

ridad de aquel señor, y por ser *precisamente* Ingeniero militar, circunstancia que da aún más valor al espíritu de justicia que se refleja en su artículo.

Nada tiene de extraño que, según dice el articulista de *El Liberal*, los señores Ministros de la Guerra y de Fomento hayan acogido, con verdadera simpatía, la reclamación de los Ingenieros militares, pues desde los elevados cargos que aquellos señores desempeñan, y con la multitud de cuestiones importantes que les están encomendadas, solamente pueden verlas (porque el tiempo es limitado), de una manera general y sin descender á detalles. Pero precisamente por esto, es necesario que las personas que cuentan con la autoridad debida á sus méritos y categoría en el Cuerpo de Ingenieros de Caminos, hagan ver claramente la situación de las cosas y los derechos que indiscutiblemente corresponden á este cuerpo tan desatendido en la actualidad como acreedor á lo contrario, y tengan en cuenta que, como ya he dicho, hay una porción de Ingenieros de esta clase, con su carrera terminada después de bastantes años de asiduos y difíciles estudios, que se hallan sin ocupación alguna, mientras en empresas particulares hay muchos cargos de nuestra profesión desempeñados por personas que nada tienen que ver con ella.

Si esto hacen los que pueden, tendrán la incondicional adhesión y unánime aplauso de todos los Ingenieros de Caminos.

CARLOS ALFONSO,
Ingeniero de Caminos.

30 de de Abril de 1893.

Ya compuesto y pronto á entrar en prensa este número, recibimos el artículo preinserto, lo que nos obligó á modificar la composición y aumentar la lectura, produciéndose el retraso en la tirada, que habrá de dispensársenos en gracia de la intención.

PARTE OFICIAL.

MINISTERIO DE FOMENTO

REAL ORDEN

Ilmo. Sr.: El Presidente de la Junta Consultiva de Caminos, Canales y Puertos ha remitido á este Ministerio la siguiente consulta, que la referida Corporación ha aprobado por unanimidad, á propuesta del Vocal, Inspector general de primera clase, D. Eduardo Saavedra:

«El sorprendente desarrollo que todas las industrias han alcanzado en la segunda mitad del espirante siglo, unido á las necesidades y exigencias de la moderna civilización, han influido por modo notable en la manera de ser de todos los pueblos, y especialmente en el arte de construir. Ocupa preferente lugar entre aquellas industrias la del hierro, que con los poderosos elementos que presta la maquinaria moderna, permite colocar este material en obra en cualquiera de sus estados, colado, maleable ó de acero, aunando lo más esbelto y elegante de la forma á la robustez que parecía propiedad exclusiva de las construcciones ciclópeas. La ciencia del Ingeniero, apreciando las facilidades que para el transporte y montaje ofrece dicho material, con las muy atendibles condiciones de baratura y rapidez en la fabricación, que también le acompañan, se ha apoderado de él dedicándole hace cincuenta años en otros países y algo menos en el nuestro, á la construcción, entre otras obras, de las necesarias para atravesar extensas corrientes ó salvar profundos abismos, sin que hayan sido motivo de arredro la importancia de aquéllas, ni la casi inconmensurable altura de éstos.

Ningún problema ha quedado sin resolver, vencidas han sido cuantas dificultades se han presentado; y sobre esas construcciones metálicas, que parecen haber

- JUNTA CONSULTIVA DE
CAMINOS, CANALES Y

oscurecido aquellos puentes y viaductos que aún recuerdan en nuestra patria el genio y poderío de otras civilizaciones que pasaron y pueblos que desaparecieron, las locomotoras cruzan con velocidades crecientes cada día, como creciente es también el peso de estas mismas máquinas y los trenes que arrastran. No sucede esto, sin embargo, sin menoscabo para la vida de tales construcciones, que, aun calculadas con esmero y con la previsión de toda clase de efectos, no pueden sustraerse á la acción de los distintos agentes que constantemente contribuyen á disminuir su resistencia.

La ruina de algunas, aunque pocas, de estas obras en Francia é Inglaterra, y de tantas en los pueblos del otro lado del Atlántico que han dado materia á un Ingeniero americano para formar hace dos años un voluminoso folleto, han despertado en determinados países el deseo de conocer el estado de resistencia en que tales obras se encontraban, y si con las nuevas sobrecargas á que se las sujeta, por el ya dicho aumento de peso de las locomotoras, tendrán las necesarias condiciones de resistencia para garantizar, en cuanto es posible, la debida seguridad en los trenes.

La situación de los puentes metálicos, desde el punto de vista de su resistencia, viene llamando la atención de los Ingenieros de todos los países, preguntándose con cierta legítima inquietud, si los construidos hace treinta años lo habían sido con todo el cuidado y esmero necesarios; si después de tan largo plazo, con una conservación tal vez no muy esmerada, acercándose al límite de su duración que algunos suponen ser de cuarenta á cincuenta años, y si con las nuevas sobrecargas á que se los somete por el aumento de peso de las locomotoras, tendrán las necesarias condiciones de resistencia que garanticen en cuanto es posible la seguridad. Esta cuestión debió tratarse en el último congreso internacional de ferrocarriles cele-

brado en San Petersburgo, estando encargado de ella el Ingeniero consultor del Estado ruso Sr. Belelonbsky, pero por falta de tiempo no llegó á discutirse.

Manifiesta dicho Ingeniero, en el cuestionario presentado, que tal asunto está á la orden del día porque el aumento de peso del material móvil exige apropiar las construcciones metálicas á las mayores sobrecargas, ó admitir el aumento de los coeficientes límites de resistencia adoptados para la construcción.

En Austria fué ya resuelta tal cuestión por orden ministerial de 15 de Septiembre de 1887, disponiéndose el reconocimiento de todos los puentes existentes, el cual dió por resultado el refuerzo de los mismos según lo pedía la seguridad de la circulación.

También en Rusia, al dictarse reglas para la construcción de puentes metálicos con motivo del empleo de locomotoras pesadas de cuatro ejes, se exigió en muchos casos que se reforzaran los puentes existentes.

La última circular del Ministerio de Obras públicas de Francia, fecha 29 de Agosto de 1891, ordena la comprobación de la resistencia de los puentes metálicos de los ferrocarriles, prescribiendo que en un plazo de cinco años deberá rehacerse el cálculo de resistencia en todos los tramos existentes, para apreciar si los esfuerzos soportados por el metal, bajo la influencia de las nuevas sobrecargas, alcanzan en algún punto un límite peligroso.

Las primeras y principales líneas construidas en España fueron abiertas á la explotación en los años de 1855 al 64, y desde esa fecha ha ido en aumento el peso de las locomotoras, limitadó entonces á unas treinta toneladas que cargaban sobre tres ejes, en una distancia del primero al tercero de 3'50 metros á 3'80 metros, al paso que hoy posee la Compañía de Madrid á Zaragoza y á Alicante máquinas con cuatro ejes de 47 toneladas y una distancia del primero al cuarto de 3'80 me-

tros, teniéndolas las del Norte de algo más de 48 toneladas.

Para tal aumento no parece que las Compañías han atendido á otra cosa que á la utilidad que reportaba para la tracción, pero tal vez se ha descuidado averiguar si los tramos metálicos contruidos para otras condiciones permitirían el servicio sin peligro de la seguridad, ó se creaba, por el contrario, una situación de desacuerdo entre los datos que debieron servir para el estudio de los proyectos de puentes y los mayores esfuerzos á que se van sometiendo con el aumento de peso de las nuevas sobrecargas, situación anormal é insegura que no debe prolongarse.

Sin entrar en un detallado y minucioso examen de las ventajas é inconvenientes de los puentes metálicos y la mayor ó menor oportunidad de su empleo, no siempre justificado, sabido es que la resistencia del hierro, la multitud de formas á que se presta, con la facilidad de los ensamblajes y empalmes para la ejecución de grandes tramos, así rectos como oblicuos, unido á la anulación ó disminución de empujes que evitan la construcción de estribos de grande espesor, que se traduce todo en definitiva por economía de tiempo y de dinero, son ventajas incontestables que hablan en favor de estas obras; pero no es menos cierto que las dilataciones y contracciones á que dan lugar las variaciones de temperatura, las influencias magnéticas, la oxidación que facilita el medio generalmente cargado de humedad en que se sitúan, los choques y vibraciones ocasionados por el paso de los trenes con la diferencia alternativa de flechas á que da lugar la carga permanente y la accidental, vibraciones que fatigan las diversas piezas, produciendo en los roblones una acción casi no interrumpida de cortadura, son causas que constantemente trabajan en contra de la duración del material, sin que se les haya prestado siempre la debida atención; y la reclaman hoy con mayor imperio por el aumento

ya dicho en las sobrecargas accidentales que, ocasionando mayores flechas, también da lugar á las consiguientes vibraciones más extensas.

Ante tal estado de cosas, la Junta considera que ha llegado el caso de llamar la atención del Gobierno sobre este asunto, y aconsejar que se proceda á un detenido reconocimiento de la situación y condiciones de resistencia en que se hallan los tramos metálicos de nuestras líneas de ancho normal, y ha acordado proponerlo á la Superioridad, indicando al propio tiempo el procedimiento y reglas que á su juicio pueden adoptarse para adquirir un exacto conocimiento de las garantías de seguridad que ofrecen hoy dichas obras.

No quiere decir por esto la Junta que todos los puentes contruidos carezcan de las necesarias, pues es muy posible que no pocos de las primeras épocas, cuando los Ingenieros tenían menos confianza en el material, no se le estimaba en tanto, ni los cálculos de resistencia estaban tan perfeccionados como hoy, tengan exceso de resistencia; pero de todas maneras importa conocer el mal para aplicar el necesario remedio allí donde haga falta, si quiera sea éste costoso y en ocasiones difícil; pues no debe olvidarse que el Estado tiene á su cargo la inspección de los ferrocarriles y el ineludible deber moral, por lo menos, de dar todas las seguridades posibles á la circulación.

Encomendado este servicio á los Ingenieros Jefes de las divisiones de ferrocarriles, estos funcionarios podrían disponer, en primer lugar, que se practicara un detenido reconocimiento en todos los detalles aparentes y ocultos de los tramos metálicos existentes, midiendo la sección de las piezas, apreciado el estado de los ensamblajes, el de los roblones, de la oxidación, pintura, etc., y hacer después un segundo trabajo técnico, con los datos adquiridos, dibujando las obras y desarrollando los cálculos y diagramas con arreglo á las sobrecargas y límites de re-

sistencia que hoy se hallan generalmente aceptados y en uso, y verificando pruebas en los casos en que lo crean conveniente, sin perjuicio de efectuarlas siempre que por consecuencia del reconocimiento se ejecuten trabajos de consolidación ó refuerzo de los tramos metálicos.

Para la primera de las operaciones indicadas, convendrá valerse de operarios que posean conocimientos prácticos en el trabajo del hierro, por haberlo forjado, laminado, ensamblado, montado en obra, etc., y con los datos así reunidos, los Ingenieros deberán practicar el segundo estudio, cuyo resultado habrán de comunicar á los concesionarios de las líneas para que éstos expongan en plazo breve lo que estimen oportuno respecto de cada obra, dando cuenta después á la Superioridad de todo lo actuado, con su opinión y la propuesta de lo que deba hacerse en cada caso.

Para el mejor cumplimiento del especial encargo que se da á los Ingenieros Jefes de las divisiones, las Compañías auxiliares y coadyuvarán al objeto por su parte, suministrando cuantos datos y noticias posean, así como los medios auxiliares necesarios.

Sin fijar un orden determinado para la práctica de los reconocimientos y cálculos, parece, sin embargo, que convendrá dar principio por los tramos metálicos más antiguos, especialmente por aquellos respecto de los cuales, por el conocimiento que del estado de las líneas deben tener las Divisiones de ferrocarriles, se abrigue alguna duda acerca de las condiciones de seguridad.

De cuanto se ha expuesto se deduce lógicamente, que si se atiende á la seguridad de los tramos metálicos ya construídos, no es menos preciso proponer los medios conducentes á evitar, en la medida posible, que en los nuevos que hayan de ejecutarse se caiga en iguales inconvenientes.

Preciso es reconocer que no siempre

se ha acudido con la debida discreción al empleo de tramos metálicos, estableciéndolos en puntos en que no lo justifican ni las condiciones de situación ni la falta de materiales apropiados para otro género de construcciones, y convendría que para lo sucesivo se limitase su adopción, exigiendo siempre que en el proyecto y en los informes de los funcionarios de la Administración se expongan las razones que motiven el empleo de los tramos metálicos, teniendo en cuenta las condiciones de desagüe; la calidad y abundancia de los materiales disponibles y su mayor ó menor facilidad para el transporte; el coste de cimientos, etc.; y en caso de resultar justificada la propuesta de la obra metálica, proyectada en condiciones que permitan inspeccionar fácilmente todas sus partes, reemplazar las piezas rotas ó averiadas, reforzar las que lleguen á estimarse débiles y reponer la pintura en todas.

Determinado el sistema y composición de los tramos, el punto de partida para establecer los cálculos de las dimensiones es la sobrecarga accidental que haya de imponerse como límite más desfavorable dentro de las previsiones de la prudencia. Los Gobiernos de Austria y de Francia han fijado reglas invariables, por las cuales se deben suponer determinadas cargas, uniformemente repartidas según sean las luces de los tramos, y distintas si se trata del cálculo de las cabezas de las vigas principales ó de las aspas ó diagonales.

La Junta entiende que tales minuciosidades administrativas invaden el campo científico, privativo de la competencia técnica del Ingeniero, y que son más propias de un Manual que de una circular de carácter preceptivo. Los autores de los proyectos deben tener libertad de adoptar en cada caso, según la probable aplicación de su obra, aquellas cargas que deban suponerse como más desfavorables para el cálculo de las diversas piezas, demostrando la suficiencia de sus hipótesis. Por eso la Junta no propone reglas inva-

riables, ni para transformar en carga uniformemente repartida la extendida desigualmente en todo ó parte de un tramo, ni para componer un tren tipo que deba tomarse como primer elemento de cálculo. Esto no obstante, no hay inconveniente en que para los casos ordinarios los Ingenieros acepten sin discusión lo dispuesto por las Administraciones extranjeras, cuyas disposiciones están basadas en los resultados de una experiencia prolongada y una previsión plausible.

La reciente instrucción francesa ordena que como base de cálculo se adopte la carga accidental correspondiente á un tren compuesto de dos locomotoras de cuatro ejes, con la separación entre éstos de 4'20 metros y la carga de 14 toneladas en cada uno; dos ténders con dos ejes de 12 toneladas por eje, y vagones de dos ejes con ocho toneladas sobre cada uno; tipo que la Junta estima perfectamente admisible, aunque resulta de un peso algo excesivo en relación con el del material hasta ahora adquirido por las Compañías españolas; pero teniendo en cuenta la tendencia al aumento de peso que de día en día, como se ha dicho, se va dando á las locomotoras, es recomendable su adopción como carga accidental para el cálculo de los tramos metálicos; y la Junta entiende que no fuera inoportuno al lado de la tolerancia que propone, dictar la terminante prescripción de que no se permitirá la circulación de locomotoras de mayor peso que el que hubiese servido para los cálculos, sin autorización especial.

Confirmación de los cálculos y garantía de las condiciones de los materiales y buena ejecución de las obras son las pruebas que no pueden menos de estar sujetas á reglamentación oficial.

La circular del Gobierno de Viena previene que el tren de prueba se componga de una, dos ó tres locomotoras de las más pesadas y el número de unidades necesario, según la luz del tramo, para producir, en cuanto es posible, los mismos mo-

mentos de flexión que las cargas por unidad de longitud prescritas para hacer los cálculos.

Lo prevenido en Francia, antes de la última circular, era que el tren de prueba se formase con una locomotora que con un ténder pesase 72 toneladas, más el número de vagones necesario, de 15 toneladas cada uno. Se observó que el tren de prueba, á partir de luces de 16 metros, producía efectos inferiores á los calculados con la sobrecarga reglamentaria, hecho que fué confirmado al verificarse en 1886 las pruebas de los tramos de los puentes de Culsac sobre el Cordoña, según resulta de la Memoria publicada por el Ingeniero Jefe Mr. Preaudeau, en la que proponía la modificación en dicho tren normal, componiéndolo con dos máquinas de las más pesadas y el número conveniente de vagones. La nueva circular francesa, de acuerdo con estas observaciones, y modificando lo anteriormente establecido, ordena que el tren de prueba se componga de dos máquinas y el número de vagones cargados necesario para que se aproxime el peso de estos elementos, en cuanto sea posible, á los del tren tipo adoptado para los cálculos; regla que parece la más acertada de todas.

Excusado es indicar que, una vez verificadas las pruebas, deben los Ingenieros encargados de la inspección practicar un detenido reconocimiento de todas las partes del tramo metálico, y extender la correspondiente acta, acompañándola de los datos y diagramas del proyecto y los correspondientes á los resultados obtenidos.

Respecto á los límites que convenga adoptar para el trabajo del metal en las diversas piezas que componen un puente, ha dominado hasta ahora un criterio es trecho y absoluto que, si bien ha producido muchas veces un exceso de resistencia (provechosa es verdad para el aumento de fuerzas cuya necesidad hoy se deja sentir, pero contrario al espíritu de prudente economía que debo regir los pro-

yectos de Obras públicas), ha sido, sin embargo, insuficiente para garantizar la seguridad de ciertos elementos de indudable importancia. A medida que los puentes tienen vanos más reducidos, la proporción de la carga accidental á la permanente se hace mayor, y más sensible por consiguiente el efecto dinámico producido por el paso de los trenes; y mucho más cuando se trata de las piezas que componen el suelo, no sólo sujetas á notables trepidaciones, sino expuestas á choques violentos directos en caso de accidentes desgraciados.

Los estudios experimentales de que han sido objeto en estos últimos tiempos los hierros y los aceros han conducido á tener mayor confianza que antes en el empleo de estos materiales, pero al mismo tiempo han hecho ver que tienen gran influencia los métodos de fabricación en la calidad del metal, tanto por lo que hace á la resistencia, como á la homogeneidad, y que no hay guía segura para la aplicación si no se ensayan muestras en número suficiente para darse cuenta de las condiciones particulares de cada puente. La Junta, repitiendo lo que ha opinado más de una vez, insiste en que la garantía de solidez en los puentes de hierro no se puede encontrar debidamente si no se establece un laboratorio de ensayos que, á ejemplo de lo que sucede en Francia, convendría montar en la Escuela de Ingenieros de Caminos.

Mas en tanto que no se instale tan importante servicio, los Ingenieros habrán de admitir en sus cálculos cifras prudentiales que correspondan á las que más comúnmente convienen á los materiales usados en esta clase de obras. Esto mismo es necesario para redactar los proyectos cuya ejecución se ha de confiar á un constructor desconocido mientras subsista el actual sistema de contratación de servicios públicos. Para estos casos, la Junta estima que, si no se puede pasar de un esfuerzo de 6'5 kilogramos por milímetro

cuadrado en puentes de menos de 30 metros de luz, es admisible que ese guarismo llegue á 9 kilogramos cuando las vigas excedan de 450 metros; en cambio las viguetas y demás piezas de suelo no deben ser calculadas sino con coeficiente de 5'5 kilogramos. Esto para el hierro dulce, forjado ó pudelado, que cuando se adopte el acero, los límites para las vigas principales pueden variar entre 9 y 12 kilogramos, según los casos. En las barras de celosía ó de triangulación, en las cuales los esfuerzos de tensión ó compresión directa pueden cambiar alternativamente de dirección, los coeficientes se deben disminuir en un tercio; y á los roblones, sean de hierro ó de acero, no se les habrá de suponer una resistencia á la tranchadura superior á 3 kilogramos por milímetro cuadrado. No obstante todo lo dicho, los autores de los proyectos podrán poner los guarismos que su pericia técnica les aconseje, siempre que razonen suficientemente su adopción.

En vista de cuanto se ha expuesto, la Junta, unánime y conforme con el dictamen de la Sección tercera, acordó consultar á la Superioridad la adopción de las siguientes reglas para el reconocimiento de los tramos metálicos construidos en nuestras líneas de ferrocarril, pruebas de los que se establezcan nuevamente y redacción de los proyectos en lo porvenir:

1.^a Los Ingenieros Jefes de las Divisiones de ferrocarriles procederán á reconocer y estudiar el estado de todos los puentes metálicos existentes en las líneas de sus demarcaciones respectivas; con arreglo á las indicaciones que van expuestas en el cuerpo de este dictamen.

2.^a Los concesionarios facilitarán cuantos datos y noticias puedan suministrar y los medios auxiliares que sean necesarios, y concurrirán, si lo desean, á las operaciones del reconocimiento.

3.^a Estas operaciones principiaron por los tramos metálicos más antiguos ó por

aquellos cuyo estado inspire menos confianza.

4.^a Los Ingenieros Jefes de las Divisiones darán cuenta de los resultados á las Compañías, á fin de que éstas propongan en su caso los medios de reforzar y reparar la obra ó limitar el peso y composición de los trenes que puedan circular por ella, informando sobre todo á la Superioridad al poner en su conocimiento lo actuado.

5.^a En todo nuevo proyecto se expondrán las causas que justifiquen el empleo de tramos metálicos, apreciando las condiciones de desagüe y localidad, mayor ó menor facilidad de emplear otra clase de construcción, etc, cuidando muy particularmente los Ingenieros que lo informen de examinar esta cuestión con todo detenimiento, y de que en la disposición que se adopte sea fácil el reconocimiento, reparación y cambio de piezas y pintado.

6.^a Para los cálculos se supondrá como carga accidental la equivalente al tren de peso mayor y más desfavorablemente distribuido que haya de pasar por la obra, y cuando no se presuma nada de extraordinario, en las líneas de vía normal, se podrá adoptar el tipo propuesto en este dictamen.

7.^a Se podrán adoptar los límites de resistencia señalados en el mismo, cuando los Ingenieros no posean datos ó indicaciones suficientes para proponer otros mayores ó menores.

8.^a Antes de emplear el material metálico en los puentes que se construyan en lo sucesivo, deberán ensayarse las muestras correspondientes en el Laboratorio, que al efecto se habrá de establecer en la Escuela especial de Ingenieros de Caminos.

9.^a Las pruebas de los tramos se verificarán con un tren compuesto de la misma manera que el tren tipo que haya servido de hipótesis para los cálculos, ó en caso de haber dificultades prácticas para

ello, con otro que produzca iguales efectos.

10. Terminadas las pruebas, practicarán los Ingenieros un detenido reconocimiento de toda la obra.

11. Los concesionarios suministrarán los aparatos y material necesarios para verificar las pruebas y medir las flechas.

12. Los Ingenieros Jefes de las divisiones redactarán el acta correspondiente, y uniendo á ella los datos y diagramas del proyecto y los correspondientes á los resultados obtenidos en las pruebas, los remitirán á la Superioridad. En el acta declararán expresamente si la obra ú obras de que se trata pueden abrirse á la explotación.

13. No se autorizará la circulación de locomotoras de mayor peso que el fijado en la regla 6.^a, sin una orden especial de la Superioridad.

14. Si la Superioridad estima conveniente aceptar la presente propuesta, con vendrá dar traslado íntegro del dictamen á los Ingenieros Jefes de las divisiones de ferrocarriles y á los concesionarios de las líneas.»

Y habiéndose conformado con la precedente consulta, S. M. el Rey (Q. D. G.), y en su nombre la Reina Regente del Reino, se ha servido resolver como en la misma se propone; disponiendo además se manifieste á la Junta consultiva de Caminos, Canales y Puertos, el agrado con que S. M. ha visto la relevante prueba de celo é interés en pro del buen servicio público, dada por la citada Corporación al formular espontáneamente la consulta preinserta.

De Real orden lo comunico á V. I. para su conocimiento y efectos procedentes. Dios guarde á V. I. muchos años. Madrid 23 de Abril de 1893.—Moret.—Sr. Director general de Obras públicas.