

De esta suma de resistencias deducimos la aceleración debida á la pendiente de 5<sup>m</sup>/m.

En tales condiciones, los intervalos restantes los hemos tomado del modo siguiente:

- 4.º De 52 á 44 kilómetros por hora.
- 5.º De 44 á 36 id. id.
- 6.º De 36 á 28 id. id.
- 7.º De 28 á 20 id. id.
- 8.º De 20 á 12 id. id.
- 9.º De 12 á 4 id. id.
10. De 4 á 0 id. id.

Intervalos.	VELOCIDADES	Esfuerzo retardativo de los frenos.	Resistencia de contravapor.	Resistencia del tren.	Resistencia total efectiva.	Espacio recorrido.	Tiempo invertido.
	Kilómetros.	Kilogs.		Kilogs.	Kilogs.	Metros.	
1.º	60	»	»	»	»	50	3"
2.º	60 á 59,44	»	»	1.330	530	82,122	5"
3.º	59,44 á 52	2.543	»	1.257	3.000	194,614	12"
4.º	52 á 44	7.443	2.000	1.160	9.803	52,391	3",942
5.º	44 á 36	id.	id.	980	9.623	47,06	4"
6.º	36 á 28	id.	id.	822	9.465	45,60	4",083
7.º	28 á 20	id.	id.	742	9.385	27,22	4",076
8.º	20 á 12	id.	id.	651	9.274	18,47	4",115
9.º	12 á 4	id.	id.	564	9.207	9,13	4",154
10.	4 á 0	id.	id.	507	9.150	1,17	2",122
TOTAL. . . . .						527,777	46",882

Estos resultados y los de la parada con los frenos continuos los hemos expresado gráficamente en el dibujo que se acompaña.

X.

## FERROCARRIL DE BILBAO Á LEZAMA

El ferrocarril de Bilbao á Lezama, que se halla actualmente en construcción, tiene una longitud de 15 kilómetros; su estación de origen se establecerá dentro del casco de la población de Bilbao, en la plaza del Instituto, cuya cota sobre el nivel del mar es 12<sup>m</sup>,50; á los 1.450 metros del origen y en la cota 57<sup>m</sup>, se establecerá un apeadero próximo al santuario de la Virgen de Begoña, que es muy frecuentado por los vecinos de Bilbao y pueblos

contiguos; se establecerán además estaciones en Archando, San Roque, Videcruce, Derio, Zamudio y en Lezama, que es la de término de la línea, sin empalmar por ahora con otra alguna, si bien, dadas las favorables condiciones de tráfico en la región, no se hará esperar el enlace con alguna de las muchas líneas locales de aquella rica y afortunada provincia. El trazado sube constantemente desde su origen al monte Archando, que forma la divisoria entre el río Nervión y su afluente el Asua, con rampas de 0,00385 y una longitud de cuatro kilómetros, y desde la divisoria desciende casi sin interrupción hasta Lezama con pendiente de 0,027.

Hay 13 curvas con el radio mínimo de 80 metros y un desarrollo total de 2.081; las demás tienen radios de 100 ó más metros.

La inclinación máxima de las rasantes era, según el proyecto primitivo, de 40 milésimas por metro, tanto en la subida á la divisoria, como en la bajada á Lezama; pero el Ingeniero Director de las obras ha conseguido, mediante una mejor distribución de rasantes al hacer el replanteo, reducir aquel límite á 0<sup>m</sup>,038 para la subida y 0<sup>m</sup>,027 en la bajada.

La anchura de la explanación al nivel de la superficie de asiento para la primera capa de balasto es 3<sup>m</sup>,60 en los terraplenes y 4<sup>m</sup>,20 en los desmontes, incluidas las cunetas: el ancho de la vía es de un metro.

Las obras de fábrica más importantes son dos puentes metálicos sobre el río Asua de 12 y 7 metros de luz y algunos muros de sostenimiento con altura de 15 metros.

Las obras de esta línea se hallan muy adelantadas y quizá podrá abrirse al público en el próximo verano; la dirección de ellas se halla á cargo de nuestro compañero el distinguido Ingeniero de caminos, canales y puertos, D. José Luis Torres Vildósola, que tan acreditada tiene ya su competencia para esta clase de trabajos en otros ferrocarriles construidos en las provincias de Vizcaya y Guipúzcoa.

La especialidad característica del ferrocarril de Bilbao á Lezama es, á nuestro entender, la fuerte inclinación de sus rasantes, que exigirá un material motor y de transporte apropiado á esta clase de explotación y además una vía sólidamente establecida: á su debido tiempo daremos conocimiento á nuestros lectores del material móvil que ha de circular, y, por el momento, vamos á transcribir la Memoria del proyecto parcial para establecimiento de la vía, previa la venia que hemos pedido á su autor y que éste ha dispensado á la Redacción de la REVISTA, la cual se lo agradece de todas veras:

## MEMORIA

## I.

**Carril.**—En cumplimiento de lo dispuesto en la condición 8.<sup>a</sup> de la Real orden de aprobación del proyecto del ferrocarril de Bilbao á Lezama, el carril cuya sección y dimensiones principales se representan en la lámina núm. 126, tiene de peso 22,50 kilogramos por metro lineal

El perfil adoptado tiene la base bastante ancha á fin de aumentar la resistencia y disminuir los esfuerzos que se transmiten á la traviesa.

La superficie de contacto de las bridas es poco inclinada para facilitar el asiento de éstas, lo que permite al mismo tiempo aumentar la anchura de la base para un mismo peso del carril.

Las dimensiones principales de éste son las siguientes:

Altura total. . . . .	98 milímetros.
Ancho de la cabeza. . . . .	50 »
Espesor del alma. . . . .	11 »
Ancho en la base. . . . .	84 »

Angulo de la superficie de contacto de las bridas con la horizontal:  
 $Agx = 0,50 = 26^{\circ},34.$

Sección del carril, 2.880,59 milímetros cuadrados.

Peso del carril (suponiendo la densidad del acero 7,82) 22,50 kilogramos.

Distancia del centro de gravedad á la base, 49,50 milímetros

Distancia del centro de gravedad á la cabeza, 48,50 milímetros.

Momento de inercia, 0,000.003.574645.

Siendo el ancho de la vía entre los bordes interiores de los carriles un metro, su anchura de eje á eje será de 1<sup>m</sup>,05.

La relación de la altura á la semialtura de la base es de 2,33, cifra que está comprendida entre los límites extremos adoptados en varios ferrocarriles del extranjero, como puede verse en el siguiente cuadro:

	<u>Relación.</u>
Paris, Lyon, Mediterranée; tipo P. M. . . . .	2,00
Id. id. id. id. P. L. M. . . . .	2,60
Norte de Francia. . . . .	2,42
Colonia á Minden (1). . . . .	2,71

(1) Couche, *Explotación de los caminos de hierro*, tomo I, pág. 65.

## TRABAJO DEL METAL EN EL CARRIL

La sección del carril es de 2.880,59 milímetros cuadrados. Su centro de gravedad se encuentra á 49,50 milímetros de la base, y 48,50 milímetros de la cabeza. La mayor distancia á la fibra neutra es, pues,  $v = 49-50$  milímetros.

El momento de inercia de la sección es  $I = 0,000.003.574645$ .

Por consiguiente  $\frac{v}{I} = 13847,52$ .

Si consideramos el carril como un sólido empotrado en sus dos extremos, 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.

Las máquinas del ferrocarril de Bilbao á Lezama tendrán 27.000 kilogramos de peso, igualmente repartido sobre tres ejes acoplados, resultando, por lo tanto, para cada rueda, un peso de 4.500 kilogramos. La distancia entre los ejes de las traviesas será de 0<sup>m</sup>,80. El esfuerzo máximo del metal tendrá lugar en la base del carril, que trabajará por compresión, y su valor deducido de la fórmula anterior es 7<sup>k</sup>,385 por milímetro cuadrado, cifra nada excesiva y muy distante del límite que produce la rotura y hasta solamente una deformación permanente.

En los tramos de junta, admitiendo que una de las extremidades esté empotrada y la otra libre, el esfuerzo máximo está representado por la expresión  $0,1928 \frac{v}{I} Pa$ , y haciendo  $a = 0,50$  (ancho del tramo de junta), resulta el máximo esfuerzo 6,00 kilogramos por milímetro cuadrado.

Las experiencias de M. Fairbairn, citadas por M. Couche, han demostrado que el acero resiste mucho mejor á la compresión que á la rotura por extensión, y que estas dos resistencias están en la relación de 2,1 á 1.

Por consiguiente, teóricamente sería conveniente que la sección de los carriles estuviese estudiada de modo que las fibras extremas que trabajan por compresión, estuvieran más distantes del centro de gravedad que las que trabajan por tracción.

Si consideramos el carril como empotrado en sus dos extremos, el máximo esfuerzo de extensión de la cabeza tendrá lugar en los apoyos, y el de la base en el medio del tramo.

Como estos esfuerzos están representados respectivamente por  $0,148 \frac{v}{I} Pa$  en el primer caso, y  $0,125 \frac{v}{I} Pa$  en el segundo, resulta que teóricamente conviene aproximar el centro de gravedad de la cabeza del

carril, de modo que sus distancias á la cabeza y á la base estén en la relación de  $\frac{125}{148} =$  ó sea 0,844.

Se obtendría de este modo la igualdad entre los máximos esfuerzos á la tracción, en los apoyos y en el medio del tramo, y estos esfuerzos se reducirían al minimum.

En el carril adoptado para el ferrocarril de Bilbao á Lezama, la relación es  $\frac{48,50}{49,50} = 0,9$  y 9, que aunque es algo más que la teórica, se diferencia muy poco; resultando una buena repartición de esfuerzos, como puede verse en el cuadro siguiente, que contiene los máximos que sufren las fibras extremas del carril que estamos examinando, tanto en los apoyos como en el centro del tramo; suponiendo éste igual á 0<sup>m</sup>,80 (distancia máxima de las traviesas), y la carga móvil  $P = 4.500$  (máximo peso sobre una de las ruedas).

	$\frac{v}{I}$ $v = 0,0495$ distancia del centro de gravedad á la base.	$\frac{v}{I}$ $v = 0,0485$ distancia del centro de gravedad á la cabeza.	$I$ Momento de inercia.	MAXIMO ESFUERZO de extensión por milímetros cuadrados.		MAXIMO ESFUERZO de compresión por milímetros cuadrados.
$\frac{v}{I}$ $v = 0,0495$ distancia del centro de gravedad á la base.	$\frac{v}{I}$ $v = 0,0485$ distancia del centro de gravedad á la cabeza.	$I$ Momento de inercia.	En los apoyos. En el medio del tramo. $0,148 \frac{v}{I}$ Pa. $0,125 \frac{v}{I}$ Pa.	En los apoyos. En el medio del tramo. $0,148 \frac{v}{I}$ Pa. $0,125 \frac{v}{I}$ Pa.		En los apoyos. En el medio del tramo. $0,148 \frac{v}{I}$ Pa. $0,125 \frac{v}{I}$ Pa.
13.847,52	13.567,78	0,000.003.574.645	Kilogramos. 7,236	Kilogramos. 7,385		Kilogramos. 6,105

Vemos, por lo tanto, que el centro de gravedad está bien situado, pues las tensiones en el apoyo y en el centro difieren poco, y que el máximo corresponde á la compresión, resultado conveniente y de acuerdo con lo recomendado por la teoría y la práctica.

## BRIDAS

Las bridas serán igualmente de acero Bessemer y de la forma indicada en el dibujo correspondiente, hallándose en contacto con el carril solamente por los planos inclinados que las terminan superior é inferiormente. Tienen 380 milímetros de largo, 63 milímetros de altura total y 16 milímetros de espesor mínimo la lisa y 13 milímetros la acanalada. Cada brida tiene cuatro taladros de sección circular, cuyos centros están á 45 y 135 milímetros de las extremidades. Su diámetro es 18 milímetros. El diámetro de los taladros correspondientes de los carriles es de 20 milímetros, con objeto de que pueda tener lugar la dilatación de los mismos debida á las variaciones de temperatura. Por la misma razón, el taladro contiguo á la extremidad del carril tiene su centro á 52 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 las extremidades de los carriles un juego de seis 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 nueve metros y á las máximas diferencias de temperatura que tienen lugar en esta localidad.

El área de la sección del par de bridas es de 1.814,67 milímetros cuadrados y su peso 5,39 kilogramos.

El momento de inercia del par de bridas es  $I = 0,000.000.514$  y  $v = 0^m,0315$ , de modo que  $\frac{v}{I} 61.272,86$ . Para el carril hemos visto que

$\frac{v}{I} 13.847,52$ . La relación entre estas dos cantidades  $\frac{61.272,86}{13.847,52} = 4,41$  no

es excesiva, pues el carril P. L. M. del camino de hierro de Lyon es de 3,83, para el tipo P. M. 4,54, y por último, en los carriles y bridas del ferrocarril de Ergastiria la relación alcanza á la elevada cifra de 5,91.

Siendo el tramo de junta de  $0^m,50$ , el esfuerzo máximo de las fibras extremas del carril en el apoyo será:  $0,148 \times 4.500 \times 0,50 \times 13.847,52 = 4,61$  kilogramos por milímetro cuadrado. El máximo trabajo de las bridas será:  $4,61 \times 4,41 = 20,33$  kilogramos por milímetro cuadrado.

En muchos ferrocarriles, aun para bridas de hierro, da este cálculo cifras superiores y que en algunos llegan hasta 35 kilogramos por milímetro cuadrado de sección, sin que en aquéllas se haya producido ninguna rotura,

lo que prueba que este máximo es exagerado y no se realiza nunca en la práctica.

Si se supone que el carril obra como un sólido apoyado en sus extremos y empotrado solamente en uno de ellos, el trabajo de la sección no empotrada es nulo. En realidad, el esfuerzo de las bridas es intermedio entre los que resultan de una y otra de estas dos hipótesis, á causa de la flexibilidad de los apoyos.

La presión máxima que se ejerce entre el carril y las caras de contacto de las bridas, por unidad de superficie, está dada por la expresión:

$$\frac{12}{27} \frac{Pl'}{la^2 \operatorname{sen} \alpha} = 2,58 \text{ kilogramos por milímetro cuadrado.}$$

En la cual  $l' = 0,50$  (longitud del tramo de junta).

$P = 4.500$  kilogramos (peso máximo de cada rueda).

$e = 0^m,012$  (ancho de la cara de contacto).

$a = 0^m,19$  (semilongitud de la brida).

$\alpha = 63^\circ,26$  (ángulo que forma la cara de contacto con la vertical).

#### TORNILLOS

La tensión en los tornillos es igual á

$$\frac{12}{27} \frac{Pl'}{a} \left( \frac{1}{1gd} - f \right) = 1.590,83 \text{ kilogramos.}$$

Fórmula en la cual  $f = 0,20$  coeficiente de rozamiento, y los demás términos expresan las mismas cantidades que en la anterior.

Los tornillos tienen 16 milímetros de diámetro; el área de su sección es de 201,06 milímetros cuadrados, de modo que el trabajo máximo resulta de 7,91 kilogramos por milímetro cuadrado de sección.

#### PLACAS DE ASIENTO

Las placas de asiento son de dos clases; placas de juntas y placas intermedias.

Las primeras se colocarán en todas las traviesas de junta, de modo que servirán de apoyo á las extremidades de los dos carriles contiguos, y tienen por objeto, además de asegurar el empalme, oponerse al corrimiento longitudinal de los mismos en las pendientes. Sus dimensiones son: 160 milímetros de longitud en sentido del eje del carril; 150 milímetros de ancho y seis milímetros de grueso. El carril se sujetará á la traviesa por medio

de cuatro tirafondos en cada una de las juntas, para lo cual la placa tiene cuatro huecos de sección circular correspondientes á cada uno de los tirafondos. Su diámetro es de 20 milímetros, y su posición en sentido transversal está determinada de manera que las circunferencias son tangentes á la base del carril, á fin de que la superficie de contacto entre la cabeza del tirafondo y dicha base sea la mayor posible y se impida al mismo tiempo todo movimiento lateral de aquél.

Para impedir el ensanche de la vía, tiene la placa por uno de sus lados un reborde de tres milímetros de altura, el cual coincide exactamente con la arista exterior de la base del carril. Las placas se colocarán de manera que el reborde quede siempre situado del lado exterior de la vía.

La posición de los tirafondos en el sentido longitudinal, se ha fijado de modo que no corten las mismas fibras de la traviesa perpendicularmente á la vía, para lo cual la distancia entre los centros de los agujeros de las placas correspondientes á dos tirafondos opuestos, es por lo menos de 32 milímetros.

Las placas intermedias tienen la misma anchura y grueso que las de junta, pero su longitud es sólo de 80 milímetros. El carril apoyado en estas placas se sujeta á la traviesa por medio de dos tirafondos que atraviesan la placa, para lo cual ésta lleva los huecos circulares correspondientes á la posición de los tirafondos.

Aunque en la condición 8.<sup>a</sup> de la Real orden de aprobación del proyecto sólo se prescribe la colocación de placas en las curvas cuyo radio no exceda de 100 metros y en todas las que se hallen en pendientes fuertes, sin embargo, con objeto de dar más estabilidad y seguridad á la vía, se colocarán en todas las rectas y curvas del trazado. Las de junta en todas las traviesas de junta, y las intermedias en mayor ó menor número por cada carril, según los diferentes radios de las curvas, y distribuidas del modo señalado en los planos y de que daremos cuenta al tratar del asiento de vía.

(Se continuará.)

---

---

MADRID: 1892.

ESTABLECIMIENTO TIPOGRÁFICO DE GREGORIO JUSTE.

Calle de Pizarro, número 15, bajo.