



La Dirección y la Redacción de la REVISTA TECNICA no se hacen solidarias de las opiniones emitidas por sus colaboradores.

SUMARIO — La preparación matemática de los Ingenieros, por el Prof. **Pablo Stackel**. — FERROCARRILES; Cálculo y prueba de los puentes de Ferrocarriles (continuación), por el Ingeniero **Bernardo Laurel** — Perfiles transversales de la vía (aprobados por decreto de Abril 19 de 1916). — HIDRAULICA: Diques de Carena últimamente construidos en Italia, por el Prof. Ingeniero **Luis Luigi**. — ELECTROTECNICA: Reglamento de cruces de conducciones eléctricas con Ferrocarriles, por el Ingeniero **Bernardo Laurel**.

LA PREPARACION MATEMATICA DE LOS INGENIEROS

INFORME PRESENTADO A LA CONFERENCIA INTERNACIONAL DE ENSEÑANZA MATEMATICA, CELEBRADA EN PARIS DEL 1º AL 4 DE ABRIL DE 1914.

Pocos meses antes de estallar la actual conflagración Europea, reuníanse en París notabilidades del mundo matemático para ocuparse exclusivamente de la especialidad a la cual responde la institución de la conferencia internacional de enseñanza de esta materia. Uno de los más importantes trabajos presentados lo fué la memoria general, del Profesor Pablo Stäckel, de la Universidad de Heidelberg, trabajo que provocó una larga discusión con motivo del análisis que de él hizo una eminencia matemática, el Profesor de la Escuela Politécnica M. Maurice d'Occagne, en la cual tomaron parte, además del mismo Profesor Stäckel, otros conocidos especialistas. Hallándose actualmente en discusión en nuestra Facultad de Ingeniería (C. E. F. y N.) los nuevos programas de matemáticas, consideramos oportuno la publicación del informe del Profesor Stäckel, en el cual hallarán los lectores de REVISTA TÉCNICA sintetizadas las ideas y prácticas que rigen en esta enseñanza en los países donde ella ha llegado a su más alto grado de adelanto. — N. DE LA D.

I. *Generalidades.* — No es por casualidad que la Comisión Internacional de Enseñanza Matemática ha inscripto en la orden del día de su reunión en París la cuestión de la *preparación matemática de los Ingenieros*. Es en París, en efecto, que se halla la Escuela Politécnica, esta obra característica de la primera República, institución que durante 120 años ha hecho honor a su noble divisa: Por la Patria, las ciencias y la gloria.

Era una idea verdaderamente nueva la que halla su expresión en la ley de Septiembre de 1794, y que reclamaba una educación teórica uniforme para todos los jóvenes deseosos de entrar en ciertos cuerpos militares o civiles, la artillería, el de ingenieros, las minas, las construcciones navales, los puentes y calzadas, etc. Para alcanzar este objeto, se creó al lado de las Escuelas especiales de fundación anterior tales como la Escuela de Minas, la de Puentes y Calzadas y otras, la Escuela Politécnica. La organización de esta Escuela ejerció una influencia du-

radera sobre la Enseñanza de las matemáticas y sobre la preparación matemática de los ingenieros del mundo entero.

De una manera general, hallamos, respecto de la preparación de los ingenieros, dos sistemas. La mayoría de los países han adoptado para sus escuelas el sistema de organización puesto en vigor a mediados del Siglo XIX en Karlsruhe y Zurich; son las universidades técnicas, «Technische Hochschulen». Lo que caracteriza estas escuelas, es la presencia de una sección consagrada a las ciencias generales, sobre el modelo de la Escuela Politécnica, precediendo otras secciones especiales para los arquitectos, los ingenieros propiamente dichos y los químicos. En muchas partes se hallan igualmente secciones para las construcciones navales, las minas, las aguas y bosques, la agricultura y, en fin, para la preparación de los profesores de matemáticas y de ciencias físicas y naturales. En estos países, se concede gran importancia a la reunión de las diferentes secciones en un

sólo conjunto, pues se piensa que escuelas especiales aisladas corren el peligro de languidecer si se les destina, sobre todo, la preparación de funcionarios del Estado. En el segundo sistema, son las mismas universidades, ya utilizadas para la preparación de carreras liberales, que se encargan de la enseñanza teórica de los ingenieros. Con la creación de nuevos institutos, emprenden igualmente un estudio más extendido de determinadas ramas técnicas. El primer sistema se halla en vigor en Alemania, Austria, Dinamarca, España, Holanda, Hungría, Noruega, Rusia y Suecia. Naturalmente, existen también en estos países, además de las Universidades técnicas, otras escuelas especiales, como las Academias de Minas y Bosques en Alemania, la Escuela de Vías y Comunicaciones y la Escuela de Minas en San Petersburgo.

En Francia, a parte de la Escuela Politécnica que depende del Ministerio de la Guerra, hay Escuelas superiores que dependen del Ministerio del Comercio y de la Industria o del Ministerio de Obras Públicas. Son la Escuela Central de Artes y Manufacturas, El Conservatorio de Artes y Oficios en París, la Escuela de Minas, la Escuela de Puentes y Calzadas, las Escuelas de Artes y Oficios. Estas escuelas forman ingenieros para la industria privada, las compañías de ferrocarriles, etc., al igual que para las Administraciones públicas.

La Escuela Central recluta la mayor parte de sus alumnos en los liceos. El Conservatorio de Artes y Oficios los recluta más bien entre los Contra maestros o los ingenieros ocupando ya situaciones en la industria y que desean perfeccionarse.

Desde la reorganización de las Universidades francesas (1897) que dependen del Ministerio de Instrucción pública, varias de ellas han organizado una enseñanza técnica superior complementaria de la enseñanza teórica. Es sobre todo en los ramos de la química, de la electricidad y de la mecánica que se ha desarrollado esta enseñanza técnica. Citemos, especialmente, las Universidades de Grenoble, Nancy, Lila y Tolosa.

En Inglaterra, la enseñanza de los ingenieros se ha desarrollado más tarde que en los países continentales. Es sólo hacia fines del Siglo XIX. que se han organizado cursos técnicos complementarios de la enseñanza teórica de las Universidades. En 1907, se ha fundado el Colegio Imperial Técnico en Londres, instituto análogo a las Universidades técnicas; sin embargo, los jóvenes tienen la costumbre de ingresar a trabajar en los talleres inmediatamente después de terminados sus estudios teóricos, y sólo una parte de éstos vuelven al Colegio para completar sus estudios técnicos.

La Suiza posee una Escuela politécnica técnica federal en Zurich y una Facultad técnica en la Universidad de Lausanne. Antes, en Italia, la preparación teórica de los futuros ingenieros comprendía dos años de Universidad, seguidos

de tres años de estudios en una escuela de aplicación o en una sección técnica de una Universidad. Además, había una Universidad técnica en Milán, fundada por Brioschi. Recientemente, se han agregado Universidades técnicas completas con cinco años de estudios en Torino y en Pádua.

En los Estados Unidos, donde una centena de Universidades se ocupan de la preparación de Ingenieros, hay aproximadamente un tercio de naturaleza francamente técnica; las demás son Universidades o colegios poseyendo, al lado de secciones técnicas, otras varias secciones. La memoria de la Subcomisión americana indica las ventajas que resultan de la reunión de estas diferentes secciones. Se señala la emulación recíproca de las diversas secciones, la posibilidad de procurarse mejores profesores para los establecimientos más importantes y de dotar más rícamente a los institutos y las bibliotecas, en fin, una base más amplia para la preparación de los estudiantes. Como inconvenientes, se constata que la enseñanza toma fácilmente un carácter abstracto y que los estudiantes se ocupan más de sports en las Universidades que en los Colegios separados. Puede agregarse que, muy recientemente, se han hecho tentativas en países poseyendo Universidades técnicas, en Dresden y en Innsbruck, para anexar la Universidad propiamente dicha a la Universidad técnica.

Algunas de las Universidades técnicas han sido en su origen simples escuelas especiales que habían sido fundadas para satisfacer las necesidades de la industria. Es sólo poco a poco que esas escuelas han adquirido su rango de academia y que se les ha confiado la preparación de funcionarios técnicos superiores del Estado. Este desarrollo progresivo está estrechamente ligado a la cuestión de la preparación anterior de los estudiantes. Esas escuelas especiales estaban generalmente provistas de escuelas preparatorias, cuya enseñanza estaba organizada en vista de la diversidad de direcciones a seguir ulteriormente; además, existían Escuelas independientes para la preparación de técnicos, como las escuelas profesionales provinciales en Prusia y las Escuelas industriales de Baviera. Es notable que las escuelas de esta naturaleza, a parte algunas excepciones, han desaparecido durante el curso del Siglo XIX, cuando en la opinión se ha ido arraigando que la preparación para las diversas carreras superiores debe ser siempre precedida de una enseñanza general permitiendo adquirir una educación que corresponda al actual estado de la cultura general. ¿Hasta qué edad debe extenderse esta instrucción general, y cuándo puede comenzarse a tomarse en consideración la individualidad del alumno?, son estas cuestiones difíciles que han sido discutidas durante los últimos años y sobre las cuales volveremos.

Por las razones que acaban de señalarse, se exige en todas partes, para el ingreso a una

Universidad técnica, la prueba de una preparación anterior tal cual se adquiere en una escuela media de modo que los jóvenes puedan comenzar sus estudios a la edad de 18 o 19 años. En el caso en que una preparación semejante no resultase probada por certificados oficiales, se puede, en muchos países, sustituirlos por un examen de ingreso en que las matemáticas son parte principal.

En Francia, la admisión a la Escuela Politécnica se hace por vía de concurso; los programas exigen conocimientos importantes en matemáticas especiales, en álgebra y en geometría analítica. La preparación para este concurso puede hacerse en una clase de matemáticas especiales, de un año mínimo, generalmente de dos años y que sigue a la clase de matemáticas elementales con que se termina la enseñanda secundaria. Otras clases de matemáticas especiales, organizadas en una forma análoga, preparan para la Escuela Central. Fuera de Francia, disposiciones semejantes sólo existen, parece, en Portugal.

En Alemania, se contempla cada día más favorablemente la idea de una transformación de la enseñanza de las últimas clases secundarias a fin de permitir a los alumnos el manifestar más libremente sus gustos e inclinaciones particulares y de facilitar el paso a la libertad académica de las universidades. A este pedido de reforma, débese agregar la de los ingenieros que quisieran se reconociese el derecho de suponer conocidos, desde la iniciación de los cursos matemáticos y físicos profesados en una Universidad técnica, los elementos, en una forma más amplia de lo que actualmente se hace. En Zurich, se ha llegado ya a no admitir sin examen, como estudiantes, sino a los alumnos que hayan alcanzado el grado de madurez en una escuela real Suiza reconocida por el Consejo de la Universidad, o teniendo una preparación equivalente; en cambio, los que sólo tienen la edad propia de un gimnasio clásico deben sufrir un examen complementario en matemáticas. En Rusia, los jóvenes que se presentan a la admisión son sometidos a una selección basada en parte sobre los certificados de madurez (*matúrité*) y en parte en los resultados de un curso sobre matemáticas, física y el idioma ruso.

Con las observaciones que acaban de hacerse, hemos abordado la discusión de la cuestión fundamental de la preparación matemática anterior de los estudiantes. Las respuestas obtenidas con motivo de los cuestionarios de la Subcomisión B demuestran que las opiniones sobre este tópico son muy diversas; el asunto merece mayormente, por consiguiente, que se le trate en una forma detallada en la discusión.

Existe, por de pronto, una opinión extrema que halla adherentes sobre todo entre los ingenieros mecánicos; éstos quieren hacer desaparecer de la

Universidad técnica la enseñanza de las matemáticas y de las ciencias físicas, relegándolas íntegras a las escuelas secundarias. Por ejemplo, el Profesor Kiedler, de Berlín, se ha quejado últimamente de que las Universidades técnicas no sean aún lo que debieran ser, debido al perjuicio que les causan los cursos de ciencias puras. que, a su juicio, sólo sirven a colmar las grandes lagunas de la preparación anterior. El informe de la Subcomisión suiza se ha expresado muy energicamente contra la idea de un estudio metódico del cálculo diferencial e integral en las escuelas secundarias. La Universidad técnica, se dice, no puede renunciar a retomar sus sujetos desde el principio, puesto que las bases matemáticas que han sido inculcadas en la enseñanza secundaria a los alumnos de las escuelas reales son demasiado poco seguras y difícil es que lo puedan ser más. Por otra parte, la diferencia de concepción y aún de notación puede hacer nacer la confusión y la incertidumbre. En fin, la experiencia demuestra que el aumento del campo de las matemáticas en la enseñanza secundaria se hace frecuentemente con detrimento de los elementos, es decir, del álgebra, de la trigonometría y de la geometría analítica, siendo luego, en parte, ésta la causa de la escasa seguridad que los alumnos demuestran frecuentemente en estas materias. En la sesión del mes de diciembre de 1913, la Comisión de la Enseñanza técnica, constituida por la Asociación de los ingenieros alemanes, que durante los tres últimos años ha examinado la cuestión de la enseñanza técnica bajo todas sus fases, formuló una resolución que importa señalar. Según ella, debe exigirse, de los nuevos estudiantes, además de la seguridad y de la habilidad en el uso de las matemáticas elementales, un conocimiento profundo, adquirido por una práctica bastante prolongada, de las nociones de variación de las dimensiones y de las funciones, comprendida la representación gráfica de las relaciones funcionales, así como las nociones de derivada y de integral aplicadas a ejemplos sencillos y claros. En contra, el estudio sistemático del cálculo infinitesimal está expresamente reservado a la Universidad técnica. En Francia, la cuestión es aún considerada de muy distinta manera. En la Escuela Politécnica y en la Escuela Central, se exige que los candidatos estén bien familiarizados con los elementos de las matemáticas superiores, pero esto, a fin de poder establecer sobre esta base una fuerte cultura matemática general. No se descuida, es cierto, el tomar en consideración las indagaciones matemáticas susceptibles de alcanzar importancia del punto de vista técnico en un inmediato porvenir, pero se cuida bien de que ello no perjudique a las partes fundamentales de la teoría.

(Continuará).

FERROCARRILES

Sección a cargo del Ing. Sr. Emilio Rebuelto

CALCULO Y PRUEBA DE LOS PUENTES DE FERROCARRILES

(Continuación - Véase el N° 296)

LAS CARGAS EQUIVALENTES UNIFORMEMENTE REPARTIDAS

1º *Momentos en el medio de la luz.* — Haremos $m=1$ ó sea $a''=a'=a$ y el valor de p queda reducido a:

$$p = \frac{1}{a} \left[\Sigma P_n - \frac{1}{a} \left(\Sigma P_n a_n - \frac{1}{2} P_{\omega} l_{\omega}^2 \right) \right]$$

para secciones bajo una carga. La condición de máximo requiere que esta carga constituya una fuerza mediana [véase fórmulas (2) y (3)], es decir, que las sumas de las cargas a uno y otro lado estén tan próximas a ser iguales, que si a una de ellas se le añade la del eje considerado, se obtiene la mayoría de las cargas sobre el puente.

Para poder aplicar la fórmula de una manera metódica y simple, hemos trazado el cuadro I que corresponde a un tren tipo de trocha de 1676 mm. Se supone cada uno de los ejes colocado sucesivamente en el centro de las luces crecientes, lo que da otras tantas líneas horizontales del cuadro. Se ve que para valores de $l=2a$ crecientes, los valores Σ quedan constantes mientras no entran nuevos ejes al puente, y cuando esto sucede, basta agregar un término nuevo a la suma precedente. Por lo tanto, mientras un mismo eje queda en el centro del puente y mientras no entren nuevos ejes, los cálculos de p se reducen a dos divisiones por el mismo valor a de la semiluz.

La construcción del cuadro I es, pues, muy simple: en cada línea horizontal y de ambos lados del eje se inscriben las abscisas a y las sumas de las cargas correspondientes y con ello se ve inmediatamente si la condición requerida para el máximo se satisface o no. Se indican con líneas llenas terminadas por flechas, las regiones donde cada eje es fuerza mediana. Los números de cada serie se deducen de la anterior por simples adiciones, lo que facilita la construcción.

Una vez establecido el cuadro, no queda más que elegir las fuerzas medias entre dos o tres ejes. En el cuadro II se indican los valores de p marcando con un asterisco los que pertenecen seguramente al contorno general de los máximos a considerar para el tren dado: se dan además numerosos ejemplos para otras luces intermedias.

Es fácil ver que los ejes inmediatos al tren de vagones dan aún un máximo de p para luces muy

próximas a $2a_{\omega}$. Por lo tanto, cuando las secciones se encuentran en el tren de vagones, es innecesario ensayar la fórmula (4') bastando emplear directamente la fórmula (6') que da el máximo y que para el caso especial que nos ocupa es:

$$p = P_{\omega} + \frac{1}{a^2} \left(\frac{1}{2} a_{\omega} \Sigma P_n - \Sigma_{\omega} P_n a_n \right)$$

La cantidad entre paréntesis se calcula una vez por todas y para el tren a que nos referimos es: 2316,57 de donde:

$$p = 7 + \frac{2316,57}{a^2}$$

2º *Momentos flectores en el sexto de la luz.* — Hemos dicho que esta sección puede tomarse como característica para apreciar el error máximo que se cometería aplicando el valor de p determinado para la sección del medio a todas las demás.

Haciendo en las fórmulas fundamentales $m=5$ resulta para las cargas aisladas

$$p = \frac{1}{a} \left[\Sigma P_n - \frac{6}{10a} \left(5 \Sigma P_n' a_n' + \Sigma P_n'' a_n'' - \frac{1}{2} P_{\omega} l_{\omega}^2 \right) \right] \quad 7)$$

y para secciones bajo el tren de vagones (con la condición del máximo, es decir $a_{\omega}=l-l_{\omega}$):

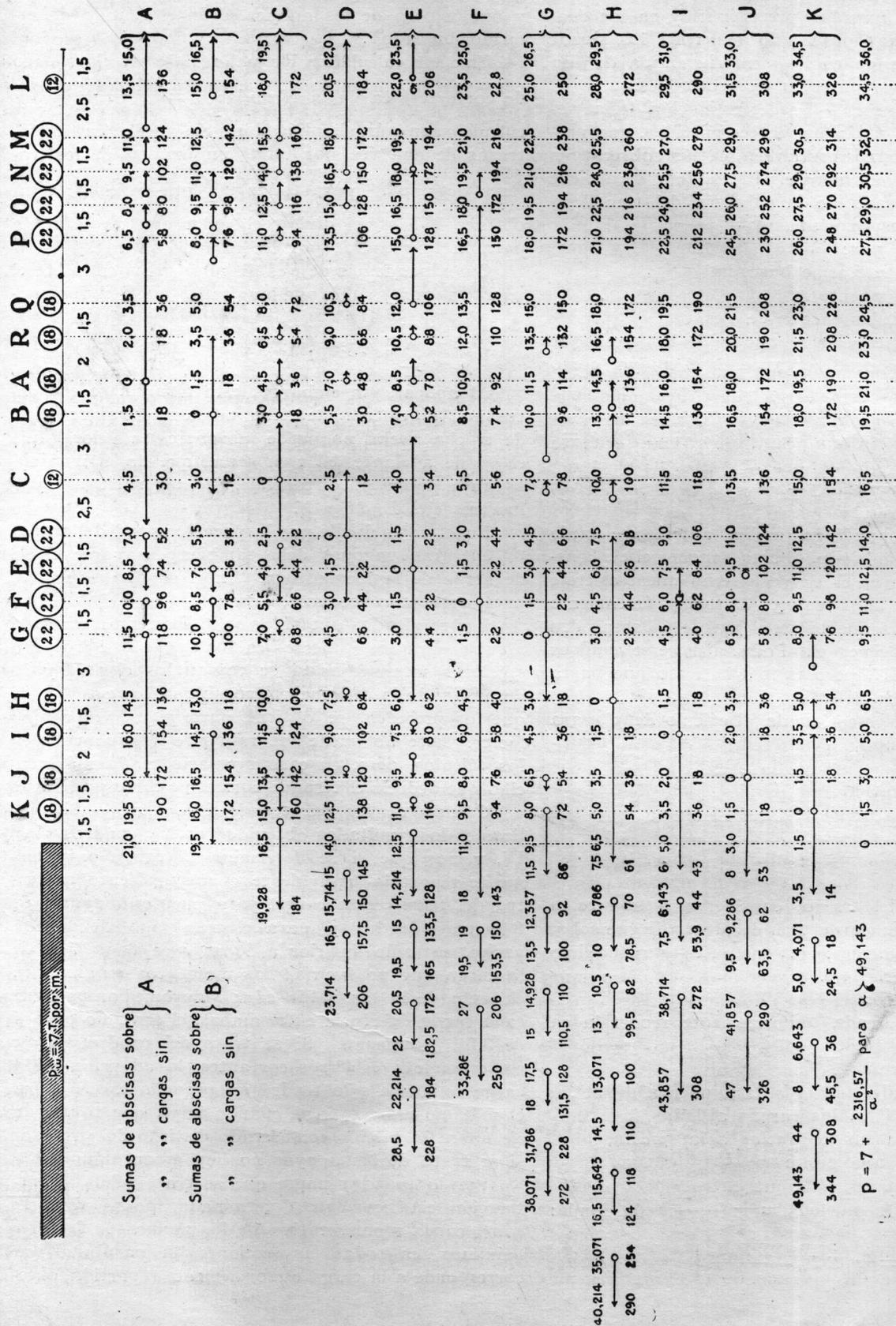
$$p = P_{\omega} + \frac{6}{2a^2} \left(\frac{1}{2} a_{\omega} \Sigma P_n - \Sigma_{\omega} P_n a_n \right)$$

Pero es inútil preocuparse de la aplicación de esta última fórmula, pues corresponde a luces tales que $l > (m+1) a_{\omega}$. Para el tren considerado resulta $l > 294 m$, es decir, que se trata de longitudes de tramos muy elevadas para las cuales es poco probable que haya que aplicar los métodos expeditivos de que nos ocupamos.

Para utilizar la otra fórmula, única pues que aplicaremos, supondremos, como en el caso anterior, que cada eje esté sucesivamente colocado en la sección del tramo, haciendo crecer la longitud de éste, de tal modo, que siempre se mantenga $a''=5a'$. Sabemos que los máximos se producirán cuando la suma de cargas a uno y otro lado de la sección están casi en la relación de 5 a 1. Se ha trazado, pues, un cuadro III donde las abscisas a' se han multiplicado por 5, así como las cargas de eje de ese lado: basta, para reconocer el máximo, verificar si hay paridad de una parte y otra de la sección de manera que la carga del eje colocado en la sección misma, se añada, con su valor, a la izquierda, y multiplicada por 5 a la derecha. Con los datos de este cuadro se ha

MOMENTOS FLECTORES - EJES A COLOCAR EN EL CENTRO DEL PUNTE

TREN TIPO PARA TROCHA DE 1676 m.



construido el cuadro IV que da los valores de p y cuya estructura responde al cálculo metódico de la fórmula (7). La única dificultad, pequeña por otra parte, es que será necesario hacer siempre un cálculo de abscisas: para luces pequeñas se da a' o a'' y se calcula l ; para luces grandes se da l en números redondos y se calcula a'' .

En todas las fórmulas precedentes y en los cuadros citados, hemos procurado mantener los signos y dispositivos usados en la memoria citada de von Leber, que nos han parecido irreprochables.

Esfuerzos cortantes.— La determinación de las sobrecargas ficticias uniformemente repartidas, que provocan iguales esfuerzos cortantes que las sobrecargas reales, es mucho más simple. El máximo se obtiene cuando un eje pesado de la cabecera del tren llega a la sección correspondiente.

Si designamos por:

p' ..., la carga unitormne buscada,

l ..., la luz del puente,

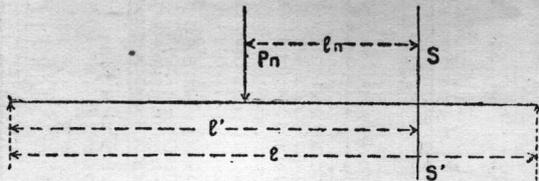
$P_1 P_2 \dots P_n$, las cargas de ejes,

$l_1 l_2 \dots l_n$, sus distancias al apoyo de la derecha, se tendrá, para el esfuerzo cortante en el apoyo, como carga uniforme equivalente:

$$p' = \frac{2}{l} \left(P_1 + P_2 + \dots + P_n \right) - \frac{2}{l^2} \left(P_1 l_1 + \dots + P_n l_n \right) = \frac{2}{l} \left(\sum P_n - \frac{\sum P_n l_n}{l} \right) \quad (8)$$

Esta fórmula, análoga a las anteriores, puede aplicarse del mismo modo. Basta suponer el eje constantemente puesto en el apoyo derecho mientras crece la luz del puente. Los valores Σ varían únicamente cuando entran ejes nuevos en el puente y bastan dos divisiones para obtener p' . Podrían hacerse cuadros análogos al I y III, pero es inútil puesto que basta ensayar 2 o 3 ejes.

Para extender esta fórmula al cálculo de p' , para



otras secciones del tramo, consideremos la sección SS' y que el primer eje del tren de prueba llegue sobre ella de manera que el esfuerzo cortante sea un máximo con respecto a dicho eje.

Si denominamos:

p' la carga buscada uniformemente repartida en la longitud l ,

l la luz del tramo,

l' la longitud del tramo a la izquierda de SS' ,

$P_1 P_2 \dots P_n$, las cargas aisladas,

$l_1 l_2 \dots l_n$, sus distancias a la sección,

V ..., el esfuerzo cortante

$$V = \sum \frac{l' - l_n}{l} P_n = \frac{1}{2} \frac{p' l^2}{l} \quad \text{de donde:}$$

$$p' = \frac{2}{l} \left(\sum P_n - \frac{\sum P_n l_n}{l} \right) \quad (9)$$

En esta fórmula p' es independiente de l , de modo que representa un caso particular de la anterior, hecho que puede enunciarse así:

“La carga uniforme p' por metro, equivalente a un tren dado, en cuanto al esfuerzo cortante en una sección cualquiera, no depende más que de la longitud l' sobrecargada comprendida entre la sección y uno u otro de los apoyos según el sentido del esfuerzo buscado”.

Una vez calculados los valores de p' , el esfuerzo de corte resulta de la fórmula: $V = \frac{1}{2} \frac{p' l^2}{l}$ y los cálculos son aún simplificados. Se puede, en efecto, trazar de una vez por todas un cuadro de los valores de $\frac{1}{2} p' l^2$ para todas las longitudes l' : para obtener V bastará dividir el valor que da la tabla para la longitud l' , por la luz l del puente.

Cuando además de ejes aislados graviten sobre el puente vagones sobre una longitud l_0 es fácil ver que:

$$p' = \frac{2}{l} \left[\sum P_n - \frac{1}{l} \left(\sum P_n l_n - \frac{1}{2} p_0 l_0^2 \right) \right] \quad (10)$$

Al aplicar, sin embargo, esta fórmula se encuentra una dificultad. Refiriéndonos a nuestro tren tipo de trocha ancha no puede afirmarse “a priori” que el eje de adelante del tren sea el que da el máximo a causa de su poco tonelaje. Es necesario ensayar los tres ejes L , M y N .

En el caso donde por la poca longitud del tramo no entraran vagones debe también ensayarse el eje de atrás de la locomotora. En el cuadro V hemos, pues, estudiado los varios casos.

Los resultados obtenidos se aplican sin restricción alguna para los esfuerzos en los apoyos. Pero para secciones intermedias si se toman los ejes M y N , despreciando la diferencia favorable de los ejes L y M que los preceden, se obtiene para p' un valor algo fuerte. Este no puede naturalmente influir mucho en los cálculos, pero, en caso necesario, nada más sencillo que deducir el término correctivo correspondiente.

Cálculo de los puentes de ferrocarril.— Si analizamos los resultados obtenidos en los cuadros II y IV, vemos que si se determina la carga uniformemente repartida equivalente correspondiente al centro del tramo, esta carga, para puentes mayores de 8 metros de luz y para el tren tipo de trocha ancha, es sólo inferior a lo más en 6 a 7 % de la carga que producirían los momentos máximos en el sexto de la luz. Más aún: si promediamos para cada luz la diferencia entre ambas, el error no pasará de 3,5 % solamente. Si se trata del cuadro V, que corresponde a esfuerzos cortantes, la adopción de la carga uniforme sólo tendrá un pequeño exceso sobre el máximo esfuerzo real, cuando haya que tomar un eje sobre la sección considerado distinto del primero: si se trata de los apoyos no hay error alguno.

Por lo tanto, siempre que se trate de una construcción estáticamente determinada, podrá tomarse como curva representativa de los momentos flectores máximos, en todas las secciones, la parábola que corresponde a la carga uniformemente repartida, obte-

nida por el centro de cada luz de puente o promediada con la del sexto de la luz, como acaba de decirse. Se confirma así el resultado que habíamos anunciado. El error que se comete, para los puentes de luz superior a 8 metros, es insignificante e inferior siempre a las tolerancias o incertidumbres que hay sobre el verdadero valor de los coeficientes de resis-

tencia, y los errores que ocasionan la rigidez de las uniones y otros factores difíciles de precisar.

Adoptada la carga uniforme, añadida a la acción del viento y del peso propio se tendrá finalmente una carga única, uniformemente repartida, que permitirá calcular con exactitud más que suficiente todos los cordones de un puente. Esta misma carga nos dará

TREN TIPO PARA TROCHA 1.676 m. Cuadro V

Cargas equivalentes para esfuerzos cortantes.

$$p = \frac{2}{l_n} \left[\sum P_n - \frac{1}{l_n} \left(\sum P_n l_n - \frac{1}{2} p_w l_w^2 \right) \right]$$

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | € |
|--|--------|------------|-----------|----------------|-------|-------------------------|---------------------|---------------------|----------|----------------------------------|----------|---------------|
| Abcisas l_n | Cargas | | $P_n l_n$ | $\sum P_n l_n$ | l_w | $\frac{1}{2} p_w l_w^2$ | (5)-(7) | $\frac{1}{l_n}$ (8) | (3)-(9) | Puntos singula- res. p! | Ejemplos | |
| | P_n | $\sum P_n$ | | | | | | | | | | |
| Eje G sobre el apoyo' (tren invertido'). | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 22 | 22 | | | | | | | | | | 7,5 = 16,640X |
| 1,5 | 22 | 44 | 33 | 33 | | | 33 | 22 | 22 | 29,333 | | 16,186X |
| 3 | 22 | 66 | 66 | 99 | | | 99 | 44 | 44 | 18,000 | 9 | 15,259 |
| 4,5 | 22 | 88 | 99 | 198 | | | 198 | 44 | 44 | 18,556 | | |
| 7 | 12 | 100 | 84 | 282 | | | 282 | 40,286 | 59,714 | 17,061 | | |
| 10 | 18 | 118 | 180 | 462 | | | 462 | 46,2 | 71,8 | 14,360 | | |
| 11,5 | 18 | 136 | 207 | 669 | | | 669 | 58,174 | 77,826 | 13,535 | | |
| 13,5 | 18 | 154 | 243 | 912 | | | 912 | 67,556 | 86,444 | 12,807 | | |
| 15 | 18 | 172 | 270 | 1182 | | | 1182 | 78,8 | 93,2 | 12,427 | | |
| 18 | 22 | 194 | 396 | 1578 | | | 1578 | 87,667 | 106,333 | 11,815 | | |
| 19,5 | 22 | 216 | 429 | 2007 | | | 2007 | 102,923 | 113,077 | 11,598 | | |
| 21 | 22 | 238 | 462 | 2469 | | | 2469 | 117,571 | 120,429 | 11,469 | | |
| 22,5 | 22 | 260 | 495 | 2964 | | | 2964 | 131,733 | 128,267 | 11,402 | | |
| 25 | 12 | 272 | 300 | 3264 | | | 3264 | 130,560 | 141,440 | 11,315 | | |
| Eje M sobre el apoyo' . | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 22 | 22 | | | | | | | | | | 1 - 44,000X |
| 1,5 | 22 | 44 | 33 | 33 | | | 33 | 22 | 22 | 29,333X | | 27,500X |
| 3 | 22 | 66 | 66 | 99 | | | 99 | 44 | 44 | 19,000X | 3,5 | 24,640X |
| 4,5 | 22 | 88 | 99 | 198 | | | 198 | 44 | 44 | 19,556X | 3,5 | 21,551X |
| 7,5 | 18 | 106 | 135 | 333 | | | 333 | 44,400 | 61,600 | 16,427 | 4,4 | 20,625X |
| 9 | 18 | 124 | 162 | 495 | | | 495 | 55 | 69 | 15,333X | 5,5 | 19,360X |
| 11 | 18 | 142 | 198 | 693 | | | 693 | 63 | 79 | 14,333X | 5,5 | 18,909X |
| 12,5 | 18 | 160 | 225 | 918 | | | 918 | 73,440 | 86,560 | 13,850X | 6,6 | 18,333X |
| 15,5 | 12 | 172 | 186 | 1104 | | | 1,104 | 71,226 | 100,774 | 13,003X | 6,6 | 17,704X |
| 19,5 | 22 | 194 | 396 | 1500 | | | 1,500 | 83,333 | 110,667 | 12,296X | 7,7 | 17,061X |
| 21 | 22 | 216 | 429 | 1929 | | | 1,929 | 98,833 | 117,077 | 12,008X | 8,8 | 16,094 |
| 22,5 | 22 | 238 | 462 | 2391 | | | 2,391 | 113,933 | 124,143 | 11,823X | 10,0 | 14,900X |
| 25 | 22 | 260 | 495 | 2866 | | | 2,866 | 128,267 | 131,733 | 11,710X | 12,2 | 14,042X |
| 27 | 18 | 278 | 489 | 3345 | | | 3,345 | 131,176 | 146,824 | 11,516X | 15,5 | 13,173X |
| 29 | 18 | 296 | 486 | 3831 | | | 3,831 | 141,889 | 154,111 | 11,416X | 20,0 | 11,955X |
| 30,9 | 18 | 314 | 522 | 4353 | | | 4,4 | 150,103 | 163,897 | 11,303X | 25,5 | 11,565X |
| 33,5 | 18 | 332 | 549 | 4902 | | | 4,4 | 160,721 | 171,279 | 11,231X | 30,0 | 11,260X |
| 34,5 | | | | | | | 4,4 | 153,188 | 178,812 | 11,176X | 35,5 | 11,020X |
| 40 | | | | | | | 8 | 116,950 | 215,050 | 10,753X | | |
| 50 | | | | | | | 18 | 75,360 | 256,640 | 10,266X | | |
| 60 | | | | | | | 28 | 35,967 | 296,033 | 9,868X | | |
| 70 | | | | | | | 38 | 5,054 | 334,171 | 9,548X | | |
| 80 | | | | | | | 48 | 8,064 | 371,525 | 9,288X | | |
| 90 | | | | | | | 58 | 11,774 | 408,356 | 9,075X | | |
| 100 | | | | | | | 68 | 16,184 | 444,820 | 8,896X | | |
| 110 | | | | | | | 78 | 21,294 | 481,018 | 8,746X | | |
| 120 | | | | | | | 88 | 27,034 | 516,433 | 8,607X | | |
| 130 | | | | | | | 98 | 33,614 | 552,862 | 8,506X | | |
| 140 | | | | | | | 108 | 40,824 | 588,586 | 8,408X | | |
| 150 | | | | | | | 118 | 48,734 | 624,213 | 8,323X | | |
| 160 | | | | | | | 128 | 57,344 | 659,763 | 8,247X | | |
| 170 | | | | | | | 138 | 66,654 | 695,247 | 8,179X | | |
| 180 | | | | | | | 148 | 76,664 | 730,677 | 8,119X | | |
| 190 | | | | | | | 158 | 87,374 | 766,063 | 8,064X | | |
| Eje L sobre el apoyo' . | | | | | | | | | | | | |
| 34,5 | | 344 | | 5732 | | | Origen tren vagones | 5732 | 166,145 | 177,855 | 10,310 | |
| 40 | | | | | | | 5,5 | 105,875 | 562,125 | 140,653 | 10,310 | 9,167 |
| 60 | | | | | | | 25,5 | 227,875 | 345,125 | 57,902 | 10,310 | 9,547 |
| 80 | | | | | | | 45,5 | 724,875 | 151,875 | 18,923 | 10,310 | 9,073 |
| 100 | | | | | | | 65,5 | 1501,875 | 923,875 | 92,833 | 10,310 | 8,737 |
| 120 | | | | | | | 85,5 | 2558,875 | 1985,875 | 165,449 | 10,310 | 8,491 |
| 140 | | | | | | | 105,5 | 3895,875 | 3323,875 | 237,313 | 10,310 | 8,304 |
| 160 | | | | | | | 125,5 | 5512,875 | 4939,875 | 308,712 | 10,310 | 8,159 |
| 180 | | | | | | | 145,5 | 7409,875 | 6836,875 | 379,799 | 10,310 | 8,042 |

valores determinados máximos para los esfuerzos en los montantes y diagonales. La aplicación de la otra escala de cargas uniformes para los esfuerzos cortantes nos dará los valores definitivos para los esfuerzos en los montantes y diagonales mediante una simple proporción.

En el cuadro VI hemos reunido bajo la denominación de escalas a) y b) las cargas uniformes relativas a momentos flectores y esfuerzos cortantes. Para la escala a) se han promediado los valores para el centro y sexto de la luz. Con esto se tendrá un exceso de resistencia hacia la parte central del puente

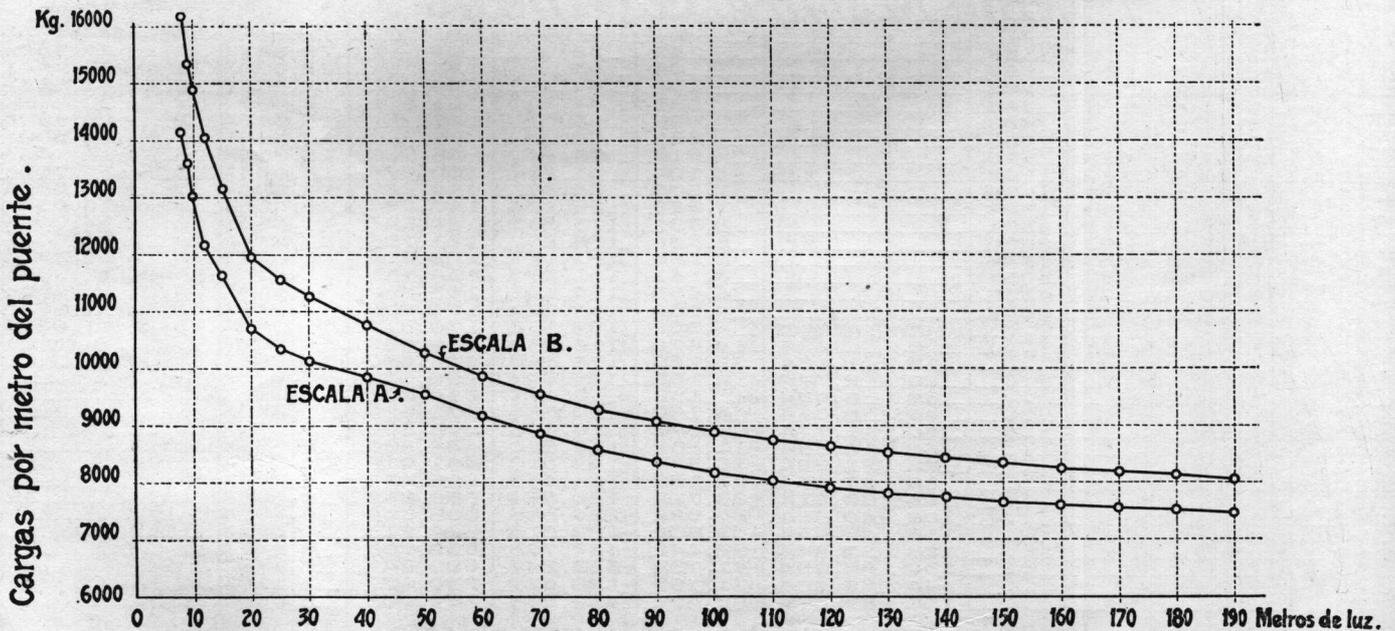
TREN TIPO PARA TROCHA 1,676 m.

Cuadro VI

Escalas de cargas equivalentes uniformemente repartidas á aplicar para el cálculo de los puentes.

| Luces Metros | ESCALA A. Momentos Flectores Carga en Kg. por m. p. | ESCALA B. Esfuerzos Cortantes Carga en Kg. por m. p. | Luces Metros | ESCALA A. Momentos Flectores Carga en Kg. por m. p. | ESCALA B. Esfuerzos Cortantes Carga en Kg. por m. p. |
|--------------|---|--|--------------|---|--|
| 8 | 14160 | 16190 | 80 | 8580 | 9290 |
| 9 | 13600 | 15330 | 90 | 8360 | 9070 |
| 10 | 13020 | 14900 | 100 | 8170 | 8900 |
| 12 | 12170 | 14040 | 110 | 8020 | 8750 |
| 15 | 11620 | 13170 | 120 | 7900 | 8610 |
| 20 | 10700 | 11950 | 130 | 7800 | 8510 |
| 25 | 10320 | 11560 | 140 | 7720 | 8410 |
| 30 | 10120 | 11260 | 150 | 7650 | 8320 |
| 40 | 9850 | 10750 | 160 | 7600 | 8250 |
| 50 | 9540 | 10270 | 170 | 7550 | 8180 |
| 60 | 9180 | 9870 | 180 | 7510 | 8120 |
| 70 | 8850 | 9550 | 190 | 7450 | 8060 |

Gráfico de las cargas á aplicar.



En general, determinadas las secciones de una obra para tal carga uniforme, sabemos, por el principio de la superposición de los pequeños efectos, que por simples proporciones podemos obtener todos los esfuerzos, deformaciones, etc., para otra carga de igual naturaleza.

sin que sea perjudicial el déficit hacia los apoyos. En efecto, si se trata de vigas de alma llena, se sabe que la curva real de momentos resistentes es envolvente de la teórica por razones constructivas, y en caso de vigas reticuladas es muy probable que suceda lo mismo.

TREN TIPO PARA TROCHA 1,676 m.
Cargas equivalentes para el cálculo de los momentos

en el medio del puente.

$$p = \frac{1}{a_n} \left[\sum P_n - \frac{1}{a_n} (\sum a_n P_n - \frac{1}{2} P_w l_w^2) \right]$$

| I | Abcisas a_n | | P _n | ΣP _n | a _n P _n | Σa _n P _n | Tren de vagones | | 7-9 | 10 a _n | 5-II | Max. | Puntos singulares p. | Ejemplos | |
|------------------------------|---------------|------|----------------|-----------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------|-------------------------|----------|----------------------|------|------|----------------------------|----------|-------|
| | izq. | der. | | | | | l _w | $\frac{1}{2} P_w l_w^2$ | | | | | | | |
| Eje A sobre el medio? | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 4,5 | | 12 | 84 | 54 | 180 | | | | | | | 9,778 | 10 | 9,600 |
| 14 | | 6,5 | 12 | 106 | 148 | 323 | | | | | | | 9,665 | 12 | 9,000 |
| 17 | 7 | | 12 | 128 | 194 | 477 | | | | | | | 9,551 | 15 | 8,871 |
| 16 | 8 | | 12 | 150 | 176 | 450 | | | | | | | 9,577 | 18 | 9,741 |
| 17 | 8,5 | | 12 | 172 | 158 | 424 | | | | | | | 9,609 | 24 | 9,417 |
| 19 | | 9,5 | 12 | 194 | 209 | 1049 | | | | | | | 9,798 | 25 | 9,510 |
| 20 | 10 | | 12 | 216 | 220 | 1269 | | | | | | | 9,910 | 26 | 9,562 |
| 22 | | 11 | 12 | 238 | 242 | 1511 | | | | | | | 9,149 | 28 | 9,525 |
| 23 | 11,5 | | 12 | 260 | 253 | 1764 | | | | | | | 9,270 | 30 | 9,525 |
| 24 | | 13,5 | 12 | 282 | 264 | 2034 | | | | | | | 9,580 | 34 | 9,554 |
| 29 | 14,5 | | 18 | 330 | 361 | 2187 | | | | | | | 9,598 | 35 | 9,518 |
| 30 | 16,5 | | 18 | 352 | 388 | 2475 | | | | | | | 9,582 | | |
| 36 | 18 | | 18 | 374 | 424 | 2799 | | | | | | | 9,477 | | |
| Eje B sobre el medio? | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | 3,5 | 18 | 66 | 63 | 126 | | | | | | | 8,571 | 8 | 8,625 |
| 11 | | 5 | 18 | 84 | 90 | 216 | | | | | | | 8,160 | 8 | 8,444 |
| 11 | 5,5 | | 18 | 106 | 121 | 337 | | | | | | | 8,192 | 12 | 8,306 |
| 14 | | 8 | 18 | 128 | 154 | 437 | | | | | | | 8,265 | 18 | 8,388 |
| 16 | 8,5 | | 18 | 150 | 176 | 540 | | | | | | | 8,348 | 18 | 8,461 |
| 17 | | 9,5 | 18 | 172 | 187 | 654 | | | | | | | 8,415 | 24 | 8,540 |
| 19 | 10 | | 18 | 194 | 209 | 1063 | | | | | | | 8,643 | 25 | 8,620 |
| 20 | | 11 | 18 | 216 | 220 | 1269 | | | | | | | 8,770 | 26 | 8,682 |
| 22 | 11,5 | | 18 | 238 | 242 | 1511 | | | | | | | 9,053 | 28 | 8,587 |
| 23 | | 12,5 | 18 | 260 | 253 | 1800 | | | | | | | 9,280 | 34 | 8,577 |
| 24 | 14,5 | | 18 | 282 | 264 | 2106 | | | | | | | 9,349 | 38 | 9,529 |
| 29 | 16,5 | | 18 | 330 | 308 | 2475 | | | | | | | 9,498 | | |
| 30 | | 15 | 18 | 352 | 329 | 2898 | | | | | | | 9,533 | | |
| 36 | 18 | | 18 | 374 | 397 | 3396 | | | | | | | 9,556 | | |
| 36 | 19,5 | | 18 | 396 | 424 | 3996 | | | | | | | 9,459 | | |
| Eje C sobre el medio? | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 7 | | 18 | 126 | 154 | 670 | | | | | | | 8,327 | 38 | 9,590 |
| 16 | | 8 | 18 | 150 | 176 | 814 | | | | | | | 8,781 | 40 | 9,585 |
| 16 | 10 | | 18 | 172 | 187 | 994 | | | | | | | 9,088 | | |
| 17 | | 11 | 18 | 194 | 209 | 1229 | | | | | | | 9,089 | | |
| 17 | 11,5 | | 18 | 216 | 220 | 1448 | | | | | | | 9,165 | | |
| 19 | | 12,5 | 18 | 238 | 242 | 1718 | | | | | | | 9,240 | | |
| 20 | 13,5 | | 18 | 260 | 253 | 1961 | | | | | | | 9,382 | | |
| 20 | | 14 | 18 | 282 | 264 | 2269 | | | | | | | 9,432 | | |
| 22 | 15 | | 18 | 304 | 285 | 2649 | | | | | | | 9,543 | | |
| 22 | | 15,5 | 18 | 326 | 306 | 3096 | | | | | | | 9,580 | | |
| 29 | 16,5 | | 18 | 348 | 327 | 3594 | | | | | | | 9,570 | | |
| 36 | 18 | | 18 | 370 | 348 | 4142 | | | | | | | | | |
| 36,66 | 19,928 | | | | | | Origen tren vagones | 28,80 | | | | | | | |
| | | | | | | | 1,5 | 7,875 | 3089,125 | | | | | | |
| | | | | | | | 3,428 | 41,140 | 3054,860 | | | | | | |
| Eje D sobre el medio? | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 1,5 | | 18 | 54 | 33 | 53 | | | | | | | 14,667 | 38 | 9,655 |
| 9 | | 2,5 | 18 | 72 | 50 | 63 | | | | | | | 12,320 | 40 | 9,640 |
| 9 | 4,5 | | 18 | 90 | 66 | 129 | | | | | | | 11,667 | 50 | 9,588 |
| 11 | | 7,5 | 18 | 108 | 99 | 207 | | | | | | | 10,645 | | |
| 15 | 7,5 | | 18 | 126 | 136 | 455 | | | | | | | 10,164 | | |
| 18 | | 9 | 18 | 154 | 155 | 588 | | | | | | | 10,000 | | |
| 18 | 9 | | 18 | 172 | 162 | 750 | | | | | | | | | |
| 19 | | 10,5 | 18 | 190 | 168 | 912 | | | | | | | 9,852 | | |
| 21 | 11 | | 18 | 208 | 170 | 1074 | | | | | | | 9,823 | | |
| 21 | | 10,5 | 18 | 226 | 182 | 1236 | | | | | | | 9,810 | | |
| 23 | 12,5 | | 18 | 244 | 194 | 1500 | | | | | | | 9,766 | | |
| 27 | | 13,5 | 18 | 262 | 206 | 1764 | | | | | | | 9,712 | | |
| 28 | 14 | | 18 | 280 | 218 | 2028 | | | | | | | 9,709 | | |
| 28 | | 15 | 18 | 300 | 230 | 2292 | | | | | | | 9,595 | | |
| 31 | 15,714 | | 18 | 320 | 242 | 2556 | | | | | | | 9,634 | | |
| 36 | | 16,5 | 18 | 340 | 254 | 2820 | | | | | | | 9,636 | | |
| 41 | | 18 | 18 | 360 | 266 | 3084 | | | | | | | 9,623 | | |
| 41 | | 20,5 | 18 | 380 | 278 | 3348 | | | | | | | 9,481 | | |
| 46,428 | 23,714 | | | | | | Origen tren vagones | 1821 | | | | | | | |
| | | | | | | | 1 | 3,500 | 2147,500 | | | | | | |
| | | | | | | | 1,714 | 10,286 | 2140,714 | | | | | | |
| | | | | | | | 2,5 | 21,875 | 2492,125 | | | | | | |
| | | | | | | | 4,5 | 56 | 2854 | | | | | | |
| | | | | | | | 6,5 | 147,875 | 3008,125 | | | | | | |
| | | | | | | | 9,714 | 330,286 | 2825,714 | | | | | | |
| Eje E sobre el medio? | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 1,5 | | 18 | 54 | 33 | 53 | | | | | | | 14,667 | 1 | 9,000 |
| 9 | | 1,5 | 18 | 72 | 50 | 63 | | | | | | | 12,320 | 2 | 9,333 |
| 9 | 4,5 | | 18 | 90 | 66 | 129 | | | | | | | 11,667 | 3 | 9,000 |
| 11 | | 4 | 18 | 108 | 99 | 207 | | | | | | | 11,667 | 4 | 9,333 |
| 14 | 6 | | 18 | 126 | 126 | 314 | | | | | | | 10,360 | 5 | 9,600 |
| 15 | | 7,5 | 18 | 144 | 155 | 421 | | | | | | | 10,772 | 6 | 9,923 |
| 17 | 7,5 | | 18 | 162 | 184 | 528 | | | | | | | 10,319 | 7 | 9,714 |
| 19 | | 8,5 | 18 | 180 | 213 | 635 | | | | | | | 10,227 | 8 | 9,468 |
| 21 | 9,5 | | 18 | 198 | 242 | 742 | | | | | | | 10,177 | 9 | 9,986 |
| 22 | | 10,5 | 18 | 216 | 271 | 849 | | | | | | | 10,215 | 10 | 9,166 |
| 24 | 11 | | 18 | 234 | 300 | 956 | | | | | | | 10,253 | 11 | 9,296 |
| 24 | | 12 | 18 | 252 | 329 | 1063 | | | | | | | 10,074 | 12 | 9,454 |
| 25 | 12,5 | | 18 | 270 | 358 | 1170 | | | | | | | 9,804 | 13 | 9,500 |
| 28,428 | 14,214 | | 18 | 288 | 387 | 1277 | | | | | | | 9,693 | 14 | 9,364 |
| 30 | | 15 | 18 | 306 | 416 | 1384 | | | | | | | 9,632 | 15 | 9,296 |
| 30 | 16,5 | | 18 | 324 | 445 | 1491 | | | | | | | 9,603 | 16 | 9,042 |
| 33 | | 16,5 | 18 | 342 | 474 | 1598 | | | | | | | 9,604 | 17 | 9,840 |
| 36 | 18 | | 18 | 360 | 503 | 1705 | | | | | | | 9,556 | 18 | 9,675 |
| 41 | 20,5 | | 18 | 378 | 532 | 1812 | | | | | | | 9,511 | 19 | 9,715 |
| 44 | | 22 | 18 | 396 | 561 | 1919 | | | | | | | 9,466 | 20 | 9,311 |
| 44,428 | 22,214 | | 18 | 414 | 590 | 2026 | | | | | | | 9,421 | 21 | 9,442 |
| 57 | 28,5 | | 18 | 432 | 619 | 2133 | | | | | | | 9,376 | 22 | 9,243 |
| | | | | | | | Origen tren vagones | 1476 | | | | | | | |
| | | | | | | | 1,714 | 10,286 | 1465,714 | | | | | | |
| | | | | | | | 2,5 | 21,875 | 2174,125 | | | | | | |
| | | | | | | | 4,5 | 56 | 2113,250 | | | | | | |
| | | | | | | | 5,5 | 105,875 | 2459,125 | | | | | | |
| | | | | | | | 7,5 | 171,500 | 2822,500 | | | | | | |
| | | | | | | | 8,5 | 224 | 2770 | | | | | | |
| | | | | | | | 9,5 | 316,875 | 2942,125 | | | | | | |
| | | | | | | | 12,714 | 330,286 | 2362,714 | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

MOMENTOS FLECTORES - EJES A COLOCAR

TREN TIPO PARA TI

| | | | | | | | | | | K | J | I | H | G | F |
|-----------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|---------|-------|--------|--------|--------|
| | | | | | | | | | | (18) | (18) | (18) | (18) | (22) | (22) |
| | | | | | | | | | | 1,5 | 1,5 | 2 | 1,5 | 3 | 1,5 |
| Sumas de abscisas sobre } N | | | | | | | | | | 30,5 | 29 | 27,5 | 25,5 | 24 | 21 |
| " " cargas sin } N | | | | | | | | | | 288 | 270 | 252 | 234 | 216 | 194 |
| Sumas de abscisas sobre } 0 | | | | | | | | | | 46,714 | 29 | 27,5 | 26 | 24 | 22,5 |
| " " cargas sin } 0 | | | | | | | | | | 390 | 266 | 248 | 230 | 212 | 194 |
| | | | | | | | | | | 64,071 | 45,214 | 27,5 | 26 | 24,5 | 22,5 |
| | | | | | | | | | | 500 | 368 | 244 | 226 | 208 | 190 |
| | | | | | | | | | | 76,5 | 61,071 | 37,5 | 36,786 | 30 | 24,5 |
| | | | | | | | | | | 590 | 482 | 317 | 312 | 264,5 | 226 |
| | | | | | | | | | | 90,429 | 75 | 37,5 | 35 | 30 | 23 |
| | | | | | | | | | | 680 | 572 | 309,5 | 292 | 257 | 208 |
| | | | | | | | | | | 103,857 | 88,428 | 40 | 32,714 | 32,428 | 21 |
| | | | | | | | | | | 770 | 662 | 323 | 272 | 270 | 190 |
| | | | | | | | | | | 117,785 | 102,357 | 47,5 | 46,643 | 40 | 30,928 |
| | | | | | | | | | | 860 | 752 | 368 | 362 | 315,5 | 252 |
| | | | | | | | | | | 125,071 | 114,786 | 62,5 | 59,071 | 53,643 | 43,357 |
| | | | | | | | | | | 920 | 848 | 482 | 458 | 420 | 348 |
| | | | | | | | | | | 141,428 | 122,571 | 75 | 45 | 44,285 | 35 |
| | | | | | | | | | | 1030 | 898 | 565 | 355 | 350 | 285 |
| | | | | | | | | | | 158,785 | 139,928 | 75 | 68,5 | 60 | 55,643 |
| | | | | | | | | | | 1140 | 1008 | 553,5 | 508 | 448,50 | 418 |
| | | | | | | | | | | 125,071 | 114,786 | 62,5 | 59,071 | 53,643 | 43,357 |
| | | | | | | | | | | 920 | 848 | 482 | 458 | 420 | 348 |
| | | | | | | | | | | 141,428 | 122,571 | 75 | 45 | 44,285 | 35 |
| | | | | | | | | | | 1030 | 898 | 565 | 355 | 350 | 285 |
| | | | | | | | | | | 158,785 | 139,928 | 75 | 68,5 | 60 | 55,643 |
| | | | | | | | | | | 1140 | 1008 | 553,5 | 508 | 448,50 | 418 |
| | | | | | | | | | | 125,071 | 114,786 | 62,5 | 59,071 | 53,643 | 43,357 |
| | | | | | | | | | | 920 | 848 | 482 | 458 | 420 | 348 |
| | | | | | | | | | | 141,428 | 122,571 | 75 | 45 | 44,285 | 35 |
| | | | | | | | | | | 1030 | 898 | 565 | 355 | 350 | 285 |
| | | | | | | | | | | 158,785 | 139,928 | 75 | 68,5 | 60 | 55,643 |
| | | | | | | | | | | 1140 | 1008 | 553,5 | 508 | 448,50 | 418 |
| | | | | | | | | | | 125,071 | 114,786 | 62,5 | 59,071 | 53,643 | 43,357 |
| | | | | | | | | | | 920 | 848 | 482 | 458 | 420 | 348 |
| | | | | | | | | | | 141,428 | 122,571 | 75 | 45 | 44,285 | 35 |
| | | | | | | | | | | 1030 | 898 | 565 | 355 | 350 | 285 |
| | | | | | | | | | | 158,785 | 139,928 | 75 | 68,5 | 60 | 55,643 |
| | | | | | | | | | | 1140 | 1008 | 553,5 | 508 | 448,50 | 418 |
| | | | | | | | | | | 125,071 | 114,786 | 62,5 | 59,071 | 53,643 | 43,357 |
| | | | | | | | | | | 920 | 848 | 482 | 458 | 420 | 348 |
| | | | | | | | | | | 141,428 | 122,571 | 75 | 45 | 44,285 | 35 |
| | | | | | | | | | | 1030 | 898 | 565 | 355 | 350 | 285 |
| | | | | | | | | | | 158,785 | 139,928 | 75 | 68,5 | 60 | 55,643 |
| | | | | | | | | | | 1140 | 1008 | 553,5 | 508 | 448,50 | 418 |
| | | | | | | | | | | 125,071 | 114,786 | 62,5 | 59,071 | 53,643 | 43,357 |
| | | | | | | | | | | 920 | 848 | 482 | 458 | 420 | 348 |
| | | | | | | | | | | 141,428 | 122,571 | 75 | 45 | 44,285 | 35 |
| | | | | | | | | | | 1030 | 898 | 565 | 355 | 350 | 285 |
| | | | | | | | | | | 158,785 | 139,928 | 75 | 68,5 | 60 | 55,643 |
| | | | | | | | | | | 1140 | 1008 | 553,5 | 508 | 448,50 | 418 |
| | | | | | | | | | | 125,071 | 114,786 | 62,5 | 59,071 | 53,643 | 43,357 |
| | | | | | | | | | | 920 | 848 | 482 | 458 | 420 | 348 |
| | | | | | | | | | | 141,428 | 122,571 | 75 | 45 | 44,285 | 35 |
| | | | | | | | | | | 1030 | 898 | 565 | 355 | 350 | 285 |
| | | | | | | | | | | 158,785 | 139,928 | 75 | 68,5 | 60 | 55,643 |
| | | | | | | | | | | 1140 | 1008 | 553,5 | 508 | 448,50 | 418 |
| | | | | | | | | | | 125,071 | 114,786 | 62,5 | 59,071 | 53,643 | 43,357 |
| | | | | | | | | | | 920 | 848 | 482 | 458 | 420 | 348 |
| | | | | | | | | | | 141,428 | 122,571 | 75 | 45 | 44,285 | 35 |
| | | | | | | | | | | 1030 | 898 | 565 | 355 | 350 | 285 |
| | | | | | | | | | | 158,785 | 139,928 | 75 | 68,5 | 60 | 55,643 |
| | | | | | | | | | | 1140 | 1008 | 553,5 | 508 | 448,50 | 418 |
| | | | | | | | | | | 125,071 | 114,786 | 62,5 | 59,071 | 53,643 | 43,357 |
| | | | | | | | | | | 920 | 848 | 482 | 458 | 420 | 348 |
| | | | | | | | | | | 141,428 | 122,571 | 75 | 45 | 44,285 | 35 |
| | | | | | | | | | | 1030 | 898 | 565 | 355 | 350 | 285 |
| | | | | | | | | | | 158,785 | 139,928 | 75 | 68,5 | 60 | 55,643 |
| | | | | | | | | | | 1140 | 1008 | 553,5 | 508 | 448,50 | 418 |
| | | | | | | | | | | 125,071 | 114,786 | 62,5 | 59,071 | 53,643 | 43,357 |
| | | | | | | | | | | 920 | 848 | 482 | 458 | 420 | 348 |
| | | | | | | | | | | 141,428 | 122,571 | 75 | 45 | 44,285 | 35 |
| | | | | | | | | | | 1030 | 898 | 565 | 355 | 350 | 285 |
| | | | | | | | | | | 158,785 | 139,928 | 75 | 68,5 | 60 | 55,643 |
| | | | | | | | | | | 1140 | 1008 | 553,5 | 508 | 448,50 | 418 |
| | | | | | | | | | | 125,071 | 114,786 | 62,5 | 59,071 | 53,643 | 43,357 |
| | | | | | | | | | | 920 | 848 | 482 | 458 | 420 | 348 |
| | | | | | | | | | | 141,428 | 122,571 | 75 | 45 | 44,285 | 35 |
| | | | | | | | | | | 1030 | 898 | 565 | 355 | 350 | 285 |
| | | | | | | | | | | 158,785 | 139,928 | 75 | 68,5 | 60 | 55,643 |
| | | | | | | | | | | 1140 | 1008 | 553,5 | 508 | 448,50 | 418 |
| | | | | | | | | | | 125,071 | 114,786 | 62,5 | 59,071 | 53,643 | 43,357 |
| | | | | | | | | | | 920 | 848 | 482 | 458 | 420 | 348 |
| | | | | | | | | | | 141,428 | 122,571 | 75 | 45 | 44,285 | 35 |
| | | | | | | | | | | 1030 | 898 | 565 | 355 | 350 | 285 |
| | | | | | | | | | | 158,785 | 139,928 | 75 | 68,5 | 60 | 55,643 |
| | | | | | | | | | | 1140 | 1008 | 553,5 | 508 | 448,50 | 418 |
| | | | | | | | | | | 125,071 | 114,786 | 62,5 | 59,071 | 53,643 | 43,357 |
| | | | | | | | | | | 920 | 848 | 482 | 458 | 420 | 348 |
| | | | | | | | | | | 141,428 | 122,571 | 75 | 45 | 44,285 | 35 |
| | | | | | | | | | | 1030 | 898 | 565 | 355 | 350 | 285 |
| | | | | | | | | | | 158,785 | 139,928 | 75 | 68,5 | 60 | 55,643 |
| | | | | | | | | | | 1140 | 1008 | 553,5 | 508 | 448,50 | 418 |
| | | | | | | | | | | 125,071 | 114,786 | 62,5 | 59,071 | 53,643 | 43,357 |
| | | | | | | | | | | 920 | 848 | 482 | 458 | 420 | 348 |
| | | | | | | | | | | 141,428 | 122,571 | 75 | 45 | 44,285 | 35 |
| | | | | | | | | | | 1030 | 898 | 565 | 355 | 350 | 285 |
| | | | | | | | | | | 158,785 | 139,928 | 75 | 68,5 | 60 | 55,643 |
| | | | | | | | | | | 1140 | 1008 | 553,5 | 508 | 448,50 | 418 |
| | | | | | | | | | | 125,071 | 114,786 | 62,5 | 59,071 | 53,643 | 43,357 |
| | | | | | | | | | | 920 | 848 | 482 | 458 | 420 | 348 |
| | | | | | | | | | | 141,428 | 122,571 | 75 | 45 | 44,285 | 35 |
| | | | | | | | | | | 1030 | 898 | 565 | 355 | 350 | 285 |
| | | | | | | | | | | 158,785 | 139,928 | 75 | 68,5 | 60 | 55,643 |
| | | | | | | | | | | 1140 | 1008 | 553,5 | 508 | 448,50 | 418 |
| | | | | | | | | | | 125,071 | 114,786 | 62,5 | 59,071 | 53,643 | 43,357 |
| | | | | | | | | | | 920 | 848 | 482 | 458 | 420 | 348 |
| | | | | | | | | | | 141,428 | 122,571 | 75 | 45 | 44,285 | 35 |
| | | | | | | | | | | 1030 | 898 | 565 | 355 | 350 | 285 |
| | | | | | | | | | | 158,785 | 139,928 | 75 | 68,5 | 60 | 55,643 |
| | | | | | | | | | | 1140 | 1008 | 553,5 | 508 | 448,50 | 418 |
| | | | | | | | | | | 125,071 | 114,786 | 62,5 | 59,071 | 53,643 | 43,357 |
| | | | | | | | | | | 920 | 848 | 482 | 458 | 420 | 348 |
| | | | | | | | | | | 141,428 | 122,571 | 75 | 45 | 44,285 | 35 |
| | | | | | | | | | | 1030 | 898 | 565 | 355 | 350 | 285 |
| | | | | | | | | | | 158,785 | 139,928 | 75 | 68,5 | 60 | 55,643 |
| | | | | | | | | | | 1140 | 1008 | 553,5 | 508 | 448,50 | 418 |
| | | | | | | | | | | 125,071 | 114,786 | 62,5 | 59,071 | 53,643 | 43,357 |
| | | | | | | | | | | 920 | 848 | 482 | 458 | 420 | 348 |
| | | | | | | | | | | 141,428 | 122,571 | 75 | 45 | 44,285 | 35 |
| | | | | | | | | | | 1030 | 898 | 565 | 355 | 350 | 285 |
| | | | | | | | | | | 158,785 | 139,928 | 75 | 68,5 | 60 | 55,643 |
| | | | | | | | | | | 1140 | 1008 | 553,5 | 508 | 448,50 | 418 |
| | | | | | | | | | | 125,071 | 114,786 | 62,5 | 59,071 | 53,643 | 43,357 |
| | | | | | | | | | | 920 | 848 | 482 | 458 | 420 | 348 |
| | | | | | | | | | | 141,428 | 122,571 | 75 | 45 | 44,285 | 35 |
| | | | | | | | | | | 1030 | 898 | 565 | 355 | 350 | 285 |
| | | | | | | | | | | 158,785 | 139,928 | 75 | 68,5 | 60 | 55,643 |
| | | | | | | | | | | 1140 | 1008 | 553,5 | 508 | 448,50 | 418 |
| | | | | | | | | | | 125,071 | 114,786 | 62,5 | 59,071 | 53,643 | 43,357 |
| | | | | | | | | | | 920 | 848 | 482 | 458 | 420 | 348 |
| | | | | | | | | | | 141,428 | 122,571 | 75 | 45 | 44,285 | 35 |
| | | | | | | | | | | 1030 | 898 | 565 | 355 | 350 | 285 |
| | | | | | | | | | | 158,785 | 139,928 | 75 | 68,5 | 60 | 55,643 |
| | | | | | | | | | | 1140 | 1008 | 553,5 | 508 | 448,50 | 418 |
| | | | | | | | | | | 125,071 | 114,786 | 62,5 | 59,071 | 53,643 | 43,357 |
| | | | | | | | | | | 920 | 848 | 482 | 458 | 420 | 348 |
| | | | | | | | | | | 141,428 | 122,571 | 75 | 45 | 44,285 | 35 |
| | | | | | | | | | | 1030 | 898 | 565 | 355 | 350 | 285 |
| | | | | | | | | | | 158,785 | 139,928 | 75 | 68,5 | 60 | 55,643 |
| | | | | | | | | | | 1140 | 1008 | 553,5 | 508 | 448,50 | 418 |
| | | | | | | | | | | 125,071 | 114,786 | 62,5 | 59,071 | 53,643 | 43,357 |
| | | | | | | | | | | 920 | 848 | 482 | 458 | 420 | 348 |
| | | | | | | | | | | 141,428 | 122,571 | 75 | 45 | 44,285 | 35 |
| | | | | | | | | | | 1030 | 898 | 565 | 355 | 350 | 285 |
| | | | | | | | | | | 158,785 | 139,928 | 75 | 68,5 | 60 | 55,643 |
| | | | | | | | | | | 1140 | 1008 | 553,5 | 508 | 448,50 | 418 |
| | | | | | | | | | | 125,071 | 114,786 | 62,5 | 59,071 | 53,643 | 43,357 |
| | | | | | | | | | | 920 | 848 | 482 | 458 | 420 | 348 |
| | | | | | | | | | | 141,428 | 122,571 | 75 | 45 | 44,285 | 35 |
| | | | | | | | | | | 1030 | 898 | 565 | 355 | 350 | 285 |
| | | | | | | | | | | 158,785 | 139,928 | 75 | 68,5 | 60 | 55,643 |
| | | | | | | | | | | 1140 | 1008 | 553,5 | 508 | 448,50 | 418 |
| | | | | | | | | | | 125,071 | 114,786 | 62,5 | 59,071 | 53,643 | 43,357 |
| | | | | | | | | | | 920 | 848 | 482 | 458 | 420 | 348 |
| | | | | | | | | | | 141,428 | 122,571 | 75 | 45 | 44,285 | 35 |
| | | | | | | | | | | 1030 | 898 | 565 | 355 | 350 | 285 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

A COLOCAR EN $\frac{1}{6}$ DE LA LUZ DEL PUENTE

0 PARA TROCHA DE 1676 mm.

| H | G | F | E | D | C | B | A | R | Q | P | O | N | M | L | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| (18) | (22) | (22) | (22) | (22) | (12) | (18) | (18) | (18) | (18) | (22) | (22) | (22) | (22) | (12) | |
| 5 | 3 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 2,5 | 3 | 1,5 | 2 | 1,5 | 3 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 2,5 | 1,5 |
| 24 | 21 | 19,5 | 18 | 16,5 | 14 | 11 | 9,5 | 7,5 | 6 | 3 | 1,5 | 0 | 7,5 | 20 | 27,5 |
| 234 | 216 | 194 | 172 | 150 | 128 | 116 | 98 | 80 | 62 | 44 | 22 | 110 | 170 | | |
| 22,5 | 19,5 | 18 | 16,5 | 15 | 12,5 | 9,5 | 8 | 6 | 4,5 | 1,5 | 0 | 7,5 | 15 | 27,5 | 35 |
| 212 | 194 | 172 | 150 | 128 | 106 | 94 | 76 | 58 | 40 | 22 | 110 | 220 | 280 | | |
| 21 | 18 | 16,5 | 15 | 13,5 | 11 | 8 | 6,5 | 4,5 | 3 | 0 | 7,5 | 15 | 22,5 | 35 | 42,5 |
| 190 | 172 | 150 | 128 | 106 | 84 | 72 | 54 | 36 | 18 | 110 | 220 | 330 | 390 | | |
| 18 | 15 | 13,5 | 12 | 10,5 | 8 | 5 | 3,5 | 1,5 | 0 | 15 | 22,5 | 30 | 37,5 | 50 | 57,5 |
| 172 | 154 | 132 | 110 | 88 | 66 | 54 | 36 | 18 | 110 | 220 | 330 | 440 | 500 | | |
| 16,5 | 13,5 | 12 | 10,5 | 9 | 6,5 | 3,5 | 2 | 0 | 7,5 | 22,5 | 30 | 37,5 | 45 | 57,5 | 65 |
| 154 | 136 | 114 | 92 | 70 | 48 | 36 | 18 | 90 | 200 | 310 | 420 | 530 | 590 | | |
| 14,5 | 11,5 | 10 | 8,5 | 7 | 4,5 | 1,5 | 0 | 10 | 17,5 | 32,5 | 40 | 47,5 | 55 | 67,5 | 75 |
| 136 | 118 | 96 | 74 | 52 | 30 | 18 | 90 | 180 | 290 | 400 | 510 | 620 | 680 | | |
| 13 | 10 | 8,5 | 7 | 5,5 | 3 | 0 | 7,5 | 17,5 | 25 | 40 | 47,5 | 55 | 62,5 | 75 | 82,5 |
| 118 | 100 | 78 | 56 | 34 | 12 | 90 | 180 | 270 | 380 | 490 | 600 | 710 | 770 | | |
| 10 | 7 | 5,5 | 4 | 2,5 | 0 | 15 | 22,5 | 32,5 | 40 | 55 | 62,5 | 70 | 77,5 | 90 | 97,5 |
| 106 | 88 | 66 | 44 | 22 | 90 | 180 | 270 | 360 | 470 | 580 | 690 | 800 | 860 | | |
| 7,5 | 4,5 | 3 | 1,5 | 0 | 12,5 | 27,5 | 35 | 45 | 52,5 | 67,5 | 75 | 82,5 | 90 | 102,5 | 110 |
| 84 | 66 | 44 | 22 | 60 | 150 | 240 | 330 | 420 | 530 | 640 | 750 | 860 | 920 | | |
| 6 | 3 | 1,5 | 0 | 7,5 | 20 | 35 | 42,5 | 52,5 | 60 | 75 | 82,5 | 90 | 97,5 | 110 | 117,5 |
| 62 | 44 | 22 | 110 | 170 | 260 | 350 | 440 | 530 | 640 | 750 | 860 | 970 | 1030 | | |

TREN TIPO PARA TROCHA 1,676 m.
Cargas equivalentes para el cálculo de los momentos
en el sexto de la luz del puente.

$$p = \frac{1}{a_n} \left[\sum P_n - \frac{6}{10a_n} (5\sum \alpha'_n P'_n + \sum \alpha''_n P''_n - \frac{1}{2} n \omega l^2) \right]$$

| 1 | Abcissas | | P _n | ΣP _n | α'' _n P'' _n | Σα'' _n P'' _n | Tren de vagones | | (7)-(9) | 6/10 (10) | (11) | (5)-(12) | Max. | Puntos singulares p. | Ejemplos | | |
|---------------------------------|------------------|------------------|----------------|-----------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------|-----------------------------------|---------|-----------|------|----------|------|----------------------|------------------|--------|------|
| | α'' _n | 5α' _n | | | | | l ω | 1/2 P _ω l ² | | | | | | | carga por metro. | > p.c. | |
| (P) Locomotora invertida | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,8 | 1,5 | | 22 | 44 | 33 | 33 | | | | | | | | 24,444 | X 8 | 13,867 | 4,01 |
| 5,4 | 4,5 | | 18 | 66 | 81 | 114 | | | | | | | | 18,333 | X 10 | 13,867 | 5,18 |
| 9,6 | 7,5 | | 12 | 102 | 102 | 165 | | | | | | | | 16,296 | X 10 | 13,103 | |
| 13,4 | | | 6 | 166 | 166 | 262 | | | | | | | | 14,218 | X 10 | 12,716 | |
| 18,7 | | | 0 | 240 | 240 | 357 | | | | | | | | 9,022 | X 10 | 11,967 | |
| 24,9 | | | 0 | 330 | 330 | 482 | | | | | | | | | | 10,325 | |
| 32,6 | | | 0 | 444 | 444 | 666 | | | | | | | | | | | |
| 41,9 | | | 0 | 588 | 588 | 900 | | | | | | | | | | | |
| 51,6 | | | 0 | 774 | 774 | 1140 | | | | | | | | | | | |
| 61,7 | | | 0 | 1002 | 1002 | 1503 | | | | | | | | | | | |
| 72,2 | | | 0 | 1284 | 1284 | 1854 | | | | | | | | | | | |
| 83,1 | | | 0 | 1620 | 1620 | 2358 | | | | | | | | | | | |
| 94,4 | | | 0 | 2010 | 2010 | 3000 | | | | | | | | | | | |
| 106,1 | | | 0 | 2454 | 2454 | 3780 | | | | | | | | | | | |
| 118,2 | | | 0 | 2952 | 2952 | 4704 | | | | | | | | | | | |
| 130,7 | | | 0 | 3504 | 3504 | 5784 | | | | | | | | | | | |
| 143,6 | | | 0 | 4110 | 4110 | 7020 | | | | | | | | | | | |
| 156,9 | | | 0 | 4770 | 4770 | 8514 | | | | | | | | | | | |
| 170,6 | | | 0 | 5484 | 5484 | 10164 | | | | | | | | | | | |
| 184,7 | | | 0 | 6252 | 6252 | 11970 | | | | | | | | | | | |
| 199,2 | | | 0 | 7074 | 7074 | 13944 | | | | | | | | | | | |
| 214,1 | | | 0 | 7950 | 7950 | 16080 | | | | | | | | | | | |
| 229,4 | | | 0 | 8880 | 8880 | 18384 | | | | | | | | | | | |
| 245,1 | | | 0 | 9864 | 9864 | 20850 | | | | | | | | | | | |
| 261,2 | | | 0 | 10902 | 10902 | 23484 | | | | | | | | | | | |
| 277,7 | | | 0 | 12000 | 12000 | 26292 | | | | | | | | | | | |
| 294,6 | | | 0 | 13158 | 13158 | 29274 | | | | | | | | | | | |
| 311,9 | | | 0 | 14376 | 14376 | 32430 | | | | | | | | | | | |
| 329,6 | | | 0 | 15654 | 15654 | 35760 | | | | | | | | | | | |
| 347,7 | | | 0 | 17000 | 17000 | 39270 | | | | | | | | | | | |
| 366,2 | | | 0 | 18414 | 18414 | 42960 | | | | | | | | | | | |
| 385,1 | | | 0 | 19890 | 19890 | 46830 | | | | | | | | | | | |
| 404,4 | | | 0 | 21420 | 21420 | 50880 | | | | | | | | | | | |
| 424,1 | | | 0 | 23004 | 23004 | 55110 | | | | | | | | | | | |
| 444,2 | | | 0 | 24642 | 24642 | 59520 | | | | | | | | | | | |
| 464,7 | | | 0 | 26334 | 26334 | 64110 | | | | | | | | | | | |
| 485,6 | | | 0 | 28080 | 28080 | 68880 | | | | | | | | | | | |
| 506,9 | | | 0 | 29880 | 29880 | 73830 | | | | | | | | | | | |
| 528,6 | | | 0 | 31732 | 31732 | 78960 | | | | | | | | | | | |
| 550,1 | | | 0 | 33636 | 33636 | 84270 | | | | | | | | | | | |
| 572,4 | | | 0 | 35592 | 35592 | 89760 | | | | | | | | | | | |
| 595,5 | | | 0 | 37600 | 37600 | 95430 | | | | | | | | | | | |
| 619,4 | | | 0 | 39660 | 39660 | 101280 | | | | | | | | | | | |
| 643,9 | | | 0 | 41772 | 41772 | 107310 | | | | | | | | | | | |
| 668,2 | | | 0 | 43934 | 43934 | 113520 | | | | | | | | | | | |
| 693,3 | | | 0 | 46156 | 46156 | 120000 | | | | | | | | | | | |
| 718,2 | | | 0 | 48438 | 48438 | 126750 | | | | | | | | | | | |
| 743,9 | | | 0 | 50778 | 50778 | 133770 | | | | | | | | | | | |
| 769,4 | | | 0 | 53176 | 53176 | 141060 | | | | | | | | | | | |
| 795,7 | | | 0 | 55632 | 55632 | 148620 | | | | | | | | | | | |
| 821,8 | | | 0 | 58146 | 58146 | 156450 | | | | | | | | | | | |
| 847,7 | | | 0 | 60718 | 60718 | 164560 | | | | | | | | | | | |
| 874,4 | | | 0 | 63348 | 63348 | 172950 | | | | | | | | | | | |
| 900,9 | | | 0 | 66026 | 66026 | 181620 | | | | | | | | | | | |
| 927,2 | | | 0 | 68752 | 68752 | 190560 | | | | | | | | | | | |
| 954,3 | | | 0 | 71526 | 71526 | 199860 | | | | | | | | | | | |
| 981,2 | | | 0 | 74348 | 74348 | 209520 | | | | | | | | | | | |
| 1008,9 | | | 0 | 77218 | 77218 | 219540 | | | | | | | | | | | |
| 1036,4 | | | 0 | 80136 | 80136 | 229920 | | | | | | | | | | | |
| 1064,7 | | | 0 | 83100 | 83100 | 240660 | | | | | | | | | | | |
| 1092,8 | | | 0 | 86110 | 86110 | 251760 | | | | | | | | | | | |
| 1120,7 | | | 0 | 89166 | 89166 | 263220 | | | | | | | | | | | |
| 1148,4 | | | 0 | 92268 | 92268 | 275040 | | | | | | | | | | | |
| 1175,9 | | | 0 | 95416 | 95416 | 287220 | | | | | | | | | | | |
| 1203,2 | | | 0 | 98610 | 98610 | 299760 | | | | | | | | | | | |
| 1230,3 | | | 0 | 101850 | 101850 | 312660 | | | | | | | | | | | |
| 1257,2 | | | 0 | 105136 | 105136 | 325920 | | | | | | | | | | | |
| 1283,9 | | | 0 | 108468 | 108468 | 339540 | | | | | | | | | | | |
| 1310,4 | | | 0 | 111846 | 111846 | 353520 | | | | | | | | | | | |
| 1336,7 | | | 0 | 115260 | 115260 | 367860 | | | | | | | | | | | |
| 1362,8 | | | 0 | 118710 | 118710 | 382560 | | | | | | | | | | | |
| 1388,7 | | | 0 | 122196 | 122196 | 397620 | | | | | | | | | | | |
| 1414,4 | | | 0 | 125718 | 125718 | 413040 | | | | | | | | | | | |
| 1439,9 | | | 0 | 129276 | 129276 | 428820 | | | | | | | | | | | |
| 1465,2 | | | 0 | 132868 | 132868 | 444960 | | | | | | | | | | | |
| 1490,3 | | | 0 | 136494 | 136494 | 461460 | | | | | | | | | | | |
| 1515,2 | | | 0 | 140154 | 140154 | 478320 | | | | | | | | | | | |
| 1539,9 | | | 0 | 143848 | 143848 | 495540 | | | | | | | | | | | |
| 1564,4 | | | 0 | 147576 | 147576 | 513120 | | | | | | | | | | | |
| 1588,7 | | | 0 | 151338 | 151338 | 531060 | | | | | | | | | | | |
| 1612,8 | | | 0 | 155134 | 155134 | 549360 | | | | | | | | | | | |
| 1636,7 | | | 0 | 158964 | 158964 | 568020 | | | | | | | | | | | |
| 1660,4 | | | 0 | 162828 | 162828 | 587040 | | | | | | | | | | | |
| 1683,9 | | | 0 | 166726 | 166726 | 606420 | | | | | | | | | | | |
| 1707,2 | | | 0 | 170658 | 170658 | 626160 | | | | | | | | | | | |
| 1730,3 | | | 0 | 174624 | 174624 | 646260 | | | | | | | | | | | |
| 1753,2 | | | 0 | 178624 | 178624 | 666720 | | | | | | | | | | | |
| 1775,9 | | | 0 | 182658 | 182658 | 687540 | | | | | | | | | | | |
| 1798,4 | | | 0 | 186726 | 186726 | 708720 | | | | | | | | | | | |
| 1820,7 | | | 0 | 190828 | 190828 | 730260 | | | | | | | | | | | |
| 1842,8 | | | 0 | 194964 | 194964 | 752160 | | | | | | | | | | | |
| 1864,7 | | | 0 | 199134 | 199134 | 774420 | | | | | | | | | | | |
| 1886,4 | | | 0 | 203338 | 203338 | 797040 | | | | | | | | | | | |
| 1907,9 | | | 0 | 207576 | 207576 | 820020 | | | | | | | | | | | |
| 1929,2 | | | 0 | 211848 | 211848 | | | | | | | | | | | | |

¿Hasta qué punto pueden aplicarse las conclusiones anteriores a un puente metálico estáticamente indeterminado o un arco metálico de mampostería o de cemento armado? Es evidente casi, que si nuestras escalas de sobrecargas para los esfuerzos cortantes y momentos flectores pueden dar resultados algo distintos en el caso de vigas independientes, a menos que se trate de condiciones especiales, tendrán que dar resultados algo más favorables para vigas continuas, cantilevers, etc. Más todavía: no habría en realidad inconveniente alguno en extender las conclusiones para puentes inferiores a 8 metros si se quiere hacer el cálculo por cargas uniformes, pareciendo, sin embargo, que, hasta luces de 10 a 15 metros, el cálculo directo es más simple.

En realidad todos los datos consignados en nuestros cuadros se refieren al tren tipo de trocha de 1,676 m. Si la repartición de las cargas en las locomotoras y vehículos para otra trocha difiriera de una manera notable de la de dicho tren, podríamos siempre afirmar que para una cierta luz el error cometido al aplicar las escalas será pequeño, pero no que se obtendrá también después de los 8 metros de longitud del tramo. Pero si las cargas, al variar, mantuvieran una cierta uniformidad con las del otro tren, especialmente quedando constante o poco diferente la relación del peso por metro de locomotoras al de los vagones, los resultados serán los mismos y, por lo tanto, generales.

De ahí, pues, una nueva necesidad práctica de tener esos trenes uniformes a que me he referido en el artículo citado, publicado en la *Revista Técnica*, facilitándose y generalizándose con ellos todos los resultados. Justamente los trenes definitivos que he propuesto, indicados anteriormente, responden en lo mejor posible a esa condición.

En virtud de todo lo expuesto resulta, pues, que a menos de tratarse de obras excepcionales por su dimensión y forma, las dos clases de escalas de sobrecargas son generales para todos los puentes, cualquiera que sea el material que los constituya. Suponiendo por otra parte conocidos los pesos propios de las obras y la acción del viento, tendremos, con nuestras dos escalas, conocidas las cargas totales a aplicar para determinar los esfuerzos cortantes y momentos flectores, de cuyo conocimiento depende el cálculo de la obra.

En particular para los puentes metálicos deben tenerse presente las siguientes reglas:

a) Para el cálculo de los cordones de las vigas principales de los puentes metálicos de tramos independientes, la carga accidental por metro de vía será la de la escala *a* y repartida en toda la longitud entre apoyos.

Si se trata de vigas principales de un arco, con ó sin tímpanos rígidos, se podrá aún, para no volver a los trenes tipos, emplear la escala *a*; será necesario solamente considerar la carga que corresponde a la longitud sobrecargada y no a toda la luz.

b) Para el cálculo del alma llena o de los montantes y diagonales en las mismas vigas, en cuanto a esfuerzos cortantes y efectos de corte, se usará la escala *b*, tomando como entrada, en el cuadro VI,

la longitud sobrecargada (1). Para las vigas independientes usuales esta longitud será distinta para cada sección, y se extenderá desde ésta a uno u otro de los apoyos, según el sentido del esfuerzo cortante buscado.

c) Para las vigas continuas se calcularán los cordones admitiendo, para los tramos sobrecargados, las cargas que, según la escala *a* corresponden a sus luces, teniendo en cuenta las combinaciones de sobrecarga, que producen los máximos momentos de flexión.

Para las diagonales y montantes se admitirán, para el tramo considerado, las cargas de la escala *b* y para las combinaciones de otros tramos sobrecargados simultáneamente, las cargas de la escala *a*.

d) Para los puentes de vigas-consolas (cantilevers, sistema Firth of Forth) se podrán también usar las escalas.

Se tratará naturalmente la construcción central, colocada sobre consolas, como una viga independiente siendo las cargas de apoyo, avaluadas según la escala *b*, los esfuerzos que será necesario suponer aplicados en la extremidad de las consolas (cantilevers). Se tendrán, además, en cuenta las cargas móviles, que éstas tienen que soportar directamente, utilizando las dos escalas como sigue:

Para el cálculo de los cordones se sobrecargan las consolas, según la escala *a* sobre toda la longitud, sirviéndose del doble de ella como entrada en el cuadro VI.

Para el cálculo de la parte de celosía se sobrecargarán las consolas según la escala *b*, desde su extremidad a la sección considerada, tomando esta longitud sobrecargada aumentada de su mitad, como entrada en el cuadro VI.

e) Las longrinas pueden ser tratadas como vigas principales de pequeños puentes, apoyándose sobre las viguetas como si fueran estribos o pilares.

f) Las viguetas se considerarán como pilares o estribos soportando las longrinas como vigas principales.

Para el cálculo de las vigas transversales intermedias se admitirá como carga móvil, la mitad de la carga total que, según la escala *a*, se aplicaría a un puente teniendo por luz la distancia entre las dos vigas transversales inmediatas a la considerada.

La prueba de los puentes metálicos. — Son conocidos los notables trabajos realizados por diversos ingenieros, especialmente por Rabut, para el estudio experimental de los puentes metálicos, con objeto de deducir nuevas teorías o verificar los métodos de cálculo empleados. Desgraciadamente, no es posible proceder del mismo modo con cada una de las obras que se construyen; de donde surge la necesidad de emplear, o mejor dicho, continuar empleando los métodos más expeditos fundados en la flexión elástica, el examen de las diversas partes de la obra y apoyos y a lo más el del trabajo de determinadas piezas que parecen encontrarse en condiciones desfa-

(1) En los puentes en arco, las longitudes a sobrecargar serían objeto de una investigación especial.

vorables. Limitado así, el examen de un puente no tiene en realidad una importancia grande; es para el ingeniero una simple indicación de sus condiciones de estabilidad, y en todo caso de que no se realicen las previsiones del cálculo, intervendrá el criterio profesional para juzgar si la obra debe o no ser aceptada y entregada al servicio.

En el Congreso de Ferrocarriles de 1900, el relator de la sección relativa al cálculo y prueba de puentes, decía: "Las sobrecargas de prueba iniciales y periódicas usadas en casi todos los países para los puentes metálicos, son indispensables; constituyen una garantía de seguridad que se debe al público de viajeros y al personal de servicio. Sin embargo, los resultados favorables suministrados por estas pruebas no constituyen más que una indicación para los ingenieros; no dispensan de ninguna manera del servicio detallado de vigilancia y conservación con cernientes á todas las partes que componen cada construcción".

La prueba más simple que se puede realizar en los puentes metálicos nuevos, y con mayor razón en los que están en servicio, para no interrumpir mucho la continuidad del tráfico, es la determinación de las flechas y su comparación con las flechas calculadas. Esto exige, naturalmente, el cálculo elástico para las cargas de que se dispondrá realmente en el terreno.

Ahora bien, si se reflexiona sobre lo que se ha indicado del grado de confianza que deben inspirarnos las pruebas sobre las variaciones de los módulos de elasticidad, para los cuales se adoptan promedios, los errores que se introducen en el cálculo de la deformación por no tener en cuenta diversos esfuerzos secundarios, etc., se comprende que la adopción de sobrecargas poco diferentes, en repartición ó intensidad, de las cargas reales no modificarán sensiblemente los resultados teóricos que la práctica no siempre confirmará.

Hemos visto cómo para el cálculo de las dimensiones de un puente se pueden emplear sin inconveniente las escalas a y b de momentos flectores y esfuerzos cortantes. Cada una de ellas suministra determinados valores de las tensiones máximas en las barras. Para los cordones debe cargarse todo el puente; para las barras de celosía solo una parte.

Supongamos por un momento el puente sometido a toda la carga uniforme que da la escala a y que corresponde á cierto eje que producía el momento máximo en la sección central, aumentada luego, como hemos dicho, en un pequeño porcentaje para tener en cuenta el efecto en el sexto de la luz. Es claro que mientras el eje dado permanece en el centro del puente, no está en general en el sexto de la luz el eje que producía en esta última sección el momento máximo. De ahí que la diferencia entre los momentos en el centro de la luz y de los momentos simultáneos en otras secciones, particularmente la del sexto, sean superiores, en general, a los que asignan los cuadros II y IV. Para tener una idea de la importancia de estas diferencias, hemos calculado los momentos simultáneos para diferentes luces, con relación a los que de la escala a .

Como en las fórmulas (4) y (6), m indica la relación de distancias de la sección a los apoyos izquierdo y derecho respectivamente. Para las $m-1$ secciones intermedias distintas de la central y equidistantes de derecha a izquierda, los momentos flectores reales tienen el siguiente mayor porcentaje con relación al momento que daría la carga uniforme calculada para el centro:

Para $l = 15$ y $m = 5$; + 12,1; - 5,9; - 7,3; + 8,1
 „ $l = 20$ „ $m = 4$; + 12,9; + 2, ; + 2,8; + 2,9
 „ $l = 30$ „ $m = 5$; + 4,4; + 4,7; + 2,4; + 5,
 „ $l = 35$ „ $m = 6$; + 3,9; + 3,7; + 2,5; + 0,19; + 0,09; + 5,
 „ $l = 40$ „ $m = 7$; + 4,5; + 0,06; + 1,6; + 3,5; + 1,6; + 4,9
 „ $l = 60$ „ $m = 5$; + 0,33; + 0,32; + 3,5; + 4,5
 „ $l = 120$ „ $m = 4$; - 2,8; + 3,4; + 2,1; + 3,4

Vemos, pues, que a partir de cierta luz, el empleo de la carga uniforme de la escala a dará para los momentos flectores y, por lo tanto, para los esfuerzos en los cordones, valores muy poco diferentes de los reales.

Si en lugar de suponer, para cada luz, el tren colocado de tal modo que esté en la sección central el eje al cual corresponde la carga de la escala a , suponemos colocado otro eje (que en consecuencia dará una carga uniforme inferior), los porcentajes precedentes serán aún menores. También podrá aumentarse la carga uniforme de la mitad de la diferencia máxima reduciéndose el error en una mínima proporción.

Por lo tanto, podemos siempre encontrar para cada luz de puente una posición del tren de cálculo, gravitando en la totalidad o casi totalidad del mismo, tal que los momentos flectores simultáneos en todas las secciones difieran muy poco de los momentos que daría una cierta carga uniformemente repartida fácil de determinar, y esto para todas las luces mayores de 10 metros (límite a partir del cual se acostumbra a probar los puentes). Con esta sobrecarga uniforme se calculan rápidamente todos los esfuerzos en las barras y la deformación elástica resultante: es claro que la escala b no puede aplicarse para las barras de celosía porque para su determinación se admite sólo una parte del tramo sobrecargado. Si se dispusiera, pues, en el terreno, de un tren igual al de prueba, nada más fácil que comparar experimentalmente la flecha producida a la calculada. Si no se dispone de este tren, se calculará la carga uniforme equivalente al tren disponible y una simple proporción dará la flecha teórica que debe compararse a la experiencia. Mediante estas proporciones resulta muy simple renovar las pruebas de puentes, aun cuando cambien los trenes en uso, sin tener que repetir cada vez cálculos largos y fastidiosos.

Si se quiere estudiar especialmente el comportamiento de una barra, basta realizar ya con el tren tipo, ya con el tren real una carga uniformemente repartida equivalente que gravitará, al hacer la prueba, sobre la misma parte del puente que, en la teoría, es necesaria para producir el efecto máximo o más desfavorable.

Finalmente, una empresa puede realizar la prueba de sus puentes en condiciones más ventajosas aun,

para la comparación de lo teórico con lo real, si adopta para los ensayos un tren compuesto únicamente de tenders, o aun de vagones, prefiriéndose los de 2 o 3 ejes todos del mismo tipo y capacidad.

En resumen, si la deformación elástica de un puente se determina para cargas uniformemente repartidas, en la práctica pueden realizarse fácilmente dichas cargas: los resultados a comparar en la experiencia se deducen mediante simples proporciones. Una vez analizados dichos resultados podrá tenerse una opinión definitiva sobre el comportamiento de la obra. Bastará que cada empresa determine las escalas *a* y *b* o análogas para el tren de que dispondrá.

En cuanto a los esfuerzos y deformaciones debidas a la carga permanente nada de particular tenemos que agregar.

Reglamento para el cálculo y prueba de puentes metálicos. — Aun cuando algunas de las conclusiones a que hemos llegado podrían aplicarse a los puentes de cualquier clase, hemos estudiado por ahora lo que concierne a los puentes metálicos a fin de conseguir una nueva reglamentación oficial.

En esta clase de cuestiones no podemos ni debemos procurar otra cosa que adaptar a nuestro país lo que se hace en otros. A causa del carácter de nuestras líneas férreas, el origen de los capitales y la forma en que se han otorgado las concesiones parece deber apartarse toda intervención oficial en la adquisición de los materiales; hay que suponer que responden de hecho a las condiciones exigidas por los gobiernos europeos.

Tomando, pues, el reglamento suizo de 1913, que nos ha parecido el más moderno y completo, suprimiendo el capítulo relativo a las cualidades y ensayos del material y adaptando el resto a las condiciones de nuestro país, teniendo además en cuenta todo lo expuesto, hemos redactado el reglamento para el cálculo y prueba de los puentes metálicos que agregamos como anexo y esperamos merecerá la aprobación del P. E. La mayor parte de las empresas ferroviarias han dado su conformidad al mismo, en casi todos sus detalles, habiéndoseles siempre dado intervención amplia para tratar esta importante cuestión.

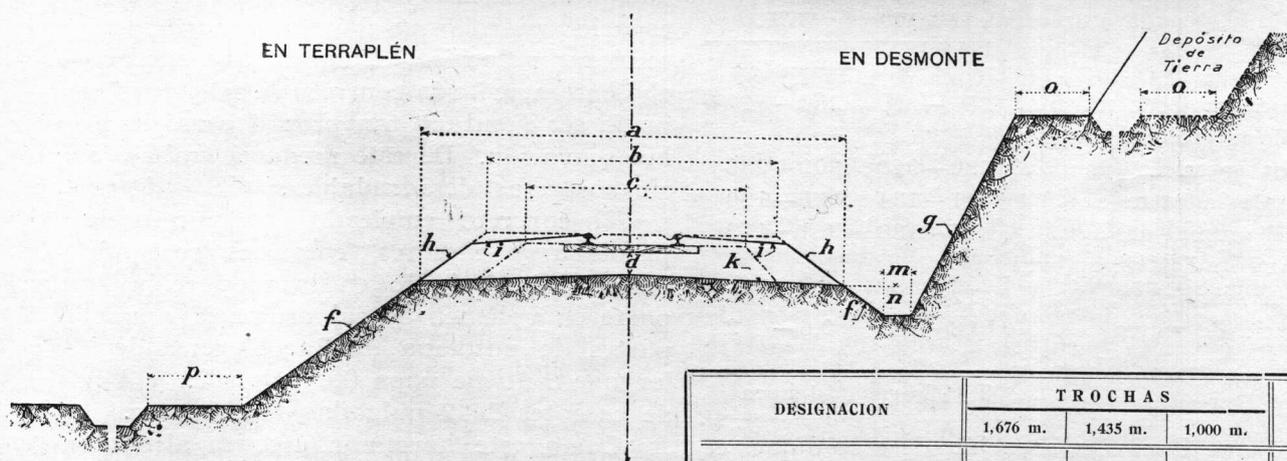
Especialmente las cuatro empresas de trocha ancha más importantes del país (Sud, Oeste, Pacífico y Central Argentino) han dedicado una atención especial al asunto, encomendando al ingeniero Lowe Brown el estudio de la cuestión. Este distinguido ingeniero, ex director de las Obras del Subterráneo del Ferrocarril Oeste, y actual jefe de Vía y Obras de la Empresa, nos ha presentado un notable estudio del cálculo y prueba de los puentes, del cual no hemos vacilado en tomar numerosas partes sin modificación alguna: su gran experiencia y preparación teórica en esta clase de cuestiones nos han sido de gran utilidad. Por otra parte, es siempre grato llegar a armonizar en todo lo posible las tendencias oficiales con los intereses de las empresas, como casi ha sucedido en el caso actual.

Enero de 1916.

B. LAUREL.

(Terminará)

PERFILES TRANSVERSALES DE LA VIA APROBADOS POR DECRETO DE ABRIL 19 DE 1916



NOTAS

I. — Con balastos de buena calidad, el nivel de los mismos podrá limitarse hasta la cara superior de los durmientes.

II. — El contacto del balasto con el riel, debe evitarse en los terrenos salitrosos.

III. — Las cunetas de desagüe podrán suprimirse en los terrenos socavables.

IV. — Las inclinaciones consignadas indican relación de altura a base.

Febrero de 1916.

El Inspector General de Construcciones Particulares
BERNARDO LAUREL

El Director General de Ferrocarriles
PABLO NOGUES

| DESIGNACION | TROCHAS | | | OBSERVACIONES |
|--|-------------|-------------|-------------|------------------|
| | 1,676 m. | 1,435 m. | 1,000 m. | |
| PLATAFORMA | | | | |
| <i>a</i> | 5,60 m. | 5,30 m. | 4,40 m. | Mínima |
| <i>f</i> (Tierra) | 2 : 3 | 2 : 3 | 2 : 3 | Máxima |
| <i>f</i> (Tosca, etc.) | 1 : 1 | 1 : 1 | 1 : 1 | id. |
| <i>g</i> (Tierra suelta) | 2 : 3 | 2 : 3 | 2 : 3 | id. |
| <i>g</i> (Id. dura) | 1 : 1 | 1 : 1 | 1 : 1 | id. |
| <i>g</i> (Tosca y Terrenos análogos) | 3 : 2 | 3 : 2 | 3 : 2 | id. |
| <i>g</i> (Roca) | | | | Máxima, vertical |
| <i>k</i> | 1 : 50 | 1 : 50 | 1 : 50 | Normal |
| <i>k</i> | 1 : 20 | 1 : 20 | 1 : 20 | Máxima |
| <i>m</i> | 0,30 m. | 0,30 m. | 0,30 m. | Mínima |
| <i>n</i> | 0,24 m. | 0,24 m. | 0,24 m. | id. |
| <i>o</i> | 1,00 m. | 1,00 m. | 1,00 m. | id. |
| <i>p</i> | 2,00 m. | 2,00 m. | 2,00 m. | id. |
| BALASTO DE PIEDRA | | | | |
| <i>c</i> | 3,15 m. | 2,80 m. | 2,50 m. | Mínima |
| <i>d</i> | 0,25 m. (I) | 0,25 m. (I) | 0,25 m. (J) | id. |
| <i>h</i> | 1 : 1 | 1 : 1 | 1 : 1 | Máxima |
| OTROS BALASTOS | | | | |
| <i>b</i> | 3,90 m. | 3,50 m. | 2,70 m. | Mínima |
| <i>d</i> | 0,20 m. | 0,20 m. | 0,20 m. | id. |
| <i>h</i> | 2 : 3 | 2 : 3 | 2 : 3 | Máxima |
| <i>i</i> | 1 : 20 | 1 : 20 | 1 : 20 | id. |

NOTA : (1) Para vías auxiliares, el mínimo será 0,20 m.

HIDRAULICA

DIQUES DE CARENA ULTIMAMENTE CONSTRUIDOS EN ITALIA

DESCRIPCION GENERAL

Los principales puertos italianos están provistos de diques de carena suficientes para las necesidades de la armada y la navegación mercantil. Entre los mejores y más grandes se puede mencionar el dique seco del arsenal de marina de Spezia, y los del puerto comercial de Génova construídos en 1892 por el autor, y entre los más recientes, los de Nápoles y Palermo. El largo de ellos varía de 600 a 720 piés (183 á 220 metros), de modo que pueden admitir los buques más grandes que navegan en el mar Mediterráneo.

Hasta hace poco no se podía decir lo mismo de los arsenales navales de Venecia y Taranto, en los que se notaba la falta de algún dique de carena moderno, capaz de admitir los Super-Dreadnoughts actuales.

En el año 1911 se decidió la construcción en esos puertos de diques de las dimensiones siguientes:

| | TARANTO | | VENEZIA | |
|--|---------|-------|---------|-------|
| | metros | piés | metros | piés |
| Largo actual de la entrada.. | 250 | 820 | 250 | 820 |
| Los diques pueden ser alargados hasta | 280 | 920 | 300 | 986 |
| Ancho de la entrada | 41 | 134 | 36,5 | 120 |
| A nivel normal del agua.... | 40,5 | 133 | 36,1 | 119 |
| Profundidad del umbral (aguas normales)..... | 12 | 39,4 | 11 | 36,2 |
| Diferencia de marea..... | 0,3 | 1 | 0,6 | 2 |
| Tiempo para desagotar el dique | 3 ½ | horas | 4 | horas |

Lo que llama la atención de esos diques es su ancho excepcional -- 134 piés a la entrada -- que talvéz los haga los más anchos existentes.

Esta dimensión excepcional fué adoptada para permitir la admisión de buques en estado tan averiado que necesiten ayuda de *flotadores* laterales para impedir su hundimiento.

La conveniencia de esta sábia previsión fué demostrada con motivo de las operaciones de salvataje del crucero de batalla "San Giorgio".

Otro aspecto importante de estos nuevos diques de carena es la gran profundidad del umbral, (de 8 a 10 piés más que la usual),

y también su facultad para admitir buques hasta en estado de submersión es casi completa.

SISTEMA DE CONSTRUCCION

El dique excavado en Taranto, (Fig. N.º 1) que ahora está casi concluído, fué construído en tierra seca, sin dificultades especiales y por medio de métodos ordinarios. Está fundado sobre una capa de arcilla compacta.

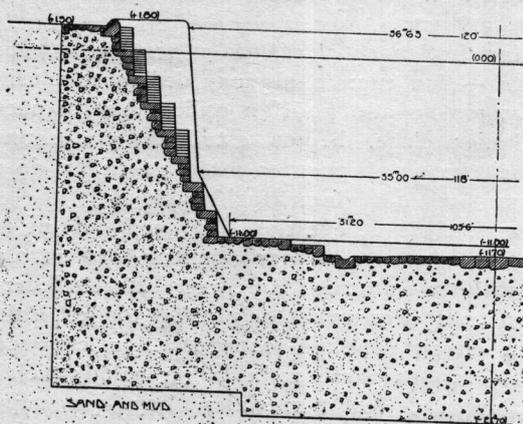


Fig. 1. Dique de carena de Venecia.

Las dos paredes laterales fueron construídas primeramente entre tablestacas, dejando el espacio central, que fué excavado después por secciones reducidas, de modo que el piso -- hecho enteramente de concreto de cal y puzolana, -- podía ser ejecutado tan pronto como avanzaba la excavación. De este modo el trabajo siguió sin sorpresas desagradables.

El concreto empleado, compuesto de cal, puzolana y cascotes, como es costumbre en Italia, fué empleado en la proporción de una parte en volumen de cal ordinaria apagada, 2 partes de puzolana de Bacoli, cerca de Nápoles, que contiene unos 60 % de sílice y 4 partes de cascotes de 2 pulgadas de diámetro.

Como este hormigón necesita alrededor de 2 semanas para fraguar y adquirir la suficiente consistencia que permita la colocación de otra capa, se dispuso apurar el fraguado agregando 8 Kg. de cemento Portland por cada metro cúbico de concreto, lo que aumentaba la resistencia a la compresión considerablemente, es decir, de 95 a 160 libras por pulgada cuadrada después de 28 días. (6 a 11 Kg. por cm. cuadrado).

El dique de carena de Venecia (Fig. N.º 2) se construyó en el mar sobre un fondo de arena mezclada con un poco de arcilla, bastante compacta,

pero muy permeable. Así es que esta obra fué ejecutada bajo el agua, por medio de cajones de aire comprimido, suspendidos por pontones y que podían ser levantados tan pronto como se concluía una capa. Se colocaban unos 200 m³ durante las 20 horas que constituye un día de trabajo. Este método es muy común

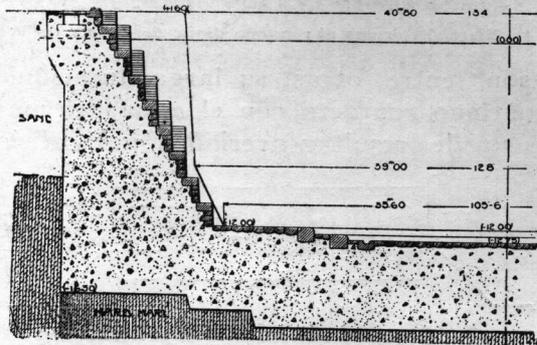


Fig. 2. Dique de carena de Taranto.

en Italia. Los diques secos de Génova, Nápoles y Palermo fueron todos construídos de esta manera, sin ninguna dificultad especial, aunque con un costo muy elevado.

Para evitar el peligro de descomposición del hormigón de cemento provocado por la filtración del agua de mar cuando el dique está seco, se agrega al cemento algo de puzolana.

Esta, siendo rica en sílice, neutraliza todo el exceso de cal que presenta en el hormigón y forma un compuesto que deberá resistir a la descomposición durante siglos, así como las obras romanas hechas con puzolana han resistido hasta la actualidad.

Las proporciones adoptadas fueron:

| | Revestimiento externo | Corazón |
|-----------------------|-----------------------|---------------------|
| Cemento Portland..... | 850 litros | 550 litros |
| Puzolana..... | 0,10 m ³ | 0,07 m ³ |
| Arena..... | 0,45 „ | 0,44 „ |
| Cascotes..... | 1,00 „ | 1,00 „ |

En el concreto N° 1, destinado al revestimiento exterior, se aumentó la cantidad de cemento y puzolana para obtener más compacidad e impermeabilidad. Bajo una presión de 30 piés de agua no mostró ninguna señal de filtración después de tres días. La resistencia contra rotura por compresión después de 7 y 28 días respectivamente, es de 1690 libras y 2180 libras por pulgada cuadrada (76 y 153 kg. por cm. ²). Todo el dique está revestido de mampostería excepto los huecos para los flotadores, que son de granito.

Las compuertas para cerrar la entrada a los diques de carena son de un tipo especial,

usado por primera vez en Génova, en 1892, por el autor, y aplicado después para obras semejantes en Italia, y también en los dos diques de carena de Bahía Blanca en la República Argentina.

Este tipo es de construcción muy sencilla. La compuerta es fácilmente movable y puede ser conservada en buen estado con un gasto mínimo. Debido a su forma completamente poliédrica y a su construcción, son accesibles en cualquier parte, incluso los tanques intermedios.

Estos están formados (ver figura N° 3) con dos vigas maestras, A B y C D unidas por las chapas A C y B D, formando entre las cuatro una viga hueca, la que al mismo tiempo funciona como flotador para levantar y bajar toda la compuerta. Esta viga hueca soporta un armazón C D F que se apoya en F contra el umbral y proporciona el apoyo rígido necesario para las chapas de hierro F G.

Encima de la viga hueca hay otro armazón A M H L y H N B L que sostiene la chapa de hierro H L atornillada a la viga M N la que al mismo tiempo sirve de pasaje para cruzar la entrada del dique.

El diafragma impermeable está formado por las chapas H L, L A, A C, C G, G F.

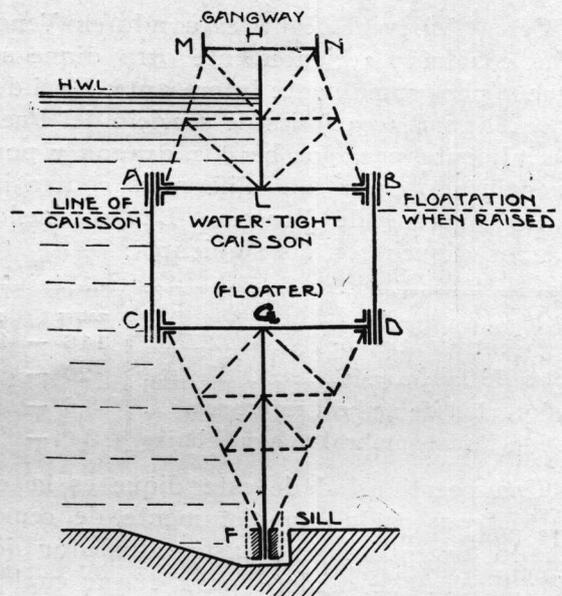


Fig. 3. Diagrama de la Compuerta Prof. Luiggi adoptada para los diques de carena de Genova, Nápoles, Palermo, Spezia, Taranto y Venecia en Italia, y Bahía Blanca en la República Argentina.

Siendo simétrica la compuerta, puede ser invertida, de modo que el frente que por un tiempo ha estado expuesto al agua de mar puede ser vuelto al lado interior del dique para ser limpiado y pintado.

La altura de la viga hueca A B C D excede de 8, 9 piés de manera que cada parte puede ser inspeccionada con facilidad y bien conservada.

La maniobra de la compuerta se hace simplemente abriendo o cerrando unas válvulas abajo o encima de la línea de flotación según la posición de la compuerta, es decir, si está en sus ranuras o flotando. De este modo y sin ayuda de ninguna bomba especial o agregado artificial de agua, la maniobra puede ser ejecutada por un solo hombre.

La única aplicación de bomba mecánica consiste en una bomba a mano que se usa para la extracción de la pequeña cantidad de agua que por filtraciones puede entrar en la viga hueca por alguna falla en las juntas de las chapas.

El costo de este tipo de compuerta—debido a la sencillez extremada de su construcción, hecha totalmente de piezas rectas, sin curva alguna — es solo alrededor de 70 % del de las compuertas de frentes curvados; también es más sencillo y seguro el cálculo de *resistencia* de las diferentes piezas, estando éstas dispuestas de modo que la presión sobre la quilla de la compuerta contra el umbral de entrada se puede conseguir casi uniforme en todo el contorno y limitada dentro del límite de 320 libras por pulgada cuadrada (22 kg. por cm. ²).

COMPUERTAS FLOTANTES DE CEMENTO ARMADO

Cerca del gran dique excavado en Venecia, se ha concluído recientemente otro dique seco, pequeño pero sumamente interesante. Está destinado a las embarcaciones de servicio del Puerto, especialmente para los barcos, dragas y pontones utilizados por los diferentes contratistas de los puertos de Venecia. Las dimensiones de estos diques son las siguientes:

| | metros | pies |
|--|--------|------|
| Largo entre extremos..... | 146 | 480 |
| Ancho de la entrada..... | 20 | 66 |
| Profundidad de umbral en creciente ... | 3,6 | 12 |
| Profundidad de umbral en aguas bajas | 3 | 10 |

Una peculiaridad de este dique es la compuerta, construída completamente de cemento armado, excepto las defensas alrededor de la quilla, hechas de madera para evitar cualquier daño producido por los choques de buques contra ella.

Las figuras 4, 5 y 6 explican suficientemente la forma y construcción de esta compuerta, que es, talvez, la primera de su clase.

Fué proyectada por Chev. Chiera, de la compañía Gabellini, de Roma, firma que se ha especializado en construcciones navales de cemento armado, desde embarcaciones para car-

bón y Lúpulo, hasta Ferry-boats de grandes dimensiones.

Las ventajass que tienen estas construccio-

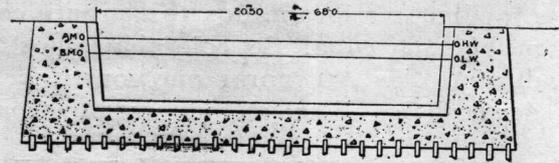


Fig. 4. Vista del acceso al pequeño dique de carena de Venecia.

nes son, entre otras, su larga duración, aun en continuo contacto con el agua del mar, y, en caso de resultar averiadas por colisiones,

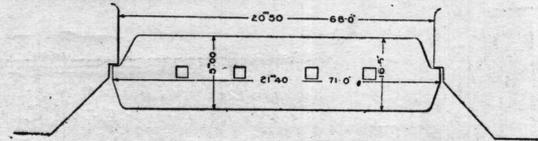


Fig. 5. Planta de la Compuerta.

su fácil arreglo con cemento. Además su costo es solamente la mitad de las compuertas de acero.

Hace cerca de 10 años que en Italia han

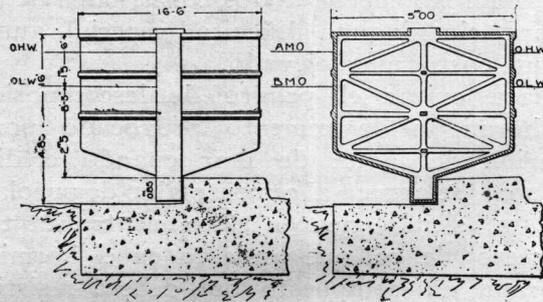


Fig. 6. Compuerta de cemento armado para el pequeño dique de carena de Venecia, (Vista en una cabecera y Sección).

sido usadas embarcaciones de esta clase, las que están todavía en buenas condiciones. Se adaptan especialmente a países tropicales, donde el hierro se oxida con rapidez.

CONCLUSION

Una vez concluída la construcción de los dos diques de Carena — de Venecia y de Taranto — la armada Italiana estará provista de lo necesario para poner en dique seco a buques hasta de 800 piés de largo y 110 piés de manga (244 y 33 metros). Los buques podrán entrar al dique aunque solamente se mantengan a flote mediante flotadores laterales, los cuales hasta ahora no han sido utilizados en estas condiciones para la entrada a ningún otro dique de carena. Estos diques secos ofrecen un aspecto novedoso en el tipo de sus compuertas.

Prof. LUIS LUIGGI
Ingeniero.

ELECTROTECNICA

Sección a cargo del Ing. Sr. José E. Durand

PROYECTO DE REGLAMENTACION DE CRUCES DE CONDUCCIONES ELECTRICAS CON FERROCARRILES

Las conducciones eléctricas a través de la zona de un ferrocarril, especialmente cuando, por su naturaleza y situación no están sometidas a una vigilancia incesante, implican siempre un peligro latente para la circulación. Es natural que las empresas ferroviarias, que tienen que contemplar intereses en general muy superiores a los de las empresas eléctricas, traten de intervenir lo más directa y eficazmente posible en la ejecución de las obras y en su futura conservación. Más aún, su propio personal debe estar garantido contra los graves accidentes que puedan resultar del estado defectuoso del cruce. Puede recordarse, entre otros, el ocurrido en Enero de 1910, en Tucumán, en que un foguista del Central Norte fué decapitado por hilos telefónicos demasiado bajos.

En muchas naciones existen reglamentaciones, algunas muy completas, pero en general poco concordantes entre sí, sobre tan importante cuestión. Probablemente el adelanto desigual de las industrias eléctricas en esos países, especialmente en lo que al transporte de energía se refiere, ha hecho que no se preocuparan de dar al asunto su mayor generalidad. Hay que confesar por otra parte que esta generalidad, tratándose de una industria que como la eléctrica ha progresado de una manera colosal, es bastante difícil de tener en cuenta; yo, que durante más de un año me he ocupado de este asunto, me he convencido de lo anterior a tal extremo que las bases que más adelante se presentarán, proyectadas con conocimiento de los reglamentos francés, alemán, etc., no las conceptúo del todo satisfactorias, y presentan sin duda muchas omisiones, algunas voluntarias.

De cualquier modo en nuestro país no existe nada al respecto y las empresas ferroviarias mismas están interesadas en obtener de las autoridades la reglamentación correspondiente. He tenido por esta causa oportunidad de ocuparme en la Dirección de Ferrocarriles de esta cuestión y como hasta la fecha no he hecho más que emitir opiniones, sin que se hayan aprobado, creo oportuno publicarlas. Las bases de la reglamentación que he preparado han sido

remitidas a las empresas ferroviarias y a varias empresas telefónicas, eléctricas y de tranvías, con el objeto de conseguir el mayor número posible de datos y objeciones para llegar a formular un reglamento definitivo, que, teniendo en primer término en vista la seguridad, contemple sin embargo los intereses creados y futuros de las empresas cruzadoras y cruzadas. Por eso no dudo que presentará interés esta publicación y que los señores gerentes de compañías eléctricas no tendrán inconveniente en discutir esas bases en la seguridad de que por mi parte, si me toca, como lo creo, formular el reglamento final, podré hacerlo lo más completo posible.

Hago desde luego notar que mi propósito ha sido y será evitar toda complicación y excesivos detalles, de tal modo que en los casos algo y muy complicados pueda cada interesado adoptar los procedimientos que estime más indicados dentro de las bases generales y probar su eficacia.

A continuación se indican dichas bases y se agrega el plano que en ellas se menciona.

1.—PRESCRIPCIONES GENERALES.

Art. 1º.— Los cruces de ferrocarriles por conductores eléctricos se clasifican como sigue.

- a) Los que pasan por calles o caminos públicos superiores al ferrocarril dentro de los parapetos de los puentes.
- b) *Cruces superiores*: los que pasan libremente sobre los rieles en la vía general, pasajes a nivel, cruzamiento de vías ferreas y pasajes superiores fuera de los parapetos de puentes.
- c) *Cruces inferiores*: los que pasan bajo los puentes y viaductos del ferrocarril.
- d) *Cruces subterráneos*: los que pasan bajo el plano de formación del ferrocarril.

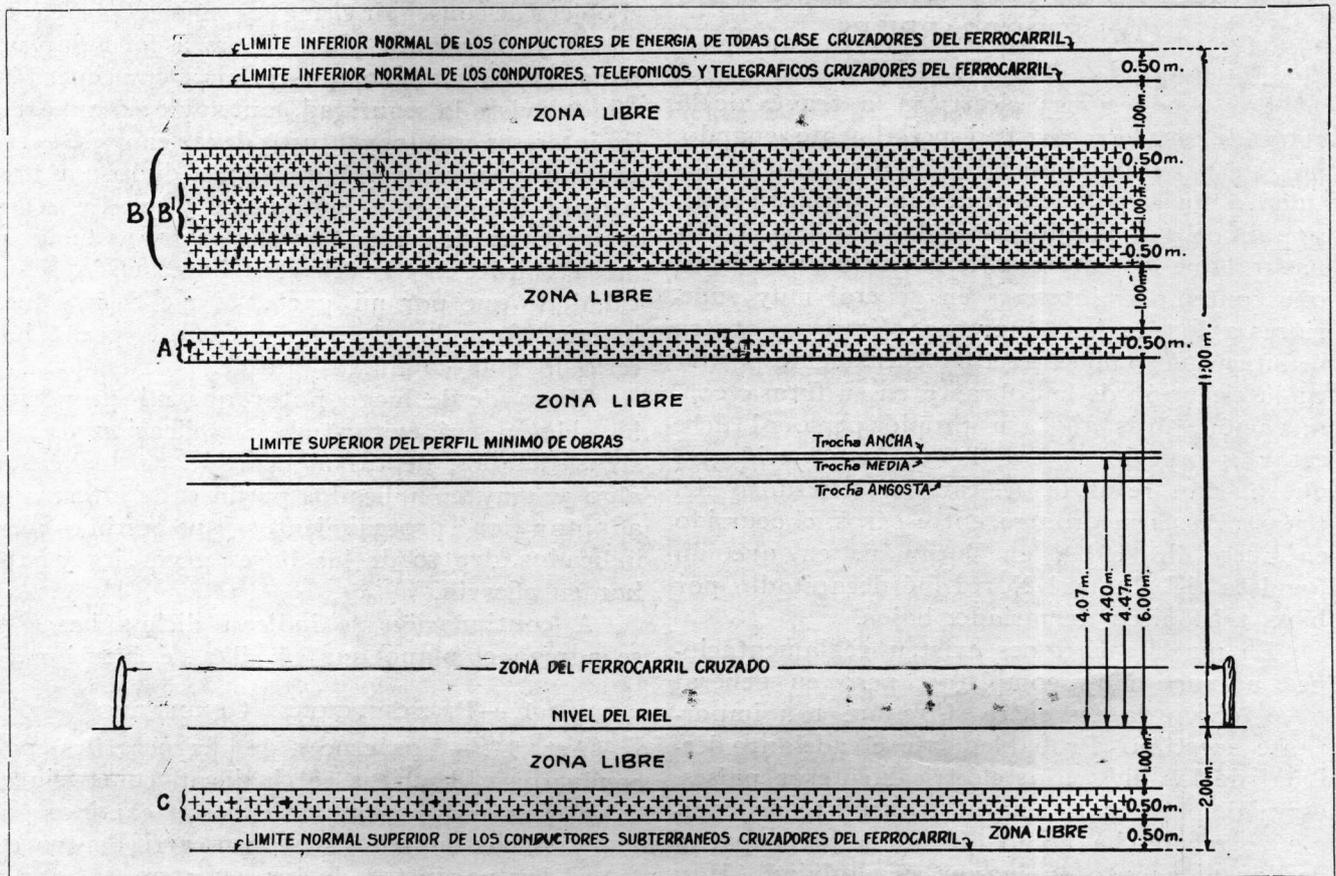
Art. 2º.— Dentro de la zona de las líneas férreas no podrán instalarse otros conductores eléctricos longitudinales que los de la empresa y los que ordenan las leyes y contratos de concesión, salvo casos especiales que autorice el P. E., a pedido de aquella y en las condiciones que en cada caso se impondrán.

Art. 3º.— Los conductores longitudinales, que pueden construirse según el artículo precedente, cuando son aéreos, en sus cruces con otros ferrocarriles o calles a nivel superiores, deberán pasar bajo los puentes o viaductos en las con-

diciones que se fijan para los de la clase c del artículo 1º.

Art. 4º. — Los conductores de la clase a quedan excluidos de la presente reglamentación, salvo que sus condiciones de instalación puedan afectar la seguridad del ferrocarril, en cuyo caso se dictarán las medidas especiales de seguridad que correspondan.

trate de líneas telegráficas o telefónicas de menos de 5 hilos. En todos los demás casos se acompañarán planos y cálculos justificativos de las condiciones de estabilidad del cruce, y si fueran líneas de transporte de energía también de las condiciones eléctricas del mismo. Tanto desde el punto de vista mecánico como eléctrico las condiciones de seguridad serán supe-



- A. Zona ocupada por los conductores longitudinales y transversales destinados a captación de energía por ferrocarriles, tranvías, etc. que deberán empalmar mecánicamente en el mismo plano.
 B. Zona normal ocupada por conductores telegráficos y telefónicos propios del ferrocarril cruzado.
 B'. Zona normal ocupada por conductores de energía del ferrocarril cruzado.
 C. Zona ocupada normalmente por conductores subterráneos del ferrocarril cruzado.

NOTA: Las conducciones paralelas que pueden presentarse en la extensión de la zona A y B deberán quedar a distancias tales que su influencia recíproca desaparezca, o serán las que se fijen por el P. E. al aprobar los planos generales de las conducciones mismas. Las conducciones transversales al ferrocarril se situarán a las distancias que marquen las autoridades bajo la cual se han establecido.

Art. 5º. — No se permitirá en adelante, la construcción de cruces de conductores eléctricos o modificación de los actuales si no se llenan los requisitos exigidos en el presente reglamento. Los interesados directamente o por intermedio de la empresa afectada, solicitarán la autorización necesaria de la Dirección General de los Ferrocarriles, acompañando su pedido con una memoria descriptiva y un croquis cuando se

trate de líneas telegráficas o telefónicas de menos de 5 hilos. En todos los demás casos se acompañarán planos y cálculos justificativos de las condiciones de estabilidad del cruce, y si fueran líneas de transporte de energía también de las condiciones eléctricas del mismo. Tanto desde el punto de vista mecánico como eléctrico las condiciones de seguridad serán supe-

Art. 6º. — Todas las obras del cruzamiento se ejecutarán bajo la inmediata vigilancia de las empresas afectadas, las cuales podrán suspender aquellas que infrinjan las disposiciones aprobadas o impedir las que no tengan aprobación, comunicando el hecho a la Dirección General de Ferrocarriles.

(Terminará)