

mucho mayores que los deducidos por fórmulas teóricas, mejor ó peor fundadas, y cuya aplicación juzgamos por consecuencia impropia.

Detalles de la conducción.—Tubería.—Los tubos usados hoy día para las canalizaciones del gas del alumbrado son de palastro embetunado ó de fundición. Los primeros, llamados *Chameroy*, del nombre de su inventor, se componen de una hoja de palastro arrollado, roblonada, estañada y recubierta con una capa de betún (1) de 0^m,01 de espesor, para preservarla de la oxidación. Sus puntas son de dos clases, ó *roscadas* ó *forzadas*; empleándose en unas y otras manguitos de metal inoxidable (2) que en las primeras llevan los filetes, y en las segundas encajan fuertemente entre sí.

Los tubos de fundición duran más, pero su precio es harto más crecido; y así como esta consideración, tratándose de una distribución de aguas, debe tener carácter secundario, por la necesidad de conseguir una gran resistencia en las cañerías, en las canalizaciones de gas, donde las presiones internas son pequeñas, la cuestión del coste es muy atendible, y contribuye á la gran boga alcanzada por las tuberías de palastro, hoy universalmente extendidas. Nuestra conducción, por consiguiente, se proyecta con tubos del sistema *Chameroy*, empalmados á *junta forzada*, que nos parece más sólida, y sobre todo más impermeable que la de rosca.

En el minucioso pliego de condiciones que se acompaña á esta memoria se detallan con toda escrupulosidad, no solo el modo de fabricación de los tubos, sino las condiciones para su prueba y recepción, y los medios prácticos más convenientes para su empalme y asiento en obra.

(Se continuará.)

FERROCARRIL DE ELGOIBAR Á SAN SEBASTIÁN

MATERIAL DE VÍA

MEMORIA

(Conclusión.)

En vías estrechas y con curvas de pequeño radio, la inclinación casi universalmente empleada para el carril es $\frac{1}{47}$, que es la que hemos adoptado, no solo por esta razón, sino por ser la misma de los carriles de Bilbao á Durango y de Durango á Zumárraga, de los que es continuación la de Elgoibar á San Sebastián, y es por lo tanto muy conveniente establecerlos en

(1) Setenta partes de brea mineral y treinta de polvo calizo.

(2) Sesenta partes de plomo, treinta de estaño y diez de antimonio

igualdad de condiciones para facilitar el paso de los vehículos indistintamente en la red que estas líneas han de constituir.

Por consiguiente, reemplazando en la fórmula anterior α por su valor $\frac{1}{4}$, tendremos:

$$E = 0^m,031.$$

El juego total será $2E = 0^m,062$, y descontando el correspondiente á la vía recta, que es de $0^m,026$, resulta que habría que dar á las curvas de 100 metros de radio un aumento de anchura de $0,036$ para evitar por completo el deslizamiento.

Esta cifra, aunque un poco excesiva, nos demuestra que la inclinación adoptada para el carril es conveniente, pues una inclinación menor conduciría á exagerados ensanches de la vía en las curvas, incompatibles con una buena rodadura de los vehículos, cuyo movimiento de lazo se aumentaría, produciendo oscilaciones y choques contra los carriles, que contribuyen al rápido deterioro de la vía en las curvas.

Juego de la vía.—Ensanche de la misma en las curvas.—En las alineaciones rectas, el ancho de la vía, como ya hemos dicho anteriormente, será el normal de 1 metro entre los bordes interiores de los carriles.

El juego total será de 26 milímetros, tanto para las ruedas de los vagones como de las locomotoras; de manera que la separación entre el borde interior del carril y la pestaña será de 13 milímetros.

A fin de facilitar la marcha en las curvas, es muy conveniente ensanchar en las mismas la vía.

No es posible determinar matemáticamente el valor de este ensanche y la experiencia es la única regla que en todos los ferrocarriles se adopta para fijarlo. En efecto, los radios de las ruedas, la distancia entre ejes de los vehículos, el juego de la vía, el de las placas de guarda, etc., son factores de los que en cada caso depende.

La fórmula anterior, que determina para cada curva el juego total necesario para que las dos ruedas de un mismo eje puedan recorrer sin deslizamiento las dos liras de carriles, puede aplicarse para obtener aproximadamente el ensanche que conviene dar á la vía en las curvas, aunque los resultados que se obtienen no pueden admitirse en absoluto, pues da cifras demasiado elevadas para las curvas de pequeño radio.

Haciendo el cálculo para las máquinas y vagones de la línea de Elgoibar á San Sebastián, en los cuales los radios medios de las ruedas son respectivamente $0^m,53$ y $0^m,35$, se obtienen los resultados siguientes:

	R=100	R=110	R=120	R=140	R=150	R=160	R=180	R=200	R=250	R=300	R=350
Máqui- nas. .	0'069	0'060	0'053	0'041	0'037	0'033	0'026	0'023	0'011	0'005	0'001
Vago- nes. .	0'036	0'031	0'026	0'018	0'016	0'013	0'009	0'003	»	»	»

Estos resultados demuestran que dada la diferencia entre los radios de las ruedas de las máquinas y vagones, es teóricamente imposible evitar el deslizamiento de las llantas en las dos clases de material.

Se deduce también del cuadro anterior que el ancho normal de la vía, sin ensanche, permite que las ruedas de las locomotoras puedan recorrer sin deslizamiento las dos filas de carriles de la curva de 350 metros de radio y las de los vagones las de las comprendidas entre 200 y 250 metros.

Los ensanches que resultan para las curvas de radios comprendidos entre 100 y 150 metros son excesivos, por lo cual hemos adoptado para éstas los comprobados ya por la experiencia como más convenientes en varios ferrocarriles de vía estrecha del extranjero y en la línea de Durango á Zúmarra, en la que durante los años que lleva de explotación se ha podido observar cuáles son los más convenientes para la buena marcha de los vehículos. Para los demás radios los ensanches serán los términos medios de los del cuadro anterior, habiendo fijado en definitiva las cifras siguientes:

Ancho de la vía.	
Curvas de 100 á 110 metros de radio.	1m,025
— de 120 á 150 id. id.	1m,020
— de 160 á 180 id. id.	1m,017
— de 200 id. id.	1m,015
— de 200 á 250 id. id.	1m,010
— de 250 á 300 id. id.	1m,005
— de 300 id. id. en adelante.	1m,000 el normal.

Peraltes en las curvas.—Son muy diversas, y varían en las diferentes líneas, las fórmulas empleadas para determinar el aumento de elevación del carril exterior ó peralte en las curvas.

La fórmula que da dicha elevación, establecida solo por la consideración de la fuerza centrífuga, y que es $\frac{ev^2}{gR}$, da resultados demasiado débiles para curvas de pequeño radio, y en varios ferrocarriles se ha adoptado

la empírica $\frac{V}{R}$ deducida de la práctica, y que da buenos resultados en los de vía normal.

En los de vía estrecha es preciso modificarla, multiplicándola por la relación entre los anchos de las vías, ó sea $\frac{1'00}{1'45} = 0'69$. Los valores así obtenidos por la fórmula $\frac{0'69V}{R}$ resultan demasiado fuertes para velocidades que excedan de 25 kilómetros.

En el ferrocarril de Hermes á Beaumont, que puede considerarse como tipo y modelo de los de vía estrecha por lo perfectamente estudiado en todos sus detalles, cuyas curvas mínimas son de 100 metros y las velocidades llegan hasta 40 kilómetros por hora, después de numerosas observaciones se han adoptado peraltes, cuyos valores son con mucha aproximación los deducidos de la fórmula $\frac{15}{R}$.

A continuación se indican las cifras que resultan aplicando esta última fórmula y los deducidos de la $\frac{0'69}{R}$ para velocidades de 30 kilómetros.

PERALTES

Fórmulas.	R =100	R =110	R =120	R =140	R =150	R =180	R =200	R =250	R =300	R =350	R =400	R =500	R =800	R =1000
$0,69 \frac{V}{R}$..	0'207	0'188	0'172	0'147	0'138	0'115	0'103	0'082	0'069	0'059	0'051	0'041	0'025	0'020
$\frac{15}{R}$	0'15	0'136	0'125	0'107	0'100	0'083	0'075	0'060	0'050	0'043	0'037	0'030	0'018	0'015

Los peraltes deducidos para la velocidad de 30 kilómetros por la primera de las fórmulas, son demasiado fuertes en las curvas de 100 á 150 metros de radio, por lo cual para estas curvas se adoptarán los que resultan de la segunda, los cuales se aproximan mucho más á los que la práctica ha demostrado ser los más convenientes en otras líneas de análogas condiciones, como sucede en la de Durango á Zumárraga, en las que los peraltes de las curvas de 100 metros no excede de 0,14.

Para otros radios superiores á 150 metros las diferencias son mucho más pequeñas y pueden aplicarse los términos medios de las cifras obtenidas por las dos fórmulas anteriores.

Hemos fijado, por lo tanto, para la línea de Elgoibar á San Sebastián los peraltes que se indican á continuación:

Radios.	Peraltes.
100	0'15
110	0'14
120	0'125
140	0'11
150	0'10
180	0'09
200	0'08
250	0'07
300	0'06
350	0'05
400	0'04
450	0'035
500	0'03
800	0'02
1.000	0'01

El peralte se obtendrá repartiendo el desnivel entre las dos filas de carriles, ó sea rebajando el nivel de la interior y elevando el de la exterior de una cantidad igual á la mitad del total.

La unión entre el nivel de los carriles en las rectas y curvas se hará por medio de curvas parabólicas, según el método recomendado por Mr. Conche en su tratado de ferrocarriles.

Cambios de vía.—Los cambios y cruzamientos serán de dos tipos. El primero se empleará en las vías principales, en donde los trenes pueden tener necesidad de pasar sin detenerse; el ángulo de cruzamiento es 8° y la curva del cambio 100 metros.

El segundo tipo se empleará en las vías de maniobra y apartaderos, y corresponde á una curva de 80 metros de radio con ángulo de cruzamiento de 9°.

Sus diversos elementos se han deducido de las fórmulas siguientes:

	Tipo n.º 1.	Tipo n.º 2.
Angulo de cruzamiento. $\alpha =$	8°, 3'	$\alpha =$ 9°
Radio de la curva $R = \frac{2e}{\text{tg} \alpha}$	100 mts.	80 mts.
Longitud del cambio $L = \sqrt{2Re}$	14'14 »	12'65 »
Idem matemática de las agujas $l = \sqrt{2R(0'054 + 0'05)}$	4'56 »	4'00 »

En estas fórmulas e es el ancho de la vía; 0'054 ancho de la cabeza del carril y 0'05 el intervalo entre el carril y contracarril en el cruzamiento.

Los corazones serán de acero fundido, y las agujas, contra-agujas, etcétera, de acero Bessemer, de igual calidad que el de los carriles. Las agujas resbalarán sobre cojinetes de fundición.

En cumplimiento de lo prevenido en Real orden de 29 de Febrero últi-

mo, las agujas serán de recubrimiento y las palancas de maniobras estarán provistas de discos indicadores de la dirección de las mismas, con su correspondiente farol de señales para las noches.

III

RESISTENCIA DE LAS TRAVIESAS

Presión del carril sobre la traviesa.—Las traviesas tienen, como hemos dicho, 0'20 de anchura; pero para tener en cuenta las imperfecciones de esquadria toleradas en su cara posterior, supondremos que el carril se apoye solamente en 0^m,14.

La superficie de contacto será en este caso $0'098 \times 0'014 = 0'01372$.

La carga máxima será la debida á la carga dinámica, que por cada rueda hemos visto es igual á 6615 kilogramos.

La presión por unidad de superficie referida al centímetro cuadrado será, por consiguiente,

$$P = \frac{6615}{1372} = 48'21 \text{ kg. por centímetro cuadrado.}$$

Esta presión, que puede considerarse como un máximo que no llegará á producirse nunca en la práctica por las razones que hemos expuesto al tratar de la resistencia de los carriles, no sería tampoco excesiva, puesto que la carga de rotura del roble está comprendida entre 420 y 700 kilogramos por centímetro cuadrado.

Apoyándose el carril sobre todo el ancho de la traviesa, la superficie de contacto será $0'098 \times 0'20 = 0^{\text{m}^2},0196$, y la presión por unidad

$$P = \frac{6615}{196} = 33'75 \text{ kg. por centímetro cuadrado.}$$

Presión de la traviesa sobre el balasto.—Las traviesas sobresalen por cada lado 0^m,473 del eje de los carriles. Suponiendo que la presión sobre el balasto se reparta en igual longitud á cada lado, ó sea en una longitud total de 0'946, como el ancho de la traviesa en su cara inferior es 0'20, la superficie de apoyo es

$$S = 0'20 \times 0'946 = 0^{\text{m}^2},1892.$$

Para la carga máxima de 6615 kilogramos, la presión sobre el balasto será

$$\frac{6615}{1892} = 3'45 \text{ kg. por centímetro cuadrado.}$$

Resistencia de la traviesa á la rotura.—En los cálculos anteriores he-

mos supuesto que la traviesa reparte la presión á una distancia de 0^m,473 á cada lado del carril.

Admitiendo que esta presión, como uniformemente repartida, puede reemplazarse por dos reacciones Q, distantes 0'475 y simétricamente situadas con relación al carril, las que tendrán por valor total la presión que el carril ejerce sobre la traviesa, ó sea

$$2Q = 6615 \text{ kg.}$$

Dichas reacciones dan lugar en la traviesa y debajo del carril á un aumento de flexión expresado por

$$M = \frac{Pl}{4} = \frac{6615 \times 0'473}{4} = 788,223.$$

El mayor esfuerzo soportado por las fibras de la madera es

$$R = M \frac{V}{I}$$

y como la sección más débil de la traviesa corresponde al máximo de la entabladura practicada para el asiento de los carriles, cuya profundidad es de 0'01, su grueso queda reducido á 0'13, y por lo tanto,

$$\frac{V}{I} = \frac{0'065}{\frac{1}{12} \times 0'20 \times 0'13^3} = 1775'180$$

de donde resulta

$$R = 787.223 \times 1775,18 = 139'75 \text{ kg. por centímetro cuadrado.}$$

El valor deducido para la resistencia de las fibras de la traviesa á la rotura, es próximamente igual á $\frac{1}{4}$ de la carga de rotura por compresión, hallándose, por consiguiente, el material en buenas condiciones; hay además que tener en cuenta que los esfuerzos á que han de estar sometidas las traviesas serán inferiores á la cifra obtenida, pues es evidente que la hipótesis admitida para el cálculo, y que consiste en suponer la traviesa á ambos lados del carril como apoyada en sus extremos y cargada en el centro, no se verifica nunca en la práctica, porque precisamente la parte situada debajo del carril es la que se batea y recalza siempre con más cuidado.

Bilbao 10 de Julio de 1892.

El Ingeniero Director,
JOSÉ L. TORRES VILDÓSOLA.

MADRID: 1893.

ESTABLECIMIENTO TIPOGRÁFICO DE GREGORIO JUSTE.

Calle de Pizarro, número 15, bajo.