

**Reglamento dictado por el Ministerio de Trabajos Públicos de Francia
para el cálculo y las pruebas de los puentes metálicos**

Comentarios explicativos e instrucciones facultativas. (8 de Enero de 1915)

Traducido para los ANALES DEL INSTITUTO DE INGENIEROS DE CHILE

POR

MIGUEL LETELIER

Capítulo primero

PUNTES FERROVIARIOS DESTINADOS A SOPORTAR VÍAS DE TROCHA NORMAL

§ 1.º *Bases de los cálculos de estabilidad*

ARTÍCULO PRIMERO

Carga permanente. Se introducirá en los cálculos la carga permanente efectiva, la que deberá ser justificada.

ARTÍCULO 2

Sobrecargas: tren tipo. La sobrecarga introducida en los cálculos será formada por un tren-tipo, compuesto de dos locomotoras con un tender, colocadas a la cabeza y seguidas de carros cargados.

Las dimensiones y peso de las locomotoras, ten-

ARTÍCULO PRIMERO

En caso de puentes de tipo corriente, se podrá estimar la carga permanente según las indicaciones obtenidas o bien de obras existentes o bien de cuadros numéricos, de fórmulas experimentales o abacos.

Este modo de justificación se admitirá igualmente en los anteproyectos, en los proyectos expeditos y superficiales que no exigen una cubicación previa y detallada.

Según es costumbre, la carga permanente se supondrá uniformemente repartida, salvo en aquellos casos en que de ello pueda resultar error sensible *por defecto* en los esfuerzos calculados.

ARTÍCULO 2

La locomotora, el tender y el carro cargado que entran en la constitución del tren tipo, difieren sensiblemente de las actualmente en servicio en los ferrocarriles franceses. Se ha procurado distribuir las sobrecargas de una manera sencilla y regular con el objeto de facilitar los cálculos numéricos de puentes. Las únicas condiciones que se han impuesto en la determinación del tren tipo

ders y carros son los que se indican en el cuadro siguiente y en la figura 1.

Designación	Locomotora	Tender	Carro cargado
Largo total	10 metros	10 metros	8 metros
Número de ejes	5	3	2
Espaciamiento de dos ejes consecutivos	1.50 mts.	3 metros	4 metros
Distancia de un tope al eje vecino	2 »	2 »	2 »
Carga por eje	20 toneladas	20 toneladas	20 toneladas
Peso total	100 »	60 toneladas	40 »
Peso medio por metro de longitud	10 »	6 «	5 »

Se asignará al tren sobre el puente, diversas posiciones sucesivas elegidas de manera que den lugar a que se produzcan los máximos esfuerzos en los diversos elementos de las armaduras principales. **

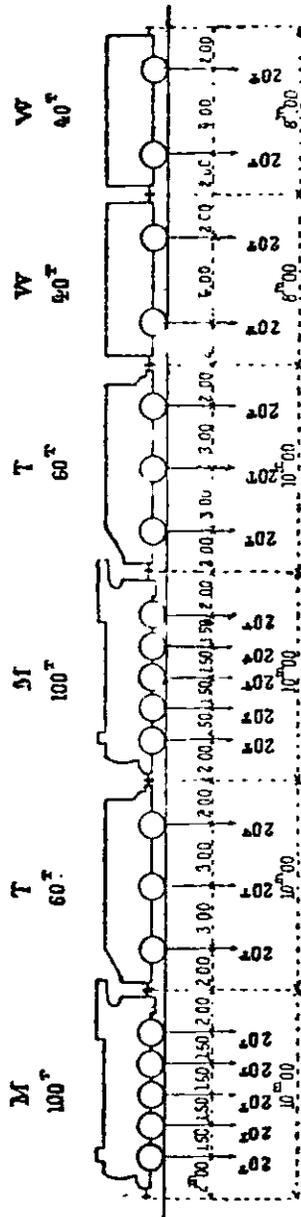
En el cálculo de las diferentes piezas del tablero que sostiene el tren (longuerinas, travesaños, etc., etc.) y también en el de las vigas principales de aquellos puentes cuya luz no es mayor que 16 metros, se aumentará a 26 toneladas el peso del eje central de la primera locomotora, que dista 5 metros de cada tope, y se reducirá a 17 toneladas el peso del primero y quinto eje de la misma.

En los puentes de doble vía se considerará la hipótesis de dos trenes tipo que marchan a la par en el mismo sentido.

son, por una parte, limitar o 20 toneladas la carga por eje y por otra una cierta forma de repartición de los pesos de manera de obtener en toda circunstancia y en todos los elementos de un puente, esfuerzos un poco superiores a los que producen los trenes mas pesados que trafican actualmente por la red francesa. fig. 1

** Con este objeto, la longitud del tren tipo podrá modificarse suprimiendo ya sea una locomotora y su tender, ya sea un número cualquiera de carros si de esta manera se obtienen los mayores esfuerzos buscados.

En el cálculo de una viga, las posiciones sucesivas del tren se determinan por la condición de realizar, en cada sección considerada, o el máximo esfuerzo de corte o el máximo momento flexionante.



En todo caso los elementos constitutivos del tren tipo, se substituirán por las locomotoras, tender y carros en servicio en la red a que ha de servir la obra por construir, en el caso que de ello resultara un aumento de los esfuerzos soportados por diversas partes de la obra. ***

Se autoriza a los ingenieros a reemplazar al tren tipo por una sobrecarga virtual continuamente reparada, si ella desarrolla, en el caso que se calcula, esfuerzos mayores o a lo menos iguales a los que produce el tren tipo. * * * *

ARTÍCULO 3

Acción del viento.—Se admitirá que la presión que el viento ejerce sobre un metro cuadrado de superficie vertical pueda llegar a 250 kgr. pero que el tránsito de los trenes se suspenderá desde que la presión llega a 150 kilogramos.

Sea: *A* el area total limitada por el contorno exterior de una viga, comprendidas las partes huecas;

B La superficie llena de la misma viga;

p La presión del viento, dirigido normalmente a esta viga.

Se admitirá:

1.º Que el empuje total ejercido por el viento contra la viga vale $p \times B$;

2.º Que la presión media p' del viento, detrás del abrigo formado por la primera viga, vale:

$$p' = p \left(1 - \frac{B}{A} \right)$$

Esta será la presión por metro cuadrado ejercido contra cualquier objeto protegido por la viga.

Si el puente es constituido por una serie de vigas que el viento atraviesa sucesivamente, las presiones ejercidas contra las superficies llenas B , B' , B'' , etc., de estas vigas irán decreciendo de la manera siguiente:

$$p' = p \left(1 - \frac{B}{A} \right)$$

*** Convendrá también en este caso, como en el de la locomotora tipo, considerar la hipótesis que uno de los ejes se aumente de peso y que el primero y el quinto disminuyan en consecuencia.

*** El empleo de sobrecarga virtuales hace más claros y simples los cálculos; y en consecuencia facilita y abrevia su verificación. Cuando los ingenieros usaren una sobrecarga virtual no admitida por la práctica corriente, deberán justificarla con referencias concluyentes.

ARTÍCULO 3

Las presiones máximas de que habla el Reglamento han sido estimadas con amplitud; en las circunstancias ordinarias, ellas garantizan completa seguridad.

Sin embargo, pertenecerá a los ingenieros, proponer mas fuertes presiones, ya sea sobre una viga directamente atacada por el viento, ya sobre un objeto, tren o viga protegida por aquella, cuando circunstancias excepcionales exijan a su juicio mayor prudencia.

Por el contrario, los Ingenieros podrán también, en caso de puentes convenientemente protegidos admitir una reducción de la intensidad del viento mayor o menor según las circunstancias.

En los dos casos enunciados, los Ingenieros deberán justificar la derogación de las reglas corrientes.

Cuando en una viga, la razón entre los huecos y las partes llenas, o la presión del viento más o menos reducida por los obstáculos que encuentre antes de la viga varien notablemente de una región a otra, será permitido a los Ingenieros, a fin de obtener resultados más exactos, efectuar un cálculo separado para cada región ya sea en lo correspondiente al empuje que reciba la viga misma, ya al empuje del viento sobre un objeto protegido por ella.

El empuje del viento sobre una armadura metálica produce frecuentemente un esfuerzo de torsión, que la Resistencia de los Materiales asimila al efecto de una sobrecarga virtual que se agregará a la sobrecarga real: sobrecarga equivalente al viento. Esta deberá ser tomada en consideración en los cálculos.

Generalmente el viento produce su máximo efecto cuando su dirección es horizontal y normal al eje de la vía férrea. Excepcionalmente los ingenieros se encontrarán obligados a calcular, ya sea bajo el punto de vista del equilibrio estático, ya sea del equilibrio elástico, los efectos de un viento orientado oblicuamente con respecto a la horizontal o al eje de la vía férrea. Deberán, en este caso, determinar la dirección peligrosa que se ha de considerar, y avaluar los efectos del viento que sople en esta dirección.

$$p'' = p \left(1 - \frac{B'}{A'} \right) = p \left(1 - \frac{B}{A} \right) \left(1 - \frac{B'}{A'} \right) \text{ etc.}$$

Un tren que ocupa el puente, se asimilará a una pantalla rectangular, llena, de 3 metros de altura, cuya arista inferior está a 0.50 mts. por encima del riel.

Para verificar el equilibrio estático del tablero, y de las pilas metálicas bajo la sollicitación del viento, se considerará la hipótesis de un tren formado de carros vacíos, cuyo peso por metro corrido de viga se reducirá a 1250 kilogramos.

ARTÍCULO 4

Efectos de la temperatura.
— *Influencias diversas.*

Siempre que una estructura de una construcción metálica no puede dilatarse y contraerse libremente, deberá tomarse en cuentas, en sus condiciones de estabilidad, la influencia de las variaciones de temperatura. *

Cuando los esfuerzos soportados por los elementos de un puente metálico en servicio pudieran ser aumentados por una causa distinta de las enunciadas anteriormente, pertenecerá a los Ingenieros definir esta causa, apreciar su acción y su importancia, y tomarla en cuenta en los cálculos de estabilidad. Si esta causa tiene relación con la sobrecarga de prueba, sus efectos se agregarán a los debidos a los pesos de la dicha sobrecarga.

Se procederá de la misma manera si la causa fuera asimilable a la acción del viento. **

ARTÍCULO 5

Armadura de los puentes.

Siempre que las operaciones de armadura y colocación de un puente, prescritas o provistas en el proyecto produzcan en algunos elementos esfuerzos superiores a los que haya de soportar la construcción en servicio, deberán ser tomados en cuenta en los cálculos de la resistencia de las piezas.

Lanzamiento.— Maniobra de los puentes móviles.

Esto se observará principalmente cuando la colocación haya de efectuarse por lanzamiento. *

Esta prescripción comprende, de una manera general, todas las circunstancias anormales o temporarias

ARTÍCULO 4

* Es conveniente justificar el valor admitido en los cálculos para la mayor diferencia de temperatura con respecto a la media.

En general, en el clima de Francia puede estimarse una máxima diferencia de $\pm 27^{\circ}$, que para el acero y el hierro fundido empleado en la construcción de puentes, corresponde sensiblemente a una dilatación o a una contracción lineal de $\pm 0,0003$ mts. es decir tres décimas de milímetro por metro.

** La prescripción del Reglamento relativa a influencias diversas, se refiere principalmente a aquellas obras ejecutadas en condiciones excepcionales; puentes en curva, defectos de invariabilidad en la dirección horizontal o en la vertical de los apoyos sobre pilas o estribos, que el cálculo teórico supone absolutamente fijos, etc. . . .

En el cálculo de un puente oblicuo, o de uno que soporte una vía en curva, se tomará en cuenta de disimetría de las sobrecargas, etc. . . .

ARTÍCULO 5

* Será, sin embargo, permitido a los Ingenieros, confiar esta obligación al empresario o contratista estipulándola en una cláusula del pliego de condiciones, dejando a éste amplia libertad en la elección del procedimiento de colocación, o bien encomendándole los estudios en vista de un procedimiento determinado. En estas circunstancias será obligación del empresario o contratista formular las proposiciones pertinentes a la armadura y colocación, debidamente justificadas por cálculos de estabilidad, si es necesario, y someterlas a la aprobación de los Ingenieros.

que puedan modificar en un sentido desfavorable las condiciones de estabilidad de un puente, a más de las circunstancias de su servicio normal.

Se aplica particularmente a las circunstancias en que se encuentran los puentes móviles en sus maniobras, durante las cuales se suspende el tránsito de los trenes.

§ 2.— Indicaciones para el cálculo

ARTÍCULO 6

Equilibrio estático.—Equilibrio elástico.

Deberá justificarse el equilibrio estático de un puente siempre que las acciones exteriores que obran sobre él parezcan susceptibles de producir un desplazamiento anormal del conjunto de la obra o de una parte de ella por traslación o rotación. *

Por lo concerniente al equilibrio elástico, se calcularán los esfuerzos que reciben los diversos elementos de la estructura metálica, y se constatará para cada uno de ellos que el trabajo elástico (fatiga elástica) correspondiente al máximo esfuerzo que deberá soportar no sobrepasará el límite de seguridad que prescriben los artículos 11 y siguientes.

Los cálculos se efectuarán conforme a los principios y procedimientos de la Resistencia de los Materiales. * *

ARTÍCULO 7

Sección bruta y sección neta.—El cálculo del trabajo elástico o fatiga del metal se establecerá partiendo de la sección neta de cada pieza la que se obtendrá restando de la sección bruta las partes huecas tales como agujeros para remaches y pernos.

ARTÍCULO 8

Trabajo elástico o fatiga del metal.

Se calculará separadamente para cada pieza y sección de la estructura metálica los esfuerzos PRINCIPALES

§ 2.—Indicaciones para el cálculo

ARTÍCULO 6

* Las acciones exteriores a que este artículo se refiere son las enumeradas en los artículos 1, 2, 3 y 4, y también en el artículo 5, este último sólo en lo concerniente a la maniobra de los puentes móviles.

Los Ingenieros indicarán el coeficiente de seguridad que juzguen conveniente admitir. Este coeficiente, en los puentes fijos, en cuanto sea posible no deberá ser inferior a 1.5, sin embargo, circunstancias particulares podrán justificar, en caso contrario, un aumento notable de este minimum.

* * Ningún método determinado, gráfico o numérico se recomienda o se impone. Los ingenieros tienen amplia libertad para proceder como lo estimen conveniente. Si el método adoptado significase una innovación de los procedimientos admitidos en la práctica, deberán justificar que sus métodos ofrecen completa garantía de exactitud y precisión de los resultados.

ARTÍCULO 7

En los proyectos expeditos y antiproyectos, será permitido a los Ingenieros basar el cálculo de las fatigas, sobre la sección bruta, sin deducir los huecos, con la condición de multiplicar el resultado por un coeficiente de aumento apropiado.

En las piezas compuestas de pilastras y perfiles ensamblados con remaches, en las circunstancias normales, se admitirá *a priori* que la sección neta representa, como término medio 0.833 de la sección bruta, y se adoptará en consecuencia el coeficiente de aumento 1, 2.

ARTÍCULO 8

* A más de los esfuerzos *principales calculables* por los procedimientos clásicos de la Resistencia de los Materiales, algunos elementos de los puentes, están

debidos a cada una de las causas enumeradas en los artículos 1, 2 y 3 o si es el caso en el Art. 4, y se deducirá los valores correspondientes del trabajo elástico o fatiga del metal, en kilogramos por milímetro cuadrado; se totalizarán en seguida los resultados parciales según las indicaciones contenidas en el artículo 11.

Si hubieren de aplicarse las prescripciones del artículo 5, los cálculos del caso se harán separadamente.

No se exige el cálculo de los esfuerzos *secundarios*; en la fijación de los límites de seguridad exigidos por el Reglamento, se ha tenido en cuenta las fatigas suplementarias que los diversos elementos de los puentes metálicos sufren por esta causa. Se exceptúan sin embargo las barras de enrejado o de triangulación de las vigas principales o armaduras maestras. Por causa del aumento de fatiga que para estas piezas resulta de la rigidez y de la excentricidad de sus ligazones con las cabezas, se aumentarán los esfuerzos principales en cierta proporción, que en las condiciones ordinarias de la práctica será ($\frac{1}{10}$) un décimo.

A los Ingenieros corresponderá, en los casos excepcionales en que juzguen que los esfuerzos secundarios en otros elementos del puente, puedan tener importancia anormal, tomarlos en cuenta, aumentando, para ello, los esfuerzos principales, o lo que es lo mismo, las secciones correspondientes a estos esfuerzos; en una proporción convenientemente fijada conforme a las reglas del arte y a las enseñanzas de la práctica.

sometidos a esfuerzos llamados secundarios, debidos a causas diversas, entre otras las que citamos a continuación.

Flección de una pieza por efecto de su propio peso, o de la presión directa del viento, siendo que el cálculo teórico supone explícitamente que la dicha pieza es simplemente extendida o comprimida.

Momentos de flección, llamados momentos de empotramiento, debido a la rigidez de los ensambles de remaches o pernos, a la excentricidad de las uniones, etc. . . . siendo que el cálculo teórico supone las piezas articuladas en sus extremos;

Acciones dinámicas proveniente ora de un choque, ora de una variación muy rápida, casi instantánea, del trabajo elástico cuando una sobrecarga móvil pasa con velocidad. Estas acciones se manifiestan en ciertos elementos de puentes o por movimientos periódicos oscilatorios o vibratorios; o por desplazamientos desordenados acompañados de sacudimientos (batimiento de las barras, ruido metálico proveniente de las barras que chocan entre sí.)

Debe también considerarse como consecuencia de un esfuerzo secundario, el pando que se manifiesta a veces en las piezas fleccionadas cuando su rigidez transversal es insuficiente en la dirección perpendicular al plano de flección. Esta diformación, que puede evitarse robusteciendo la pieza con refuerzos laterales (nervios, *goussets*, arriostras, cantoneras de borde) agrava la fatiga y debilita la resistencia.

No es obligado casi nunca el cálculo de los esfuerzos secundarios. Se advierte convencionalmente que ellos producen solamente un aumento moderado del trabajo elástico y que para contrarrestarlo es ampliamente suficiente la margen de seguridad que se obtiene de la diferencia intencionalmente guardada entre el límite práctico de trabajo y el límite de elasticidad del metal. Se exceptúan solamente en el reglamento las barras de enrejado o de triangulación de las vigas principales o armaduras maestras. El aumento de $\frac{1}{10}$ indicado para compensar el exceso de fatiga debido a la rigidez y excentricidad de los ensambles, no se fija imperativamente. Cuando el autor del proyecto, para atenuar o aún para evitar por completo el efecto de los esfuerzos secundarios, adopta medidas especiales, tendrá la facultad de disminuir y aún de suprimir el aumento de los esfuerzos secundarios. Por el contrario convendrá aumentarlo a más de 10% si por efecto de las disposiciones del enrejado, esta cifra se estimare insuficiente.

En los demás elementos de estructura metálica, longuerinas, travesaños, arriostras, barras de contra viento, cabezas, etc. el aumento de los esfuerzos principales para compensar los esfuerzos secundarios, será una medida de carácter excepcional. Los Ingenieros y Constructores, cuando estimen que en una pieza de esta categoría la fatiga secundaria sobrepase las circunstancias normales, deberán, ya sea calcular la fatiga suplementaria correspondiente para agregarla a la producida por los esfuerzos principales, ya sea tener en cuenta simplemente las circunstancias desfavorables consideradas, aumentando en proporción conveniente los valores

ARTÍCULO 9

Piezas comprimidas.—En toda pieza sometida a un esfuerzo normal de compresión, el trabajo elástico obtenido dividiendo este esfuerzo por la sección acta, se multiplicará por un coeficiente de aumento de la forma $1 + MN \frac{l^3}{I^2}$ a fin de tomar en cuenta la tendencia al pandeo.

La letra *M* significa un factor numérico que depende de la manera como está fijada la pieza en los elementos vecinos.

La letra *N* designa un factor numérico que depende de la elasticidad del metal. **

La letra *r* designa o el radio de giro mínimo de la sección transversal, o su radio de giro en el plano en que la pieza es susceptible de fleccionarse en una longitud *l*.

ARTÍCULO 10

Ensamblar.—Se calcularán los esfuerzos máximos a que estarán sometidos los ensambles mútuos de los elementos de un puente.

Se deducirá, para los remaches o pernos, la fatiga de cisalle (y) o de extensión (arrancamiento de las cabezas). *

de los esfuerzos principales indicados por los cálculos o lo que es lo mismo, las secciones determinadas según esos mismos esfuerzos no aumentados.

Se podrá fijar la tasa de dicho aumento de acuerdo con los procedimientos admitidos en la práctica, sin sujetarse a un cálculo teórico, cuyas indicaciones serían con frecuencia no exentas de crítica.

ARTÍCULO 9

* Como ejemplo he aquí los valores del factor numérico M en los cuatro casos teóricos.

1. Para una pieza articulada en sus dos extremos.

1/2. Para una pieza articulada en un extremo y empotrada en el otro;

1/4. Para una pieza empotrada en ambos extremos.

4. Para una pieza empotrada en un extremo y libre en el otro.

Los Ingenieros deberán apreciar hasta que punto un ensamble rígido que mantiene fija una sección de una pieza comprimida realiza un empotramiento; Casi siempre, es necesario en la práctica, considerar solamente un empotramiento *incompleto*.

** Como ejemplo, puede indicarse el valor 0,0001 para el coeficiente numérico N aplicable al acero laminado o moldeado que se emplea corrientemente en la construcción de puentes.

ARTÍCULO 10

* Los esfuerzos secundarios, cuyo cálculo no es obligatorio, agravan a veces notablemente la fatiga de los pernos o remaches, principalmente en los ensambles rígidos situados en la unión de dos elementos distintos de la estructura (momentos de empotramiento).

Es útil llamar la atención de los Ingenieros sobre este particular, porque los ensambles de esta categoría, y en especial la unión de las longuerinas con los travesaños y de éstos con las vigas principales han sido reconocidos siempre como puntos débiles de la construcción, como lo ha demostrado la mayor frecuencia con que allí se rompen y se sueltan los remaches.

El refuerzo eventual de un ensamble es un problema de orden práctico, que corresponde a la técnica de las construcciones.

Es conveniente pues, basarse, en estas cuestiones, en las enseñanzas de la experiencia y seguir los procedimientos de los prácticos, en vez de recurrir a hipótesis contestables y de difícil justificación.

§ 3.—Justificación de la estabilidad

ARTÍCULO 11

Límites de seguridad.—Se calculará separadamente, como se ha dicho en el artículo 8, los valores de las fatigas en cada elemento del puente y en sus diversas secciones, correspondientes a las causas enumeradas en los artículos 1, 2, 3 y 4, y para las influencias variables (art. 2, 3, y 4) poniéndose en las condiciones más desfavorables conforme a las reglas establecidas en la Resistencia de los Materiales y aumentando, si fuere del caso, los resultados brutos del cálculo en la proporción necesaria. (Piezas comprimidas. Esfuerzos secundarios).

Las letras siguientes designan para un mismo elemento de puente y la misma índole de fatiga los resultados así obtenidos.

- Carga permanente (litr.-1)..... c
- Sobrecarga (Art. 2)..... d
- Presión del viento (art. 3) $\left\{ \begin{array}{l} \text{a 150 Kgs.} \dots v \\ \text{a 250 Kgs.} \dots w \end{array} \right.$

Temperatura y causas diversas (Art. 4) excepto aquellas que dependen de la sobrecarga o del viento, cuyos efectos deben ser agregados a *d. v o w t.*

El puente será considerado como estable bajo el punto de vista del equilibrio elástico o de la fatiga del metal, si estos valores de las fatigas satisfacen a las condiciones que expresan las siguientes desigualdades:

$$\begin{aligned}
 (1) \quad 0.4(c + t) + d &\leq S_1 & (2) \quad \dots c + t + d &\leq R_1 \\
 (3) \quad 0.4(c + t) + d + v &\leq S_2 & (4) \quad c + t + d + v &\leq R_2 \\
 (5) \quad 0.4(c + t) + w &\leq S_3 & (6) \quad c + t + w &\leq R_3
 \end{aligned}$$

Las letras *S₁, R₁, S₂, R₂, S₃ y R₃* designan los límites de seguridad que dependen: 1.º de la naturaleza y calidad del metal empleado; 2.º de la clase de fatiga considerada; extensión, compresión, deslizamiento o cisalle.

Estos límites serán considerados como máximos. Los Ingenieros quedan ampliamente facultados para re-

ARTÍCULO 11

* La regla de seguridad (1) es aplicable siempre que la razón $\frac{d}{c+t}$ es mayor que la razón $\frac{S_1 - 0.4 R_1}{R_1 - S_1}$.

Si esto no fuera el caso se recurriría a la regla (2).

La regla (1) lleva a un valor total de la fatiga admisible que se expresa por la relación:

$$c + t + d = \frac{S_1 \left(1 + \frac{d}{c+t}\right)}{0.4 + \frac{d}{c+t}}$$

Para aplicar la regla (1) el procedimiento más cómodo y simple consistirá en introducir, en los cálculos de estabilidad relativa a la carga permanente, solamente los cuatro décimos de esta carga, y en reducir en la misma proporción los esfuerzos provenientes de las causas á que se refiere el artículo (4), que intervienen en el cálculo de la fatiga t , considerando, por ejemplo, solo los cuatro décimos de la máxima diferencia de temperatura admitida. Si se agrega a estos esfuerzos principales *reducidos* el esfuerzo principal *efectivo* debido a la sobrecarga, la fatiga en la pieza considerada, correspondiente al total de esfuerzos así obtenidos deberá ser inferior o a lo sumo igual al límite de seguridad fijado S_1 .

Las mismas observaciones se aplican a las reglas (3), (4), (5) y (6) que difieren de las reglas (1) y (2) solamente en que los límites de seguridad han sido aumentados.

** La estricta aplicación de una regla uniforme a todos los diversos elementos de una misma construcción, sin excepción alguna no escaparía de ser justamente criticada. Se ha admitido que los Ingenieros puedan, con justa razón, limitarse a fatigas inferiores a las de seguridad fijadas en el Reglamento, en ciertas piezas esenciales o en aquellas en que los cálculos nos fueran suficientemente precisos. Por el contrario en otros elementos cuya resistencia no influye en la estabilidad de conjunto de la armadura, no habría inconveniente en sobrepasar aquellos límites. Queda claramente establecido que no se exigirá justificación alguna, cualquiera que sea el aumento de peso que resulte, si la reducción de fatiga bajo los límites reglamentarios fuera obligada por sujeciones de orden práctico, como ser las debidas a los espesores y anchos mínimos de los palastros y perfiles comerciales empleados corrientemente en las construcciones metálicas, o la necesidad de disponer el espacio suficiente para la colocación de remaches y pernos de ensam-

bajar de esos límites las fatigas en ciertas partes o piezas de la estructura metálica cuando lo estimen conveniente en vista de circunstancias especiales de la obra proyectada o por motivos de orden práctico que se refieran a la técnica de las construcciones metálicas. En este caso quedan obligados a justificar este procedimiento, unicamente si de ello resultare un aumento considerable del peso de la armadura metálica. Y en consecuencia del costo de ejecución del puente, sin que este aumento aparezca *a priori* como inevitable.

Les será igualmente permitido sobrepasar sus límites cuando estimen que esta medida no compromete la estabilidad. Pero si el aumento es de cierta importancia deberán doblemente justificarlo, bajo el punto de vista de la seguridad y de la duración del puente a menos, evidentemente, que se trate de una construcción previsoría o temporaria). * *

Ningun límite de seguridad se impone explícitamente para las operaciones de armadura y colocación de los puentes. (Art. 5). A los Ingenieros y Constructores pertenecerá formular las proposiciones al respecto, y justificar que ellas no hacen aleatorias ni peligrosas las operaciones de que se trata, ni comprometerán la estabilidad del puente cuando esté en servicio, que estaría afectada si el metal en algunos elementos esenciales hubiere fatigado más allá del límite de elasticidad. Se aconseja mucha prudencia en cuanto signifique aumento de fatigas en los ensambles remachados; pudiera ser oportuno, si se procediera de otra manera, reforzar estos ensambles, sin que fuera necesario reforzar las piezas mismas que esos ensambles hacen solidarias.

ARTÍCULO 12

Acero laminado y moldeado. Los límites de seguridad serán los siguientes:
Tracción o Compresión $S_1 = 8$ Kgs. $R_1 = 12$ Kgs.
 $S_2 = 8.5$ » $R_2 = 12.5$ »
 $S_3 = 9$ » $R_3 = 13.00$ »

Deslizamiento o Cisalle. Los límites que más arriba se anotan para tracción y compresión se disminuirán en 1/5.*

ble, o la conveniencia de no emplear piezas demasiado delgadas y desprovistas de rigidez etc.

Cuando los Ingenieros, ya sea por investigaciones teóricas más profundas, ya sea por constataciones experimentales concluyentes, llegarán a presentar una evaluación más aproximada de los esfuerzos reales soportados por los elementos de un puente, no les es prohibido proponer límites de seguridad más elevados que los prescritos por el Reglamento, si justifican que sus proposiciones guardan un margen suficiente de estabilidad.

*** Puede citarse ejemplos en que, en la armadura de las estructuras metálicas, en verdad provisionales, constructores experimentados no han temido de llegar a fatigas de 18 Kg. en el acero laminado, sin experimentar ningún contratiempo. Parece imprudente ir más allá cualesquiera que fuesen las condiciones de la operación por efectuar. Ha sucedido algunas veces que después de una operación de lanzamiento de viga continua, terminada con éxito, se ha constatado deformaciones permanentes en las vigas principales, prueba irrecusable que el límite de elasticidad de metal ha sido sobrepasado. No es este un ejemplo digno de imitarse, pues toda deformación permanente de una estructura metálica es indicio de un deterioro del metal que disminuye la estabilidad y las garantías de duración de la construcción.

ARTÍCULO 12

En las fatigas de deslizamiento o cisalle, cada límite S o R será los ocho decimos $\left(\frac{8}{10}\right)$ del límite correspondiente a la tracción o compresión.

$$S_1 = \frac{8}{10} \times 8 \text{ Kg.} = 6.40 \qquad R_2 = \frac{8}{10} \times 12.50 \text{ Kg.} = 10 \text{ Kg.}$$

(Continuará)