

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

SOBRE HORMIGÓN ARMADO

CARTA DE MR. HENNEBIQUE (1)

Sr. Redactor en jefe de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS:

En la REVISTA correspondiente al día 2 de Mayo último, y bajo el epígrafe «El hormigón armado», fórmulas-rece-tas y fórmulas-racionales-experimentadas, ha publicado usted un artículo del Ingeniero D. Juan Manuel de Zafra, en el que con el pretexto de protestar contra una aprecia-ción favorable al hormigón armado, sistema Hennebique, publicado con anterioridad en la REVISTA, bajo la firma del Ingeniero Sr. Montenegro, hace una serie de apreciaciones gratuitas para lanzar el descrédito sobre mi sistema de hormigón armado.

Reservándome todos los derechos que me concede la ley para perseguir al autor del artículo por los perjuicios que puedan ocasionarme las críticas de un Profesor de hormigón armado de la Escuela de Caminos, Canales y Puertos, ruego á usted encarecidamente se sirva dar cabi-da en las columnas de su REVISTA á este artículo mío, como contestación y para desvanecer científicamente los ata-ques que se me han dirigido.

El punto de partida de esta denigración de mis métodos de cálculo, es una protesta contra la frase siguiente que la REVISTA ha publicado:

«Haremos uso de las fórmulas de Mr. Hennebique, que si bien tachadas de poco científicas, tienen en cambio la sanción de la experiencia, más digna de confianza que mu-chas teorías aun no justificadas que existen sobre esta ma-teria.»

El Sr. Zafra trata primeramente de destruir, va-liéndose de una maliciosa insinuación, esta sanción, me-jor dicho, *este prestigio* de 25.000 obras ejecutadas en hor-migón armado, empleando mi sistema. Pueden tenerse de pie, dice; pero, ¿qué prueba esto? *Que las construcciones no se caigan, necesario es, pero no suficiente. Precisa que haya un margen de seguridad*, etc. Sabe que presentan un ancho margen de seguridad, pero prefiere insinuar que no es el conveniente. Decimos que él ya lo sabe, pues tiene

conocimiento de la obra relativa á la Circular ministerial de 1906, de la que cita algunos párrafos, y esta obra men-ciona experiencias hasta la ruptura hechas sobre los tra-bajos del sistema Hennebique. Así, pues, el margen de se-guridad alcanza hasta el coeficiente de 10, desconocido hasta entonces en todos los procedimientos de construc-ción empleados. Sabe igualmente por los juicios publica-dos referentes á las pruebas, de los cuales ha podido ad-quirir conocimientos antes de publicar sus críticas, que las alteraciones de forma en los ensayos no pasan nunca de los límites asignados á una estabilidad de todo reposo, y son, al contrario, muy lejanas. No puede tampoco re-procharles por exceso de costo, puesto que los Ingenieros españoles, así como los de otras naciones, no dan prefe-rencia más que á las proposiciones más ventajosas, y que el número de aplicaciones del sistema Hennebique res-ponde, por sí mismo, á este punto de vista.

En resumen, mi sistema de hormigón armado es real-mente, y en los ejemplos más diversos, sancionado por la práctica en forma que ningún otro sistema de hormigón armado pueda dejarlo atrás.

Examinemos ahora todos los groseros errores teóricos, todas las herejías que dice de mis métodos de cálculo. En este punto el Sr. Zafra cree triunfar sin peligro, porque cree tener detrás de él á los teóricos franceses, americanos del Norte y alemanes.

Es principalmente á mi método de cálculo de postes al que le ha tomado manía, he ahí, pues, la base de la teoría del hormigón armado sobre el producto m de los coefi-cientes de elasticidad del acero y del hormigón. Dejando á un lado, naturalmente, un reproche de una sencillez in-creíble, elegiré á mi gusto el tanto por ciento de armadu-ra de un poste. ¿No es el mismo procedimiento exacta-mente que el de cálculos oficiales? ¿Quién es el construc-tor que no se considera maestro de proveer mucho hor-migón y poca armadura, ó á la inversa, según los medios de que dispone? Vuelvo á este valor de m , que no conozco más que los otros miembros de las comisiones, por la sen-cilla razón que los coeficientes de elasticidad del hormi-gón y del hierro, medidos separadamente, varían cuando las dos materias se combinan y estas variaciones depen-den del tanto por ciento de metal, de su repartición, del estado de las superficies en contacto, de la edad del hor-migón, del estado higrométrico, etc., etc., de suerte que este coeficiente m es variable, no solamente en todos los

(1) El adjunto comunicado nos ha sido remitido traducido en con-testación al artículo del Sr. Zafra que se cita.—(N. de la R.)

puntos de una construcción, sino también á todo momento en el mismo punto. Para calcular así, sería necesario hallar el coeficiente de elasticidad del hormigón armado, que representaría tanto como hallar la cuadratura del círculo. También las instrucciones ministeriales francesas hacen variar m de 8 á 15; pero haciendo observar que las experiencias efectuadas para determinar este producto son relativas en el hormigón sin armar y que se ignora en qué medida son aplicables los resultados hallados en el hormigón armado (art. 10). Resulta, pues, que la base actual de la teoría oficial del hormigón armado descansa sobre un coeficiente empírico, dicho sea en la peor acepción de la palabra. Afortunadamente estos métodos no se han impuesto; pero facultativamente nosotros hemos guardado con celo nuestros procedimientos de cálculos que miran á la realidad desde mucho más cerca, que tienen siempre su base y han sido en todo tiempo admitidas en Francia, hasta para los trabajos administrativos.

En cuanto á las tasas de trabajo que yo he admitido, 25 kilogramos por centímetro cuadrado para el hormigón, 1.000 kilogramos por centímetro cuadrado para el acero, el Sr. Zafra no las discute porque los Reglamentos oficiales de los diversos países difieren entre sí, según su nacionalidad; oscilan entre 25 y 56 kilogramos por centímetro cuadrado para el primero, entre 1.000 y 1.200 kilogramos para el segundo. He tomado las menos ventajosas, 25 y 1.000, más de diez años antes que la aparición del primer Reglamento. El Sr. Zafra no retiene más que una cosa el producto de 1.000 á 25 : 40 que considera como monstruoso porque tiende á comparar este producto sin ninguna significación con el valor $m : 8$ ó $m : 15$ que es la base sacrosanta de toda teoría clásica.

Pero el Sr. Zafra, Profesor de hormigón armado en la primera Escuela de Ingenieros de España, debe saber que no soy yo solo el que no se inclina ante las teorías oficiales; no dice tampoco que el primero de los sabios especialistas, á los cuales se debe la enciclopedia del hormigón armado, *Le Handbuch für Eisenbetonbau*, que cita como el Evangelio, ha demostrado de una manera concluyente por series de experiencias célebres en la ruptura de postes de cemento armado, que los resultados no están de acuerdo con la ley basada sobre el producto de los coeficientes de elasticidad, sino que responden, al contrario, á la suma pura y simple de las resistencias del hormigón armado y del acero, lo que yo hago desde hace veinte años.

¿Cómo en 1892 he vislumbrado una verdad que no se ha dado á luz sino de 1910 á 1912? Pues simplemente diciéndome á experiencias que he observado con sumo cuidado, como lo ha hecho últimamente el Sr. Dr. Ingr. Fritz von Emperger, antes mencionado, y ante el cual el señor Zafra se inclina con respeto.

En 1897 he preparado las experiencias públicas relatadas en algunas obras especiales bajo el epígrafe de experiencias de «Bon Marché», y he rogado á los Ingenieros de puentes y caminos para que ellos mismos dirigieran dichas experiencias á fin de que sacaran en consecuencia las fórmulas que creyeran razonables; vanamente he esperado sus conclusiones.

Pasemos ahora á la flexión. El Sr. Zafra, bajo el punto de vista de la ciencia pura, encuentra incorrectas mis fórmulas. Pero no ha tenido la curiosidad de comparar sus resultados con los obtenidos por las fórmulas denominadas racionales. Otros autores han tenido esta curiosi-

dad. Mis fórmulas para la flexión han sido verificadas en todos los tratados, especialmente en el *Tratado teórico y práctico de la resistencia de los materiales aplicados al hormigón armado*, por los Sres. N. de Tedesco y A. Maurel. Estos últimos autores han encontrado mis fórmulas sumamente satisfactorias en todos los casos.

Bajo el punto de vista didáctico, el Sr. Zafra me reprocha el colocar de una manera arbitraria la fibra neutra cuya posición, pretende, variaría con la intensidad del peso. Esto es inexacto según los reglamentos oficiales que no permiten tener en cuenta el trabajo del hormigón á la extensión; en estas condiciones la posición de la fibra neutra no varía con las cargas y sí únicamente con las proporciones de hormigón y armaduras y el valor más ó menos arbitrario de m .

El verbo del Sr. Zafra se refiere especialmente á mi repartición de trabajos en el esfuerzo cortante; dice que confío una mitad de este esfuerzo al hormigón y la otra á los estribos. Nueva herejía si se refiere á los diversos reglamentos que prescriben el deducir del esfuerzo cortante la resistencia al cizallamiento del hormigón á razón de 4,5 kilogramos ó de 5,6 kilogramos, según la dosis, y confiar la diferencia á los estribos. Estos son los reglamentos cuyos defectos han podido comprobar á sus expensas los constructores que los han seguido al pie de la letra. Saben actualmente que el hormigón comienza á cargarse solo, antes de recurrir al concurso de los estribos en la integralidad del esfuerzo cortante; el hormigón se fisura, pues, cuando su trabajo al cizallamiento pasa de 16 ó 20 kilogramos, según las dosis. De aquí una regla constructiva que viene á corregir el silencio de los reglamentos á este respecto, que consiste en prever una sección de hormigón suficiente para soportar, sin romperse, la integralidad del esfuerzo cortante. Yo no le atribuyo más que la mitad, pero con una tasa cuatro veces menos elevada que la de ruptura, es decir, que mis obras gozan de doble seguridad que la mencionada más arriba, puesto que la seguridad al esfuerzo cortante depende de la resistencia al cizallamiento del hormigón.

Llegamos al final: Después de haber desacreditado tan injustamente mis métodos de cálculo, el Sr. Zafra, añade, que si mis fórmulas resuelven los problemas isostáticos, mal que bien, ¿qué auguraremos de bueno de mis métodos de cálculo relativos á los problemas hiperestáticos? El golpe lanzado es doblemente intencionado. Además, el Sr. Zafra, ignorando cuáles son los métodos que empleo, me hace víctima de sus ataques, sin apreciar, cuando menos, la estabilidad de mis puentes en arco, con ayuda de las pruebas cuyos resultados no dejo nunca de publicar. De esto se guarda bien de decir nada, ciertamente no porque no ha tenido ocasión de conocer los dictámenes, pues no es admisible, en efecto, que un Profesor de cemento armado no haya leído un solo dictamen en un tratado ó revista cualquiera de hormigón armado, aunque no fuera más que el de Puente de Roma, cuya luz libre de 100 metros constituye un record mundial que ha sido la admiración, sobre todo, ante las experiencias que en él se han llevado á cabo (ver los números 165 y 166 del periódico *Le Beton Armé*), siendo su flexión insignificante á pesar de haber maniobrado sobre el tramo 1.000 hombres de tropa á paso de marcha, prueba ésta que no podría soportar sin romperse ningún puente construido con materiales corrientes.

Por lo expuesto, se verá innegablemente que existen en el artículo apreciaciones con el fin de denigrar mis métodos de cálculo que yo no puedo explicarme sino por medio de este estudio (llamémosle así) científico consagrado á hacer un panegírico de un tratado de hormigón armado, cuyo autor es el Sr. Zafra.

Este reclamo me hubiera sido completamente indiferente si no hubiera estado basado en una denigración para mí y en falta de sinceridad y desconocimiento en una materia en la cual el Sr. Zafra es Profesor.

HENNEBIQUE.

VIGILANCIA DEL PERSONAL DE LAS LOCOMOTORAS

EN LO QUE RESPECTA A LAS SEÑALES

Como consecuencia de varios accidentes graves ocurridos en los ferrocarriles, recientemente se ha puesto á discusión el problema del rebasamiento de las señales para la detención de los trenes en caso de peligro.

M. A. Blum, Inspector de las construcciones de los ferrocarriles del Estado de Baden, en la revista *Zeitung des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen*, examina alguno de los remedios propuestos, como son: señales de protección de locomotoras, aparatos de mando automático de los frenos, etc., y saca en consecuencia que estos medios no son suficientes para aumentar la seguridad del servicio ni la de los viajeros.

Suponiendo que la vía y el material móvil reúnan todas las condiciones apetecibles, la seguridad de los viajeros depende exclusivamente de la vigilancia del personal de las locomotoras en lo que respecta á las señales. Así es que en el artículo que se trata convendrá subrayar principalmente lo que se refiera á este punto especial.

La relación del número de accidentes al de maniobras de las señales sea el 1 : 3.200.000 ó el 1 : 4.000.000, citado por Blum, para caracterizar la eficacia del sistema de señales y la vigilancia de los maquinistas, ha hecho que se fije en ello mucho la atención. Esta cifra ha sido también citada en la prensa política y ha dado lugar á polémicas sobre la posibilidad ó imposibilidad de mejorar la seguridad por medio de las disposiciones automáticas. Pero es preciso saber si esta cifra será exacta, es decir, si está tomada en condiciones convenientes, y en caso contrario cómo sería necesario proceder para determinarla más correctamente.

Blum aprecia la vigilancia de los maquinistas según la relación del número de accidentes ocurridos durante un año en los caminos de hierro alemanes por consecuencia de los defectos observados en las señales ó la falta de observación de las mismas, en el número anual de maniobras de señales, y los cálculos que saca en consecuencia dan el resultado antes indicado: un accidente por 3.200.000 á 4 millones de maniobras de las señales. Vamos á examinar si esta cifra puede ser aceptada como buena como criterio de la vigilancia de los maquinistas.

La determinación numérica del grado de certeza de la percepción de las señales deberá siempre basarse sobre la percepción de un número dado de señales en un lapso de

tiempo dado y por los errores cometidos por el agente, que consisten bien en percibir las señales tarde é inexactamente, bien en no haberlas visto ó bien en no ejecutar lo que ellas indican. No podrá tratarse aquí, en lo que respecta á la percepción, más que de aquellas señales en las que puede comprobarse el error cometido. Si las señales son defectuosas (confusas ó erróneas), la prueba de la omisión de su percepción podrá generalmente hacerse para una señal de detención, pero raramente podrá hacerse para una señal de paso, porque en este caso la falta de atención no va seguida de efecto. Cuando se trata de señales de detención, la percepción defectuosa de estas señales ó su no percepción ó el no haberlas observado se traduce en pasarlas de largo y, por consecuencia, el número de errores cometidos será igual al número de señales que se hayan rebasado, ocurra ó no accidente.

De lo que antecede se puede sacar en conclusión de que es casi imposible el juzgar la vigilancia de los maquinistas, según la proporción entre el número de accidentes y el de maniobras de las señales. La relación antes dicha, que presenta Blum, es verdaderamente la proporción que existe entre los accidentes ocurridos en 1908 y las maniobras de las señales, pero no constituye un criterio fijo en lo que respecta á la vigilancia de los agentes.

Para expresar exactamente por una proporción el grado de certeza de la percepción y observación de las señales debe relacionarse el número de casos de paradas imprevistas, comprobadas en un período de tiempo determinado, con el número de señales de detención pasadas de largo por descuido del maquinista.

Como ejemplo, citaremos los casos siguientes: En una línea de cierta extensión y durante un año ha habido, cada día laborable, hasta 300 trenes, los cuales han tenido varias detenciones imprevistas. Los domingos y días festivos el número de trenes ha sido menor. Por otra parte, según las indicaciones de los aparatos colocados en las diferentes estaciones para hacer constar el número de veces que se han pasado de largo las señales de detención, cuyo número, debido á errores de percepción, ha ascendido á 29 dentro del mismo año. Admitiendo que en las estaciones en que no hay aparatos de comprobación ningún tren ha pasado de largo, durante el mismo período de tiempo, y que el número de detenciones imprevistas, lo mismo en días festivos que laborables, ha sido el arriba citado, ó sea el de 300, que, desde luego, puede considerarse como exagerado, pero favorable al grado de vigilancia de los maquinistas; se obtiene la relación $29 : 365 \times 300$, ó 1 : 3.776, ó sea, que se efectúa un caso de rebasar la señal por cada 3.776 de paradas imprevistas.

Podría haberse hallado otro caso más ajustado á la realidad, pero menos favorable para la vigilancia de los maquinistas, conociendo para el mismo año el número exacto de los casos de paradas imprevistas (inferior á 365×300) y el de los que se ha pasado de largo la señal de detención, atribuidos á la percepción defectuosa de las señales (superior á 29).

Las estadísticas actuales no nos dan los suficientes datos numéricos para hacer estos cálculos, ó, por lo menos, sólo lo hacen de un modo incompleto.

Para obtener cifras más exactas es preciso consultar las hojas de marcha, en las que constan todos los casos de paradas imprevistas. Si estos casos se marcasen con un signo aparente, colocado cerca del nombre de las estacio-