SUPERSTRUCTURA

DE LA VÍA FÉRREA PARA TROCHA DE 1,000 M.

Por RAÚL CLARO SOLAR i RUPERTO ECHEVERRIA S.

INTRODUCCION

En nuestro estudio sobre la «Superstructura de la vía férrea para trocha de 1,680 m.» hemos examinado en detalle cada una de las cuestiones que se relacionan con los diversos elementos de la superstructura considerados en sí mismos i en vista de su establecimiento en la vía. Muchas de las observaciones que entónces formulamos revisten carácter jeneral i son, en consecuencia, aplicables no solo a las vías de trocha ancha sino tambien a las vías estrechas, si bien las conclusiones a que conducen deben atenuarse mas o ménos sustancialmente en vista de los caractéres propios a éstas últimas vías.

Las consideraciones anteriores justifican que en el presente informe hayamos prescindido de numerosos detalles, recordando a veces solo las conclusiones que deben tenerse presentes en el estudio de una cuestion dada i omitiendo otras veces definiciones o demostraciones que se suponen conocidas. Ese mismo criterio nos ha hecho condensar en forma de cuadros anexos los resultados que arrojan los cálculos justificativos de la superstructura tipo para vía de 1,000 m.

En consecuencia, para la perfecta intelijencia de este estudio, debe considerarse como complemento de él el informe a que al principio de esta introduccion aludimos.

CAPITULO I

CONSIDERACIONES JENERALES

1. *Tipo de superstructura en uso en los Ferrocarriles del Estado en Chile.*—Teniendo el presente informe por objeto el estudio de tipos jenerales de superstructura para el establecimiento de la vía de trocha de 1,000 m., es indispensable tener desde luego a la vista los tipos existentes.

Prescindiendo del riel de 14,75 k/m.[1] conservado durante algun tiempo en la línea de Serena a Elqui despues de su adquisicion por el Estado i mantenido hasta ahora en

una seccion de dieciocho kilómetros de largo en el Ferrocarril de Serena a Rivadavia, pueden distinguirse en nuestras vías férreas de 1,000 m. de trocha dos tipos de superstructura completamente distintos i a que corresponden los rieles de 20,446 k/m.[1] i 25 k/m[1].

Pero, como puede verse en el cuadro núm. 1, existe dentro de cada uno de estos tipos una variedad tan grande en lo que se refiere al establecimiento del conjunto de la superstructura que seria mui difícil precisar cuales son en definitiva las normas adoptadas.

Puede sí observarse que gradualmente se ha buscado el refuerzo de la vía, como lo manifiesta el reemplazo del riel de 20,446 k/m.[1] i de 6 m. de largo por el de 25 k/m.[1] i de 9,144 m. de largo, el alargamiento de las eclisas, el aumento del número de escarpias por durmiente, a lo ménos en las curvas, etc.

Por lo demas pueden aplicarse a estas vías las mismas observaciones que merecen el establecimiento i la conservacion de las líneas férreas de trocha ancha. (1)

Para definir, pues, la superstructura actualmente en uso en los Ferrocarriles del Estado de trocha de 1,000 m. creemos natural tener en vista el tipo mas reforzado, al cual se refieren los datos jenerales siguientes:

peso del riel, 25 k/m. (2)
largo normal del riel, 9,144 m.
peso del par de eclisas, 12,000 k.
largo de las eclisas, 0,545 m.
número de pernos para eclisas, 4.
fijacion de los rieles sobre el durmiente, 4 escarpias.
dimensiones de los durmientes, 1,800 × 0,200 m. × 0,125 m.
número de durmientes por kilómetro, 1.313.
espesor total del lastre en el eje de la vía, 0,400 m.

El riel es de zapata; las eclisas tienen seccion cantonera i realizan una juntura al aire; los durmientes son escuadrados i reciben directamente los rieles sin interposicion de órgano alguno. Pero debe observarse que en las curvas estrechas se aumenta de 4 a 6 el número de escarpias por durmiente i que aun se ha solido colocar cantoneras de detencion para oponerse al ensanche i al avance de la vía, como se ha hecho en los ferrocarriles de Serena a Rivadavia i de Vilos a Choapa.

Como material de construccion se ha usado el acero para los rieles, eclisas i pernos, el fierro para las escarpias i la fundicion para las cantoneras de refuerzo en las curvas; los durmientes son en jeneral de roble pellin, empleado en estado natural; por fin, el lastre es de calidad variable, dándose preferencia al lastre de pozo tal como sale de la cantera.

2. *Crítica de la superstructura adoptada por los Ferrocarriles del Estado en Chile.* —En vista de los datos jenerales relativos a las superstructuras de las vías férreas consignadas en el cuadro núm. 1 i teniendo presentes las condiciones a que debe satisfa-

(1) Superstructura de la vía férrea para trocha de 1,68 m. (*Anales del Instituto de Injenieros de Chile*). 1904.

(2) En realidad, el peso efectivo de este riel, con densidad de 7,8, es igual a 26 k/m.

cer una superstructura tipo, podemos apreciar los defectos de que adolece la superstructura actualmente en uso i las modificaciones que convendría introducir en ella.

Desde luego, el largo de 9,144 m. dado a los rieles puede aumentarse con ventaja, no habiendo tenido aquella lonjitud fraccionaria otra justificacion que el deseo de uniformar la lonjitud de los rieles en las vías de 1,000 m. i de 1,680 m., uniformidad que deja de realizarse desde que se ha llevado a 12 m. el largo del riel de trocha ancha. La seccion del riel puede igualmente modificarse en ciertos detalles, consiguiendo así un aumento no despreciable de su resistencia sin elevar su peso por metro corrido.

Análoga observacion puede formularse con relacion a las eclisas que, con un pequeño aumento en su lonjitud, se prestarán a la adopcion de un tipo de juntura mucho mas rijido.

Pero la crítica de mayor importancia que merece la superstructura que estudiamos es la que se refiere al apoyo directo del riel sobre los durmientes: como lo justificaremos en detalle mas adelante, tal disposicion es completamente inaceptable dado el perfil del riel i la naturaleza del material rodante en servicio pues las presiones que los rieles trasmiten a los durmientes sobrepasan enormemente al límite de elasticidad del roble pellin.

Se ve, pues, que la superstructura actual necesita de ciertas reformas de cuyo estudio detallado vamos a ocuparnos. Naturalmente, al emprender este estudio, debemos tomar en cuenta todos los detalles a que aquí no hemos podido referirnos, como ser el aumento del número de escarpias por durmiente, una mejor distribucion de los durmientes, una capa de lastre establecida en condiciones racionales en vista de la naturaleza de la plataforma, etc.; nos ocuparemos tambien de las calidades de los materiales empleados i del establecimiento de la superstructura.

CAPÍTULO II

CONDICIONES DE SOLICITACION DE LA SUPERSTRUCTURA

§ I. *Características de la esplotacion de los ferrocarriles del Estado*

1. *Material rodante.*—Para el estudio de toda superstructura debe tenerse en vista proporcionar la resistencia i la rijidez de la vía al conjunto de las condiciones de esplotacion i en primer término a la naturaleza del material rodante en servicio.

El material de traccion en uso en los Ferrocarriles del Estado de trocha de 1,000 m. puede clasificarse en dos grupos correspondientes a los servicios en que se le utiliza, en la forma siguiente:

locomotoras de pasajeros,

locomotoras de carga.

Los datos relativos a dicho material i que nos interesan para nuestro estudio han sido agrupados en el cuadro núm. 2; por otra parte, en la fig. 1 pueden consultarse los detalles de las llantas de las ruedas de las locomotoras en servicio.

Por lo que respecta al material de transporte lo distinguiremos en:
coches de pasajeros,
carros de carga.
agrupando los datos que a dicho material se refieren en el cuadro núm. 2.

2. *Observaciones acerca del material de traccion.* — Es interesante comparar el material rodante en uso en las líneas férreas del Estado con el que se emplea en algunos ferrocarriles estranjeros de trocha de 1,000 m. Por lo demas, bajo el punto de vista de las acciones solicitantes de la superstructura, bastará circunscribir esa comparacion a las locomotoras por cuanto los efectos que ellas producen sobre la vía son en el caso que consideramos superiores a los que determinan los ténders o el material de transporte.

Para realizar la comparacion que nos ocupa hemos agrupado en el cuadro núm. 3 las características de las locomotoras mas pesadas en uso actual. Pero debe observarse que, al tomar en cuenta las cifras de dicho cuadro, habrá que tener presentes las condiciones jenerales de establecimiento de las superstructuras respectivas, condiciones que se encuentran consignadas en el cuadro núm. 1. Así es fácil ver que el empleo de las locomotoras mas pesadas se realiza, como es natural, solo en aquellas líneas cuya superstructura es mas reforzada, líneas en que el peso del riel por metro corrido alcanza a 35 k. i aun a 38,5 k., como pasa especialmente en los ferrocarriles del Sur de Africa (1). Por el contrario, en aquellas vías en que el peso del riel es de 25 k/m. o ménos, la carga máxima de rueda no pasa de ordinario de 5,000 k.

El estudio de los cuadros a que nos hemos referido pone de manifiesto que, para superstructuras establecidas en condiciones análogas a las de nuestros ferrocarriles, no se ha pasado, como término medio, en las cargas de rueda de 1.000 k. por cada 5,2 k. de peso por metro corrido de riel; esta cifra es algo inferior a la de 6 k. que da Humbert en su Tratado de los ferrocarriles de interés local, para las líneas francesas de 1,000 m. de trocha, i está de acuerdo con la de 4,9 k. que la casa norte americana de Baldwin ha tomado como punto de partida para calcular el peso de sus locomotoras (2). Podemos, pues, aceptar, como criterio jeneral, que a cada 1.000 k. de carga de rueda corresponde en la práctica de la construccion un peso de 5 k/m. de riel.

Segun esto, la carga máxima de eje en nuestros ferrocarriles, que emplean un riel de 25 k/m. mas o ménos, debería ser igual a 10 ton. al paso que se ha llegado en la práctica a 12 ton. i quizás mas con locomotoras de peso total considerable como son las de la casa Lever Murphy i C.ª El cálculo de dicha superstructura manifiesta asimismo que la carga de rueda de 6 ton. produce en ella fatiga i deformaciones completamente inaceptables.

No es raro pues, que en la práctica las locomotoras a que nos referimos hayan dado resultados verdaderamente desastrosos bajo el punto de vista de la conservacion de la

---

(1) Railroad building in South Africa *(The Railroad Gazette)* Enero 1898, Mayo 1898, Agosto 1898, Setiembre 1898, Enero 1899. *Engineering*, Octubre 1897.

(2) HUMBERT, *Traité du chemins de fer d'interêt local.* 1893.

Baldwin.—Illustrated catalogue of narrow-gauge locomotives. Burnham Williams C.º 1897.

Edward Spring.—Permisible wheel-load per foot of wheel diameter and per inch of breadth of rail-head.—*(Minutes of proceedings of the Institution of civil Engineers).* 1903.

vía, como ha podido observarse especialmente en las líneas de Vilos a Choapa i de Serena a Rivadavia.

Por lo demas esta exajeracion en el peso de los motores no es solo característica de nuestros ferrocarriles pues en jeneral cabe observar que «existe una desproporcion manifiesta entre la resistencia propia de las vías estrechas i la cuantía de los esfuerzos a que se encuentran sometidas». (1).

Podria creerse que las cargas de rueda excesivas de las locomotoras construidas en los últimos años tienen su justificacion en la necesidad de realizar grandes potencias; pero, como lo observa Martin, el mismo resultado se habría conseguido multiplicando el número de ejes motores a cuya multiplicacion se prestan perfectamente los tipos de locomotoras mas perfeccionados (2).

En realidad, el error cometido no tiene justificacion i se debe esclusivamente a la circunstancia de no haber tenido en vista la construccion de la vía al proyectar el material de traccion. Es este olvido el que, en el artículo ántes citado, critica Puig en los términos siguientes: «el problema de la limitacion de las fatigas a que está sujeta la vía estrecha está en manos de los constructores de locomotoras, que, atentos solamente a la parte que atañe a su especialidad, olvidan con demasiada frecuencia que sus creaciones están destinadas a circular sobre vías, de las cuales es evidentemente permitido sacar todo el partido posible, pero cuya integridad es necesario respetar.»

Queda así demostrado que las locomotoras del tipo cuya construccion fué encomendada a la casa de Lever Murphy i C.ª son inadecuadas para circular sobre nuestros ferrocarriles de trocha angosta en actual explotacion.

Pero debemos ahora discutir si deben proporcionarse la resistencia i la rijidez del nuevo tipo de superstructura en estudio a las condiciones de aquel material.

Aceptar este criterio i proyectar en consecuencia la superstructura en vista de una carga máxima de rueda de 6 toneladas, tendria como resultado elevar desde luego el peso del riel a 30 k/m. mas o ménos, reforzando en consecuencia los demas elementos de la superstructura. Resultaria de aquí una superstructura notablemente costosa que, dada la estension enorme de vías de 1,000 m. que quedan por construir en nuestro pais, orijinaria desembolsos considerables. Si se tiene ahora presente que esos desembolsos no se justifican por cuanto potencias iguales o superiores a las de las locomotoras Lever Murphy i C.ª pueden obtenerse fácilmente con cargas de eje inferiores a 10 toneladas, si se considera además la posibilidad de emplear remolques en las fuertes gradientes, si se observa por fin que en la práctica se obtienen corrientemente con locomotoras livianas velocidades de 40 o mas kilómetros por hora, se llega a la conclusion de que no hai razon alguna que aconseje proyectar el nuevo tipo de superstructura para locomotoras con cargas de eje de 12 toneladas.

Estas consideraciones nos conducen a aceptar en el presente estudio para el valor máximo de la carga de rueda estática

---

(1) PUIG.—Nota relativa a las condiciones i capacidad de resistencia de las vías estrechas. *(Revista tecnolójico industrial)* 1895.

(2) MARTIN.—Les Locomotives à voie étroite *(Génie Civil)* 1903.

$$G = 5.000 \text{ k.}$$

3. *Velocidades.*—A falta de disposiciones reglamentarias, los itinerarios de los trenes de pasajeros manifiestan que la velocidad máxima en las vías de trocha de 1,000 m puede fijarse en 45 kilómetros por hora. Debe no obstante observarse que esa velocidad es exajerada, si se tiene en cuenta el diámetro de las ruedas motrices que llega como máximo a 1,016 m, pues a dicho diámetro D corresponde, segun la fórmula conocida,

$$V = 40\ D$$

una velocidad de 40,6 kilómetros por hora (1).

De todos modos, la velocidad de 45 kilómetros por ahora debe considerarse como un máximo que se reduce en fuerte proporcion en las secciones accidentadas, con curvas estrechas especialmente.

4. *Disposicion de la vía en plano i en perfil.*—El establecimiento en nuestro pais de las vías férreas de trocha de 1,000 m presenta caractéres mui variables en lo que se refiere a los accidentes de su trazado. Miéntras algunas de ellas, en especial los ramales transversales, pueden a veces establecerse con relativa facilidad, existen en cambio otras, como algunos tramos de la línea central, en que las dificultades de su establecimiento han exijido el empleo de gradientes mui exajeradas i de curvas escepcionalmente estrechas.

A la línea de Calera a Cabildo, por ejemplo, corresponden las cifras siguientes, que pueden considerarse como los valores límites a que se ha llegado en el establecimiento de las vías férreas de 1,00 m de trocha:

valor máximo de la pendiente.....	0,031
radio mínimo de las curvas.....	70 m

con la observacion de que la pendiente anotada corresponde a la inclinacion de la línea sin tomar en cuenta las curvas, que a veces coinciden con aquella.

En cambio, el estudio de esta cuestion manifiesta que una pendiente de 0,030 m i una curva de 100 m. de radio son accidentes de trazado que deben considerarse como límites prácticos i que solo escepcionalmente puede recurrirse a pendientes de 0,035 i aun de 0,040 i a curvas de 80 m de radio (2). Debemos, pues, mirar el caso a que

---

(1) HUMBERT.—*Traité des chemins de fer d'intertêt local* 1893.

MARTIN.—*Etude comparative entre la voie normale et la voie de 1 mètre.* 1897.

(2) LAVOINNE ET PONTZEN.—*Les chemins de fer en Amérique.* 1880.

SARTIAUX ET BANDERALLI.—La question des chemins de fer economiques. (R. G. des Ch de F.) 1883.

SARTIAUX ET BANDERALLI.—*Les chemins de la Corse.* 1884.

SARTIAUX ET BANDERALLI.—Des dispositions de voie, etc., des chemins de fer à voie de 1 mètre. (R. G. des Ch de F.) 1884.

COLE.—*Lights railways at home and abroad.* 1899.

MONEY.—The construction, equipment and workiug of lights railways. (M. of Inst. C. E.) 1896.

DONIOL.—Note sur la régiamentation et la rédaction des cahiers des charges des chemins de fer d'intêret local et des tramways (R. G. des Ch. de F.) 1899.

ántes nos referimos como excepcional i considerar que constituye un ejemplo que no debe imitarse.

Las observaciones anteriores nos conducen a fijar para las pendientes i las curvas los límites siguientes:

pendiente máxima admisible.....	0,040
radio mínimo de las curvas.....	80 m

Estas cifras no contemplan el caso en que una pendiente coincida con una curva. Entónces habrá que rebajar el máximo fijado para las pendientes en una proporcion equivalente a la resistencia suplementaria debida a la curva.

§ II.—Accion del material rodante sobre la superstructura

1. *Importancia de las acciones dinámicas en las vías de trocha angosta.*—Conocidos son los esfuerzos verticales, transversales i lonjitudinales que el material rodante ejerce sobre la vía, i la importancia que tales efectos alcanzan en las líneas de trocha ancha cuando se consideran las acciones dinámicas.

Desgraciadamente, las esperiencias que existen sobre el particular se refieren a esta última clase de vías, sin que se hayan aplicado, que sepamos, a las líneas de trocha angosta.

Por este motivo nos vemos obligados a proceder por comparacion, apreciando racionalmente la relacion que puede existir entre las acciones dinámicas en uno i otro grupo de vías.

Sobre este particular, observa Puig: «aun siendo la velocidad mui reducida en las vías estrechas, la carga dinámica procedente de la rotacion de los contrapesos de las ruedas motoras es perfectamente comparable con la que se enjendra en una locomotora de espresos, porque, aunque es corto el diámetro de las ruedas, su velocidad angular es próximamente igual a la de una locomotora de gran velocidad i la masa de los contrapesos es relativamente mucho mayor.»

«Todas las causas jenerales de perturbacion en la marcha obran con mucha mas enerjía relativa en las locomotoras de línea estrecha, i el estado de conservacion de la vía, aun suponiéndola en condiciones análogas de resistencia, será siempre mas esmerado en una línea de grandes velocidades que en una línea estrecha.»

I poco ántes dice: «prescindiendo de que en una línea económica siempre será relativamente deficiente el estado de conservacion de la vía, que por sus irregularidades ocasiona esfuerzos dinámicos de gran entidad, es incomparablemente mas elevada que en las vías anchas la tendencia de las locomotoras a enjendrar por sus propios esfuerzos movimientos de perturbacion considerables: a ello contribuye principalmente la excentricidad relativamente mui considerable de los puntos de accion de las bielas motoras i la escasa lonjitud relativa de estos órganos que enjendran por consiguiente esfuerzos oblícuos considerables en sentido horizontal, transversal como en el vertical.»

Por su parte Martin, afirma que «la locomotora esperimentará movimientos de la-

cet, de balanceo i de cabeceo bastante acentuados cuando siga una curva de 100 m de radio descendiendo pendientes de 0,025 a 0,030 (1).»

A su vez Ast (2), refiriéndose a la manera como Puig aprecia la importancia de las acciones dinámicas, observa que ella «parece mucho mas fundada cuando se trata de líneas de vía estrecha, en las que, por una parte, los motores tienen órganos mui volados tanto lateral como lonjitudinalmente i, por otra parte, la velocidad angular de las ruedas motrices no es inferior a la de los motores rápidos de las grandes líneas, i en fin, en las que, cediendo la vía mas fácilmente, produce reacciones mayores sobre los motores en movimiento.»

Por fin, Humbert (3), dice: «miéntras mas estrecha es la trocha mayor es el grado de oscilacion lateral producida por una desigualdad de la vía; mayor desigualdad habrá en las cargas sobre los resortes i por tanto sobre los dos rieles. La vía es, pues, mas fatigada.»

Estas observaciones manifiestan que hai acuerdo entre los injenieros que se han preocupado de la cuestion acerca de que «aunque se reduzca en proporcion notable la velocidad de marcha en las vías estrechas, debe admitirse que los coeficientes de variacion dinámica de las cargas son idénticos en esas líneas i en las de trocha ancha» (4).

2. *Avaluacion de las acciones que el material rodante ejerce sobre la vía.—a) Acciones verticales* De acuerdo con las conclusiones del número anterior i teniendo presentes los coeficientes de accion dinámica de las locomotoras, a que llegamos en nuestro estudio sobre las vías de trocha ancha, podemos fijar la recarga máxima de que se trata en 0,50 de la carga de rueda estática cuando se considera esta a plomo de un durmiente ¡ en 1,00 cuando se la considera entre dos durmientes (5).

Habiendo estimado ya el valor numérico de la carga máxima de rueda estática, tendremos para las acciones verticales que deben tomarse en cuenta en el cálculo de la superstructura las cifras siguientes:

Carga estática.....	=	5.000 k.
Carga dinámica:		
a plomo de los durmientes.....	1,50 × 5.000 =	7.500 k.
entre los durmientes.....	2,00 × 5.000 =	10.000 »

b) Acciones transversales. —Las acciones transversales se producen ya hácia el inte-

(1) SARTIAUX ET BANDERALLI —Les chemins de fer de la corse. 1883. *(Anexo de Martin).*

(2) Ast.—Note sur le mèmoire de l'ingenieur B Puig relatif à la capacité de service et de résistance de la voie étroite. (B. du C. des Ch de F.) 1896.

(3) HUMBERT.—*Traité de chemins de fer d'interêt local.* 1893.

(4) PUIG.—Nota relativa a las condiciones i capacidad de resistencia de las vías estrechas. *(Revista Tecnolójica Industrial.)* 1895.

(5) Para el cálculo de los durmientes puede interesar el valor máximo de la descarga que, por efecto de las acciones dinámicas, se produce en las ruedas de la locomotora, valor que alcanza de 0,70 de la carga de rueda estática. El peso mínimo trasmitido a los rieles por rueda será entónces:

$$0{,}30 \times 5000 = 1500 \text{ k.}$$

rior ya hácia el esterior de la vía i, segun sabemos, pueden estimarse respectivamente en 0,15 i 0,65 de la carga efectiva que la rueda ejerce sobre el riel en el instante considerado.

Debe observarse aquí que el último de aquellos esfuerzos no se trasmite íntegramente al riel por intermedio de la pestaña: una parte de él, igual a 0,15 de la carga de rueda, se gasta en vencer el rozamiento entre la rueda i el riel opuesto, i solo el resto o sea 0,50 de la carga de rueda obra sobre aquel.

c) Acciones lonjitudinales. — Hasta la fecha no ha podido fijarse ni aun de una manera aproximada la intensidad de las acciones lonjitudinales que el material rodante ejerce sobre la vía. Solo se ha comprobado que dichas acciones revisten suficiente importancia para que deba tomárselas en cuenta en el establecimiento de la superstructura, arbitrando los medios tendentes a anular sus efectos perjudiciales sobre la conservacion de la vía.

3. *Carga de riel.—a) Acciones verticales.*—En el número anterior hemos fijado los valores máximos de la carga G de rueda estática i dinámica: debemos ahora calcular las cargas de riel P o sea las presiones verticales máximas que los rieles trasmiten a los durmientes, presiones cuyo conocimiento es indispensable cuando se trata de calcular las fatigas del durmiente i la compre[illegible]n del lastre i de la plataforma.

El valor de P llega a un [illegible]o cuando la carga G se encuentra a plomo del durmiente que se considera. Pero aun entónces dicha carga G no se trasmite íntegramente al durmiente, pues la elasticidad del lastre i de los durmientes i la rijidez del riel intervienen para repartir parte de dicha presion sobre los durmientes vecinos: segun esto, aquel no recibirá sino una fraccion de la carga G, que variará con el modo de construccion de la vía i con la reparticion de las cargas de rueda.

La aplicacion de la teoría al estudio de este problema (1), en vista de la disposicion del material de traccion en uso en nuestros ferrocarriles i de la distribucion que se dará a los durmientes intermedios en la superstructura que estudiamos, arroja la conclusion de que el valor de P varia entre $0{,}72\ G$ i $0{,}43\ G$. Pero debe observarse que las locomotoras de ejes mas cargados son, por lo jeneral, aquellas en que el espaciamiento de los ejes es mayor i que, para el cálculo de una superstructura, se parte de las cargas de eje máximas, lo que indica que no es lójico aceptar para P el valor máximo que se obtiene, en el caso de ejes mui próximos: mas natural será darle un valor intermedio, i por este motivo lo hemos fijado en

$$P=0{,}60\ G$$

No estará de mas observar aquí que la importancia relativa de las cargas de riel es mucho mas considerable en la vía de 1,000 m que en las líneas de trocha ancha: en efecto miéntras en aquella hemos obtenido para P un valor igual a 0,60 de la carga de rueda, en la vía de 1,680 m, llegamos a un valor de P igual a $0{,}45\ G$. Resulta de aquí que, si

(1) Ast.—Relation entre la voie et le matériel roulant. (B. du C. des Ch de F.) 1892.

Puig—Nota relativa a las condiciones i capacidad de resistencia de las vías estrechas. (*Revista Tecnolójico. Industrial.*) 1895.

bien las cargas G son notablemente menores en las vías estrechas, no sucede otro tanto con las cargas de riel, lo que esplica las condiciones relativamente desfavorables en que se encuentran colocados en ellas los durmientes, el lastre i el terreno de fundacion.

Por lo demas, este resultado es perfectamente lójico pues, miéntras la distancia entre los durmientes es mui comparable en una i otra clase de vías, el espaciamiento entre los ejes de las locomotoras es notablemente menor en las de trocha angosta; i es sabido que el valor de P será tanto mas considerable cuanto mayor sea el espaciamiento de los durmientes i menor la distancia entre los ejes motores.

Dando a G los valores correspondientes, tendremos:

para la accion estática

$$G = 5.000 \text{ k.}$$

$$P = 0{,}60 \times 5.000 = 3.000 \text{ k.}$$

para la accion dinámica

$$G = 7.500 \text{ k.}$$

$$P = 0{,}60 \times 7.500 = 4.500 \text{ k.}$$

b) Acciones transversales. — Conocemos ya el valor de los esfuerzos transversales que la rueda trasmite al riel. Debemos ahora precisar qué fraccion de tales esfuerzos es trasmitida por el riel a los durmientes.

Admitiendo para la reparticion de las acciones transversales sobre los durmientes la misma hipótesis hecha al considerar las cargas verticales, concluimos que los esfuerzos transversales H que un durmiente dado recibe pueden estimarse en $0{,}15\ P$, cuando obran hácia el interior de la vía, i en $0{,}50\ P$, cuando lo hacen hácia el esterior.

Segun esto tendremos:

hácia el interior de la vía

$$H = 0{,}15\ P = 675 \text{ k.}$$

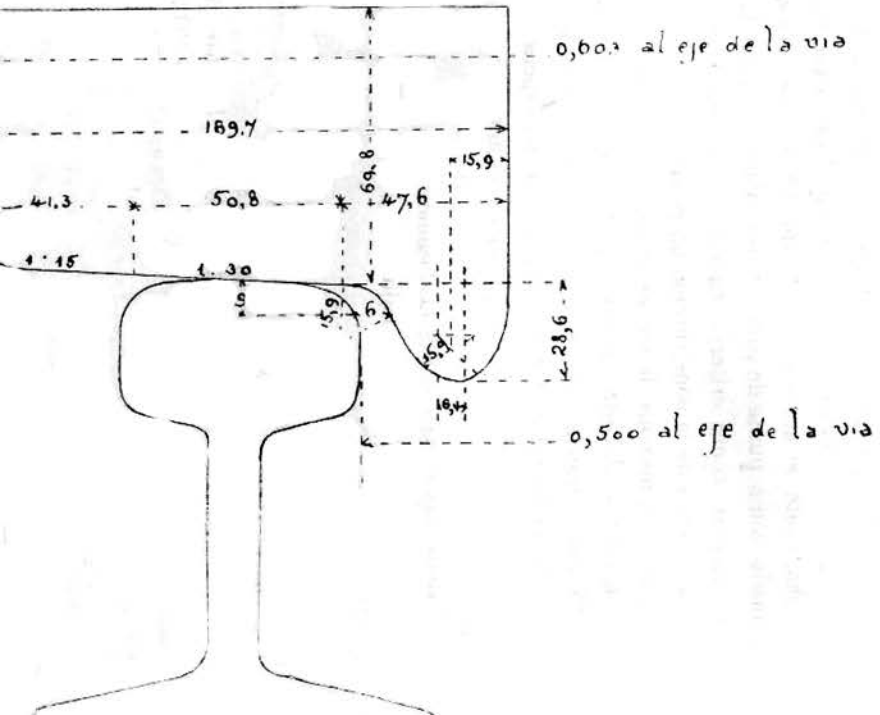
hácia el esterior de la vía

$$H = 0{,}50\ P = 2.250 \text{ k.}$$

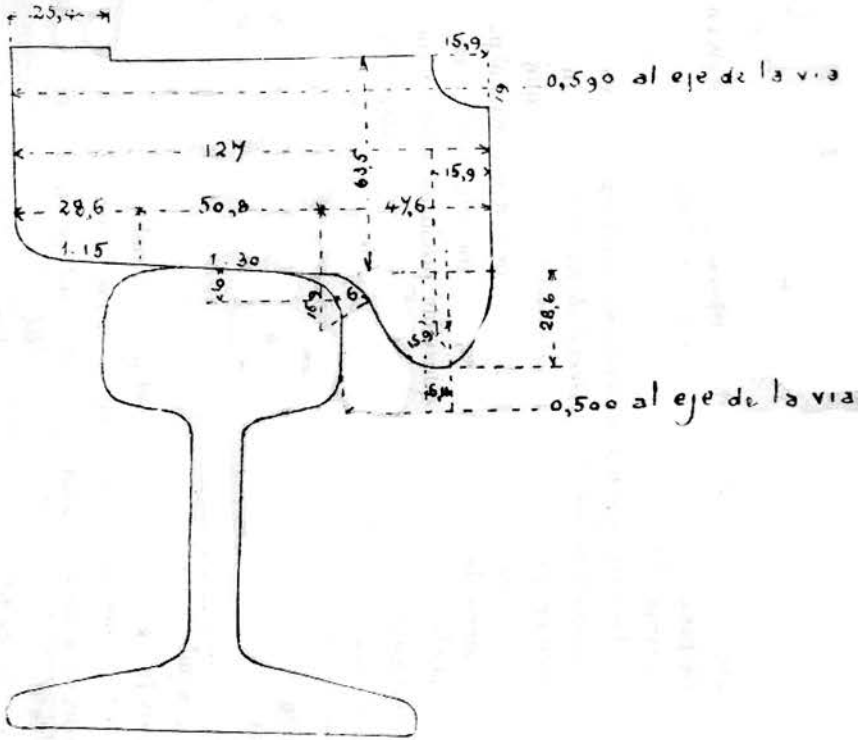
(Continuará)

Secciones de las llantas

Locomotoras



Coches y carros



CUADRO NÚM. 2

Material mas pesado de los Ferrocarriles del Estado de Chile

MATERIAL DE TRACCION

DESIGNACION	LOCOMOTORAS			
	Locomotoras de pasajeros (2)	Locomotoras de carga	Locomotoras de montaña	
Fábrica constructora	Lever Murphy	Creusot	Rogers	Lever Murphy(2)
Tipo (1)	4-6-0	2-8-0	2-8-0	4-6-0
Base rijida de las ruedas, en m.	3,710	3,180	3,710	3,710
Peso total en servicio, en k	40.000	28.000	36.000	44.000
Peso adherente, en k	32.000	24.000	33.300	36.000
Carga máxima de rueda, en k.	5.334	3.500	4.550	6.000
TENDERS				
Fábrica constructora	Lever Murphy	Creusot	Rogers (2)	Lever Murphy
Tipo	de ejes independientes	de bogies	de bogies	de ejes independientes
Número de ruedas	6	8	8	6
Peso total en servicio, en k	21.000	17.800	22.000	21.000
Carga máxima de rueda, en k.	3.500	2.225	2.750	3.500

MATERIAL DE TRASPORTE

DESIGNACION	COCHES I CARROS		
	COCHES DE PASAJEROS		CARROS DE CARGA
	Coches de 1.ª	Coches de 3.ª	Rejas para ganado
Número de ruedas	8	8	8
Peso total, en k	14.100	15.500	23.000
Carga máxima de rueda, en k.	1.762	1.937	2.875
Tipo	de bogies	de bogies	de bogies

(1) Segun la notacion adoptada, la primera cifra indica el número de ruedas directrices, la segunda el de ruedas motrices i acopladas i la tercera el de ruedas de atras.
(2) Las cifras relativas son solo aproximadas, por no existir datos exactos.

CUADRO NÚM. 3

LOCOMOTORAS I TÉNDERS MAS PESADOS EN 1904

NÚMERO	ADMINISTRACIONES	LOCOMOTORAS				OBSERVACIONES
		Tipo (1)	Peso total, en k.	Peso adherente, en k.	Carga máxima de rueda, en k.	
	Arjentina					
1	Ferrocarril Trasandino por Uspallata	2-6-2	37.500	30.150	5.025	Locomotora ténder.
	Béljica					
2	Ferrocarriles vecinales de Béljica.....	2-6-0	30.000	24.000	4.000	»
	Brasil					
3	Ferrocarriles secundarios	4-6-0	34.595	27.695	4.615	Ténder de 8 ruedas con peso total de 29,4 ton. i con carga máxima de rueda de 3.675 k.
	Chile					
4	Ferrocarril de Tocopilla a Toco.....	0-12-0	60.450	60.450	5.040	Locomotora ténder. — La carga máxima de rueda es de 5.750 k.
	Ejipto					
5	Ferrocarriles Ejipcios	4-4-0	33.370	22.930	5.730	Ténder de 6 ruedas con peso total de 28,4 ton. i con carga máxima de rueda de 4.730 k.
	Etiopía					
6	Ferrocarril de Etiopía	2-6-0	29.200	25.200	4.200	Ténder de 8 ruedas con peso total de 23,5 ton. i con carga máxima de rueda de 2.940 k.
	Francia					
7	Sociedad Jeneral de los Ferrocarriles Económicos.....	2-6-0	27.500	23.400	3.900	Locomotora ténder.
8	Compañía de los Ferrocarriles Departamentales.....	0-12-0	45.600	45.600	3.800	» »
9	Compañía de los Ferrocarriles Departamentales del Sur (Indre et Loire).....	2-6-0	22.400	17.100	3.000	» »
10	Compañía de Ferrocarriles del Sur (Côte d'or).....	2-6-0	35.600	29.000	4.835	» »
11	Ferrocarril de Hermès à Beaumont.....	0-6-2	23.700	20.000	3.500	» »
12	Ferrocarril de Saint Just à Mornant.....	2-6-0	32.300	27.300	4.550	» »
13	Tranvías de Loir et Cher.....	0-6-0	14.700	14.700	2.450	» »
14	Ferrocarriles de Córcega	0-8-0	33.200	33.200	4.150	» »
15	Ferrocarril de Moktá-El-Hadid.....	0-6-0	21.000	21.000	3.500	» »
16	Ferrocarriles de Túnez.....	0-8-0	36.000	36.000	4.500	» »
17	Ferrocarril de Senegal.....	0-6-0	22.000	22.000	3.667	» »
	Grecia					
18	Ferrocarril de Ergastiria.....	0-6-0	23.000	23.000	3.920	» »
	Imperio Británico					
19	Ferrocarriles de Sudan	2-6-0	39.400	33.820	5.635	Ténder de 8 ruedas con peso total de 35,9 ton. i con carga máxima de rueda de 4.490 k.
20	» del Estado del Cabo	4-4-2	45.900	25.000	6.250	Ténder de 8 ruedas con peso total de 28 ton. i con carga máxima de rueda de 3.500 k.
21	» de Uganda	2-6-0	29.465	25.200	4.200	Ténder de 6 ruedas con peso total de 18,3 ton. i con carga máxima de rueda de 3.060 k.
22	Ferrocarril de Nilgiri.....	2-4-0	33.000	26.000	6.500	Locomotora ténder.
23	Ferrocarriles del Estado Malayo.....	4-6-0	44.470	30.000	5.000	» »
24	» de Tasmania—Monte Lyell.....	2-4-0	23.500	20.000	5.000	» »
25	» de Nueva Zelanda	2-6-2	38.230	27.690	4.615	» »
26	» de Queensland	2-6-2	28.380	21.340	3.560	Ténder de 8 ruedas con peso total de 24,1 ton. i con carga máxima de rueda de 3.010 k.
	Italia					
27	Ferrocarril de Palermo a Corleone	0-6-2	24.690	18.900	3.150	Locomotora ténder.
	Japón					
28	Ferrocarriles del Estado Japonés-Formosa	2-4-2	36.780	23.840	5.960	» »
29	» » » » Kioto a Tokio..	4-6-0	45.450	37.590	6.265	» »
	Noruega					
30	Ferrocarriles del Estado Noruego	4-4-0	33.370	22.930	5.730	Ténder de 6 ruedas con peso total de 28,4 ton. i con carga máxima de rueda de 4.730 k.
	Paises Bajos					
31	Ferrocarriles de las Indias Holandesas.....	0-4-2	25.260	16.960	4.240	Locomotora ténder.
32	» de Sumatra.....	2-6-0	34.000	29.100	4.850	» »
	Rusia					
33	Ferrocarril de Moscow—Jaroslav	0-12-0	47.000	47.000	3.915	» »
	Suiza					
34	Ferrocarril de Overland Bernois	0-6-0	28.700	28.700	4.785	» »
35	» de Saint Gall	0-4-2	34.600	23.060	5.765	» »
36	» de Viège a Zermatt	0-4-2	29.000	20.500	5.125	» »
	Turquía					
37	Ferrocarril de Beyrouth—Damasco.....	2-6-0	45.000	36.000	6.000	» »

(1) Segun la notacion adoptada, la primera cifra indica el número de ruedas directrices, la segunda el de ruedas motrices o acopladas i la tercera el de ruedsae atras.