), le ofrece el único medio de conocer y medir la importancia de los escapes en una parte cualquiera de la distribución.

Los primeros reguladores que se instalaron fueron ideados para su colocación directa en el arranque de la propia cañería principal. La fecha de invención de estos aparatos se remonta á 1815, siendo debidos al insigne ingeniero Clegg, que también ideó en la misma época el primero de los contadores de gas; con la diferencia de que este último recibió todos los perfeccionamientos posibles con el concurso del constructor Rosley, y aun hoy día, no obstante su gran volumen, se emplea en el interior de las fábricas con excelente éxito; en cambio el regulador quedó sumamente imperfecto, y hoy se le cita tan solo como recuerdo histórico.

(Se continuará.)

Previo la venia de su autor, á quien hacemos presente nuestro agradecimiento, empezamos á insertar en este número la Memoria del proyecto de carril y vía para la línea de San Sebastián á Deva y Elgoibar, redactado por nuestro compañero el distinguido Ingeniero D. José Luis Torres Vildósola, Director facultativo de las obras.

FERROCARRIL DE ELGOIBAR Á SAN SEBASTIAN

MATERIAL DE VÍA

MEMORIA

I

CARRIL, BRIDAS Y TORNILLOS

Por Reales órdenes de 8 de Julio de 1891 fueron aprobados los proyectos de los ferrocarriles de Elgoibar á Deva y de San Sebastián á Deva.

El material de vía del proyecto aprobado es igual al del ferrocarril de Durango á Zumárraga, habiéndose adoptado carriles de 16,66 kilogramos

por metro lineal, con juntas apoyadas en las traviesas sobre placas de hierro.

Constituida la Compañía para la construcción de la línea de Elgoibar á San Sebastián, su Consejo de administración, teniendo en cuenta la importancia que esta línea está llamada á adquirir y el considerable movimiento de viajeros y mercancías á que ha de dar lugar, acordó adquirir un material fijo más pesado que el del proyecto, á fin de obtener una vía más rígida, estable y segura, que permita satisfacer las siempre crecientes necesidades y exigencias de los viajeros, aumentando la velocidad de los trenes, así como la suavidad y comodidad del movimiento, pudiéndose, por lo tanto, hacer la explotación en absolutas condiciones de seguridad y á mayores velocidades que las empleadas en los ferrocarriles de vía estrecha, á lo cual contribuye también el trazado de la línea, tanto en planta como en perfil.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, se ha adoptado el sistema de vía que describiremos en esta Memoria, y cuyos planos detallados se presentan adjuntos á la aprobación de la Superioridad.

Carril.—El carril, cuya sección y dimensiones se representan en la figura 1.^a de la lámina 132, pesa 26,18 kilogramos por metro lineal.

Se ha adoptado un perfil de ancha base, á fin de aumentar la resistencia y disminuir los esfuerzos que se transmiten á las traviesas.

La mayor anchura de la base tiene además la ventaja de que permite establecer la superficie de contacto de las bridas y el carril con poca inclinación, lo cual es muy conveniente, no solo para facilitar el asiento de aquéllas, y por consiguiente aumentar la rigidez de la vía, sino también para repartir mejor los esfuerzos que se transmiten á las bridas.

Como para responder á las necesidades del tráfico ha de ser preciso emplear en la línea máquinas potentes, cuyo peso por eje puede llegar á 10 toneladas, se ha dado al carril una cabeza suficientemente ancha para que las llantas, que son las que transmiten al carril el peso de los ejes, tengan una superficie de apoyo proporcionada. El aumento de anchura de la cabeza tiene además la ventaja de hacer mayor la superficie de contacto entre su cara inferior y la brida, lo que contribuye á disminuir el desgaste de éstas y del carril.

Las dimensiones principales del carril son las siguientes:

Altura total.. . . .	104 milímetros.
Anchura de la cabeza	54 —
Espesor del alma.. . . .	12 —
Ancho de la base.. . . .	98 —
Angulo de la superficie de contacto de las bridas con la horizontal: $tg = 0,50$	$26^{\circ},34'$
Área del carril.	$3347,96 \text{ m}^2/\text{m}$

Peso del carril (suponiendo la densidad del acero de 7,82).	26,18 kilogramos.
Distancia del centro de gravedad á la base.	53,75 milímetros.
Idem id. id. á la cabeza.	50,25 —
Momento de inercia.	0,000.004.979.780

La relación de la altura al semiancho de la base es de 2,21.

Ya hemos indicado antes la ventaja de aumentar todo lo posible el ancho de la base, y lo prueba el que en los nuevos tipos de carril adoptados recientemente por las Compañías del Norte de Francia y Paris-Lyon-Mediterranée, la relación entre la altura y semianchura de la base es de 2,12 y 2,15 respectivamente, mientras que antes era de 2,42 y 2,60.

Bridas.—La parte débil de todas las vías es la junta; en ella los movimientos del carril, tanto laterales como verticales, llegan al máximo, y es ya un principio admitido que la estabilidad de la vía depende principalmente de las buenas condiciones de las juntas. Es, por lo tanto, necesario emplear bridas fuertes y resistentes, que aseguren la unión más perfecta posible entre los carriles, y por lo tanto, la continuidad de la resistencia en los tramos intermedios y los de junta. Las juntas al aire y el empleo de bridas-cojinetes de sección angular apoyadas en las dos traviesas de contrajunta, son las que más satisfacen á estas condiciones, por lo cual hemos adoptado este sistema, que es el generalmente empleado ya en todos los ferrocarriles, y tiene las siguientes ventajas:

- 1.^a Asegurar la más perfecta unión de los carriles contiguos.
- 2.^a Limitar el juego que se produce en las juntas en el momento del paso de los trenes por medio de la sujeción y apoyo de las bridas en las traviesas de contrajunta.
- 3.^a Como las bridas están unidas á éstas por medio de tirafondos, impiden el movimiento lateral de los carriles, producido por el paso de los trenes, movimiento tanto mayor cuanto más grandes son las pendientes de la vía y mayores los pesos de los trenes.
- 4.^a Impedir la inclinación del carril, producida por los empujes laterales.

La colocación de las juntas al aire tiene también, como es sabido, la ventaja de que el movimiento es mucho más suave. Esto se debe á que la diferencia de nivel entre las extremidades de dos carriles contiguos es más grande en las juntas apoyadas, porque cuando éstas están al aire este desnivel ó resalto disminuye algo por la flexión que las ruedas hacen sufrir al carril al llegar á la junta, la cual se transmite al contiguo por medio de la brida, mientras que esta compensación no puede tener lugar apoyando la junta en una traviesa, pues ésta impide la continuidad de la flexión en los dos extremos de los carriles.

Las bridas serán también de acero Bessemer. Su forma es la de una escuadra, cuya altura total es de 72,71 milímetros y su anchura 62 milímetros. El grueso del brazo vertical que constituye la brida propiamente dicha, es de 17 milímetros. Su longitud es de 500 milímetros, igual á la distancia entre ejes de las traviesas de contrajunta.

Cada brida tiene cuatro taladros de sección circular, cuyos centros están á 65 y 195 milímetros de las extremidades. Su diámetro es de 20 milímetros. El de los taladros correspondientes al carril es de 23 milímetros, á fin de que puedan tener lugar las dilataciones debidas á las diferencias de temperatura. Por la misma razón el taladro contiguo á la extremidad del carril tiene su centro á 51 milímetros de ésta, mientras que la distancia entre el correspondiente de las bridas y el centro de las mismas es de 55 milímetros, quedando, por lo tanto, entre los extremos de los carriles un juego de 8 milímetros, que unido al que resulta de la diferencia de diámetro de los taladros, permite al carril adquirir la dilatación correspondiente á su longitud de 9 metros y á las máximas diferencias de temperatura que tienen lugar en estas provincias.

Trabajo del metal en el carril.—La sección del carril es de 3.347,96 milímetros cuadrados. Su centro de gravedad se encuentra á 53,75 milímetros de la base y 50,25 milímetros de la cabeza. Por consiguiente, $v = 0,05375$ y $r' = 0,05025$, y siendo el momento de inercia $I = 0,000.004.979.780$, tendremos: $\frac{r}{I} = 10793.649$ y $\frac{v'}{I} = 10090807$.

Considerando el carril entre dos traviesas como empotrado en sus extremidades, el máximo esfuerzo se produce en los apoyos y es igual á $0,148 \frac{v}{I}$ Pa: siendo P la carga móvil y a la distancia entre los puntos de apoyo. La máxima distancia entre los ejes de las traviesas es 0,80, y como la de las ruedas de las locomotoras es 1,17 metros, nunca podrá haber más de un eje en el intervalo comprendido entre dos traviesas.

El peso máximo sobre cada uno de los tres ejes acoplados es de 9,50 toneladas, resultando, por lo tanto, para cada rueda un peso de 4,750 kilogramos.

El máximo esfuerzo del metal tendrá lugar en la base del carril, que trabajará por compresión, y su valor deducido de la fórmula anterior es de 6,07 kilogramos por milímetro cuadrado.

Considerando el carril como empotrado en sus extremos, que es la hipótesis que para nuestro cálculo hemos admitido, los esfuerzos de extensión de la cabeza tendrán lugar en los apoyos y los de la base en el centro del tramo. La compresión máxima de la cabeza se verificará en el medio del tramo y la de la base en los apoyos.

Diversas experiencias, entre otras las de M. Fairhoirn, citadas por Conche en su conocida obra, demuestran que el acero resiste mejor á la compresión que á la extensión, estando estas dos resistencias en la relación 2,1 á 1.

Es, por lo tanto, conveniente reducir al minimum los esfuerzos de extensión á que el carril ha de estar sometido, y como éstos son más grandes en los apoyos que en el centro ($0,148 \frac{vPa}{I}$ en el primer caso y $0,125 \frac{vPa}{I}$ en el segundo), resulta que teóricamente debe aproximarse el centro de gravedad á la cabeza del carril, de manera que las distancias á la cabeza y á la base estén en relación de $\frac{125}{148} = 0,844$. Se obtendrá así la igualdad de los máximos esfuerzos de las fibras que trabajan por extensión en los apoyos y en el centro, y dichos esfuerzos se reducirían al mínimo.

En el carril que estamos estudiando la relación es $\frac{50.25}{53.75} = 0,934$, que aunque es algo mayor que la teórica, da también lugar á una conveniente repartición de esfuerzos, como resulta del cuadro siguiente, en el que se expresan los máximos á que han de estar sometidas las fibras extremas del carril, tanto en los apoyos como en el centro del tramo: suponiendo $a = 0,80$ y $P = 4750$.

$\frac{v}{I}$ $v = 0,05375$ Distancia del centro de gravedad á la base.	$\frac{v'}{I}$ $v' = 0,05025$ Distancia del centro de gravedad á la cabeza.	I Momento de inercia	MÁXIMO ESFUERZO DE EXTENSIÓN POR MILÍMETRO CUADRADO		MÁXIMO ESFUERZO DE COMPRESIÓN POR MILÍMETRO CUADRADO	
			En los apoyos.	En el centro del tramo.	En los apoyos.	En el centro del tramo.
			$0,148 \frac{v'}{I} Pa$	$0,125 \frac{v}{I} Pa$	$0,148 \frac{v'}{I} Pa$	$0,125 \frac{v}{I} Pa$
			Kilogs.	Kilogs.	Kilogs.	Kilogs.
10793.649	10090.807	0,000.004.979.780	5,67	5,12	6,07	4,79

Vemos, por lo tanto, que el centro de gravedad está bien situado, pues el máximo esfuerzo corresponde á la compresión, y las tensiones en los apoyos y en el centro difieren muy poco; resultando, por consiguiente, una repartición de esfuerzos que satisface á las condiciones recomendadas.

Influencia de la velocidad sobre la flexión de los carriles.—En el cálculo anterior hemos considerado al carril como empotrado en sus extremos, y, por consiguiente, suponiendo éstos completamente fijos é invariables, y además se han tenido en cuenta únicamente los esfuerzos debidos al peso de la rueda colocada en el centro del tramo.

En la práctica no tienen lugar estas condiciones, resultando, por consiguiente, que los esfuerzos á que los carriles han de estar sometidos, son en realidad mayores que los que resultan del cuadro anterior.

En efecto; las minuciosas experiencias hechas por Mr. Coñard, publicadas en la *Revista General de Caminos de Hierro*, demuestran que la flexión crece proporcionalmente á la velocidad hasta cierto límite, á partir del cual parecen disminuir, resultado anómalo á primera vista, pero que se explica teniendo en cuenta que las traviesas no permanecen completamente inmóviles, sino que durante el paso de la carga entre dos traviesas descienden también, contribuyendo á disminuir la flexión del carril en el centro del tramo, cuando las velocidades exceden de 50 á 60 kilómetros.

Por otra parte, como el realce de las traviesas no puede ser nunca completo, su nivel desciende antes de que grave sobre ellas el peso móvil, resultando que los puntos de apoyo reales, es decir, aquellos cuya distancia debe entrar en las fórmulas de resistencia, están más separados que las traviesas, y es necesario determinar dicha separación para calcular el esfuerzo realmente soportado por el carril.

No nos detendremos á exponer las numerosas experiencias y largos cálculos empleados para obtener el valor correspondiente á la verdadera separación de los puntos de apoyo, limitándonos á asegurar que para la velocidad de 40 kilómetros por hora, la relación entre la flecha dinámica y la estática es de 1,50, y que la flexión del carril corresponde á una separación de los puntos de apoyo 1,70 veces mayor que la distancia entre dos traviesas contiguas.

En estas condiciones, los esfuerzos á que el carril ha de estar sometido se obtienen multiplicando los valores de $P = 4750$ kilogramos, y $a = 0,80$ por los coeficientes 1,50 y 1,70 respectivamente.

La fórmula $R = 0,125 \frac{v}{l} Pa$ nos da en este caso para R el valor de 13,07 kilogramos por milímetro cuadrado.

Aun suponiendo que el esfuerzo llegara á alcanzar esta cifra, no tendría nada de excesivo, pues el límite de elasticidad del acero empleado en la fabricación de carriles es de 35 á 40 kilogramos por milímetro cuadrado de sección, de manera que el esfuerzo sería tres veces menor, hallándose, por lo tanto, el material en buenas condiciones de resistencia.

(Se continuará.)

MADRID: 1892.

ESTABLECIMIENTO TIPOGRÁFICO DE GREGORIO JUSTE.

Calle de Pizarro, número 15 bajo

