

# REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

MADRID, 15 DE FEBRERO DE 1891.

4.ª Serie.

Tomo 9.º

Número 3.º

AÑO XXXIX DE LA PUBLICACIÓN.

---

---

## SUMARIO.

Desastres en los puentes americanos.—Memoria que manifiesta el estado y progreso de las obras de mejora de la ría de Bilbao, por D. Evaristo de Churrua.

---

### DESASTRES EN LOS PUENTES AMERICANOS

MEMORIA PRESENTADA POR EL INGENIERO AMERICANO MR. JORGE THOMSON EN LA REUNIÓN DE LA ASOCIACIÓN BRITÁNICA CELEBRADA EN BATH EL AÑO 1888.

(Continuación.)

17. Los constructores de puentes se limitan á basar sus proyectos en el diagrama de esfuerzos verticales, de los que deducen las dimensiones de los diversos miembros de una estructura. Los que se dedican á la conservación y reparación de esta clase de obras estiman que es incierta y dudosa, pues aun cuando todos los ingenieros están conformes respecto á la naturaleza y extensión de las cargas estáticas, hay una gran divergencia de apreciación respecto al carácter y cantidad de las fuerzas puestas en juego por el arrastre de las máquinas, por la aplicación violenta de los frenos, del contravapor y en general de todos los fenómenos que resultan del movimiento de los trenes en la vía, fenómenos que los constructores de puentes no tienen en cuenta nunca.

De los experimentos hechos por el autor de esta Memoria en varios tipos de puentes por medio de aparatos de medir tensiones, resulta que el procedimiento de cálculo de los constructores basado sobre el diagrama de esfuerzos es erróneo. Efectivamente, en un puente articulado de poca luz, este cálculo daba el máximum de trabajo de un tirante con el puente cargado, en el momento en que un eje de 14 toneladas llegaba al pie de este miembro, el cual entonces sufría un esfuerzo de 8.000 libras por pulgada cuadrada = 562 kilogramos por centímetro cuadrado, y con la carga en estas condiciones y el tren parado, los aparatos mencionados registraban el mismo resultado. Pero con el tren en movimiento, cuando la última rueda

del tren llegaba al pie del mismo tirante, entonces el diagrama de esfuerzos evalúa el de dicho tirante en 4.000 libras = 281 kilogramos por centímetro cuadrado y el aparato indicó un esfuerzo real de 15.000 á 24.000 libras = 1.054 á 1.689 kilogramos por centímetro cuadrado, á velocidades de 48 á 64 kilómetros por hora.

Se hicieron experimentos en otro puente articulado de doble vía con doble forma ó forma de doble alma vertical y con pernos de  $3 \frac{13}{16}$  pulgadas = 10 centímetros, diámetro relativamente pequeño con relación á la distancia de las correas que constituyen su cabeza inferior. Estos pernos trabajarían en flexión y por consiguiente distribuirían los esfuerzos de una manera desigual en el caso de la carga permanente sola; pero no sucedía así en este caso especial, porque las barras que concurrían á los citados pernos estaban igualmente templadas, según se apreciaba por el sonido, y por lo tanto la flexión no tenía influencia en estos elementos.

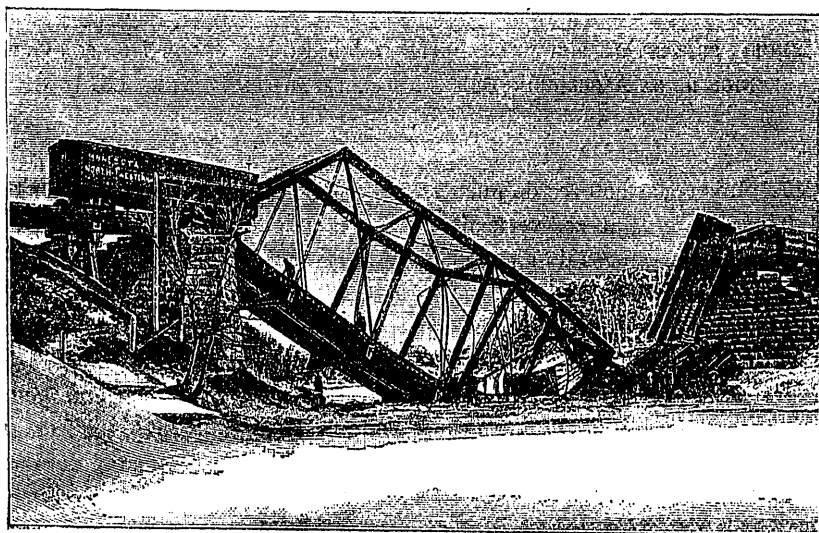


Fig. 1.º—Caída de un puente á causa de la ruptura de un eje.

Se colocaron los aparatos en la barra exterior (4.ª) é interior (1.ª)

Cuando una máquina y tender circulaba por la vía más próxima á la forma, se registraron los esfuerzos siguientes:

Barra exterior	50 lib. por pulgada cuadrada	=	$3 \frac{1}{2}$ kilog. por c.º cuadr.º
Barra interior	1970 » » »	=	140 » » »

Es decir, que la barra interior sufría un esfuerzo 39 veces mayor á la barra exterior.

En otra prueba hecha con dos máquinas se obtuvieron los resultados siguientes:

Barra exterior	99 lib. por pulgada cuadrada	=	7 kilog. por c. <sup>o</sup> cuadr. <sup>o</sup>
Barra interior	3780 " " " "	=	266 " " "

Es decir, relación de reparto de esfuerzo de la exterior á la interior de 1 á 38.

Probablemente el constructor había calculado que los esfuerzos se repartirían por igual.

18. La patología de los puentes está ilustrada de una manera eficaz en el grabado de la figura primera. La causa de este desastre fué debido á la

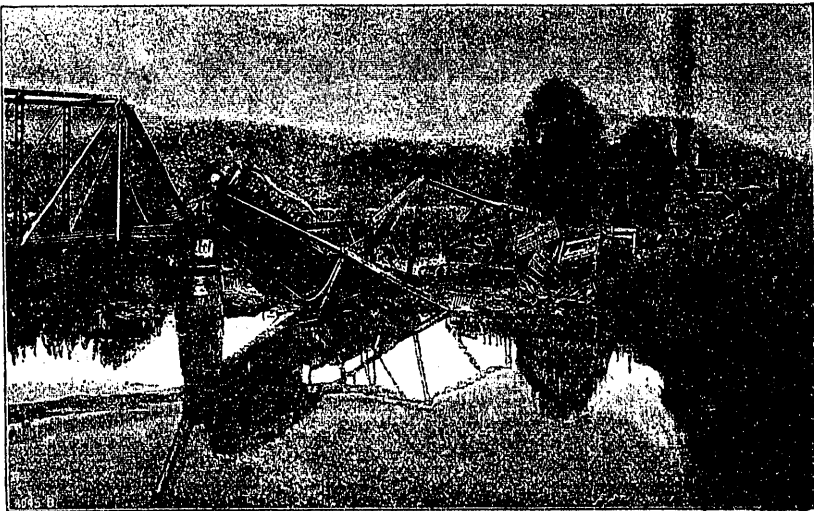


Fig. 2 °.—Caída de un puente en el ferrocarril de Baltimore and Ohio (Abril de 1887).

rotura de un eje. Más tarde ó más temprano todos los puentes deben sufrir una colisión de este género, porque en la explotación de los ferrocarriles, imperfecta, aunque progresiva, ciertas causas apreciadas incompletamente deben crear condiciones que son origen de catástrofes.

Este puente era una estructura sólida calculada para soportar dos máquinas grandes tipo *Consolidation* y dos trenes cargados. El suelo era muy fuerte, y sin embargo se destrozó la obra á los cuarenta días después de su inauguración.

Para un ingeniero inglés esta obra presentará algunos detalles peculiares y hasta familiares. Las grandes concentraciones, y por consiguiente grandes recuadros ó mallas, distintivo del tipo americano, serán nuevas para él, así como la excesiva sencillez del sistema lateral; pero los ojos de

los tirantes y el sistema de las cabezas constituidas por planchas verticales le recordarian algo del puente de Newark Dyke, de un tercio de siglo. Las cabezas superiores continuas y roblonadas, las viguetas transversales roblonadas en cada extremo de los recuadros y las viguetas longitudinales rigidamente unidas á las transversales tomado del sistema de celosía, proclaman su origen híbrido. Todos estos detalles lo serian peculiares; hasta los encontraría antiguos; pero las columnas tan resistentes trabajando en pura compresión, en una máquina de probar materiales y tan pobremente adaptadas en sostener un esfuerzo transversal tan posible en las contin-

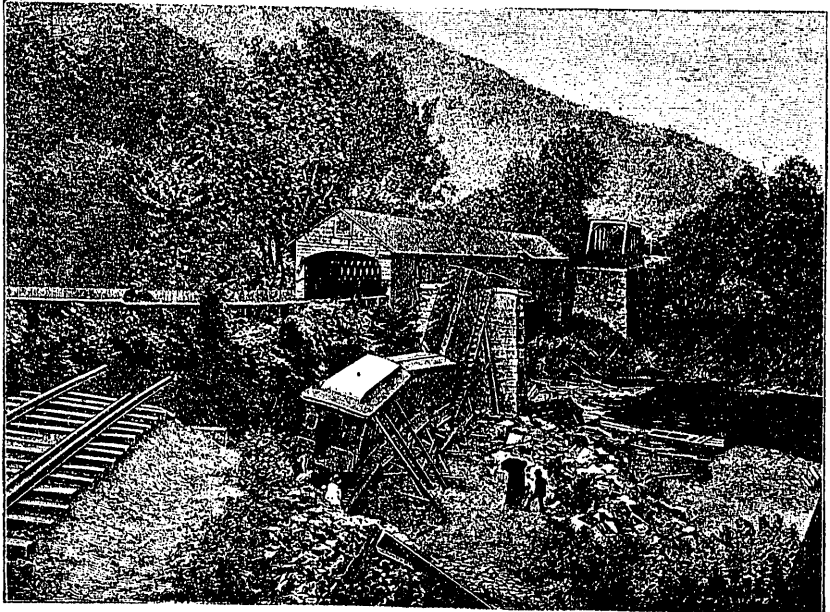


Fig. 3.—Accidente en el puente sobre el rio West.—Ferrocarril de Brattleboro en el Whitehall (18 Agosto de 1886).

gencias de un servicio de ferrocarril, serian una novedad para él. Le agradarian probablemente los atrevidos recuadros y la simple articulación, pero quedaria desanimado si viera la desigual distribución de esfuerzos señalada por aparatos de tensión aplicados á las barras horizontales y al sistema de las barras verticales.

En quince años se ha efectuado un gran progreso en los puentes articulados, tanto en proyecto como en fabricación, y la invasión de roblonaje en los detalles ha sido tan gradual y completa que del tipo original no ha quedado más que los grandes recuadros y en algunos casos el sistema lateral sumamente endeble.

Cuanto más se mejora, más roblones se introducen, lo cual demuestra el puente de Poughkeepsie recientemente construido, en el cual los grandes miembros son vigas de celosía y las principales conexiones están hechas por medio de pernos sostenidos por planchas reforzadas por roblonaje y en el cual también el sistema lateral es sumamente rígido con ensambles roblonados, según el método americano de hace veinte años.

La adopción gradual del trabajo de roblonaje en América se manifiesta claramente en el puente de alma llena. Quince ó veinte años hace este puente se consideraba demasiado pesado, feo y poco científico, en el cual

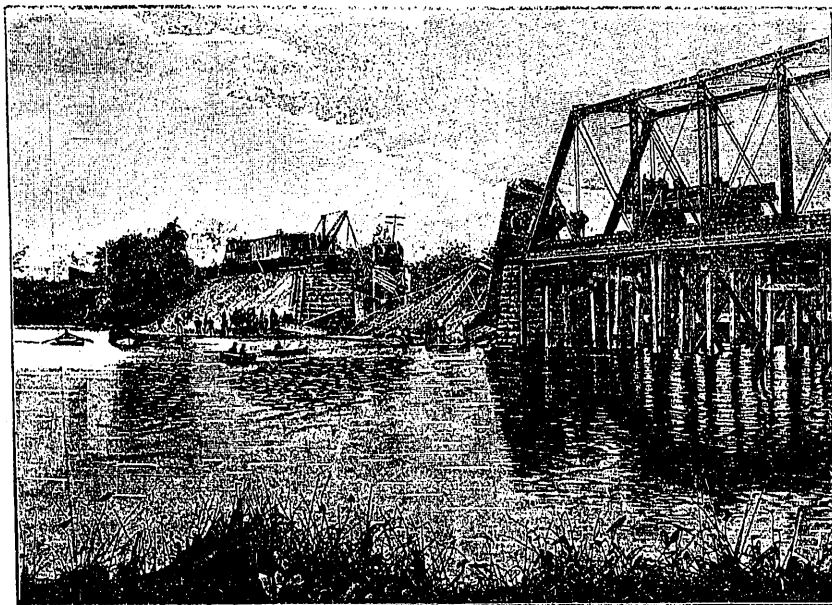


Fig. 4.ª—Caída del puente del lago Dundee, cerca Patterson, N. J. (Septiembre de 1886).

los esfuerzos eran inciertos, lo mismo en cantidad como en dirección. Hoy día la viga de alma llena está recomendada por todos los partidarios de los puentes articulados para tramos inferiores á 80 pies, así como son muy corrientes los suelos muy resistentes empalmados en las barras inferiores por medio de roblones, en cuya parte de obra el peso del roblonaje llega al  $4 \frac{1}{2}$  por 100 del hierro.

El grabado núm. 2 representa uno de aquellos accidentes, que demuestran que un puente que estaba adaptado para sustentar trenes de máquinas pesadas no lo estaba para sufrir ciertos esfuerzos adicionales y se cayó.

La causa fué que el tren tropezó con una vaca en el terraplén de entra-

da del puente y la arrojó con violencia contra un montante vertical. En esta clase de puentes, cuando falta uno de sus elementos, se derrumba toda la obra y así sucedió; roto el montante vertical citado, se vino abajo todo el puente. En este caso no se rompieron los pernos ó pasadores.

El grabado núm. 3 demuestra el error de confiar sólo en los esfuerzos mecánicos para calcular sus dimensiones. Esta obra fué construida en 1879 y se cayó en 1886, causando muchas víctimas. El tramo era de 215 pies del mismo sistema que se ve en la parte del fondo del dibujo, que es una reproducción del que se cayó. En este accidente no se rompió ninguno de los

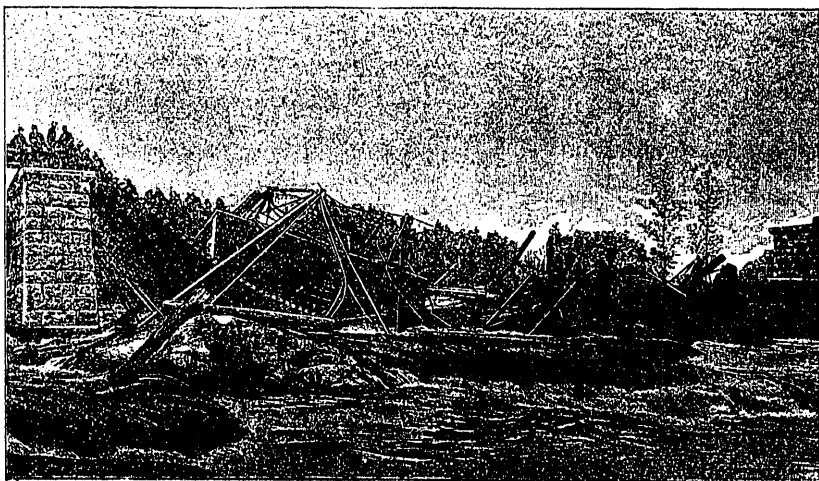


Fig. 5.\*—Puente caído en el río Petewawa, Pembroke, Ont. (Junio de 1886).

ojos de las barras horizontales inferiores ni ninguno de los pernos. Al propio tiempo se cayó también la parte de puente apoyada sobre empalizadas que se ve en el primer término.

A la izquierda del puente caído en el dibujo se ve otra estructura que sirve para el paso de la carretera, cuya obra es un sistema de celosía de madera, introducida en América por Mr. Towne entre 1816 á 1820. La opinión general es que la causa de este accidente fué debida á un exceso de sobrecarga, lo cual es verdad, pero con la carga ordinaria el accidente hubiera ocurrido también; era una cuestión de tiempo, de número de toneladas y de número de veces que se aplicaban. El número de toneladas que soportó la obra hasta aquella fecha era de poca consideración. El constructor se valió de aquella fórmula tan insegura:

$$\frac{\text{El esfuerzo según diagrama}}{\text{La unidad de esfuerzo}} = \text{sección requerida.}$$

El grabado de la figura 4.<sup>a</sup> representa otra catástrofe, debida á la rotura de un montante causada por el descarrilamiento de un vagón. La obra destruida era de sistema articulado, fuerte, bien proyectado y perfectamente construido. El tramo siguiente al caído, que se ve en el grabado, da perfecta idea de lo que era el puente y de lo endeble del sistema trans-

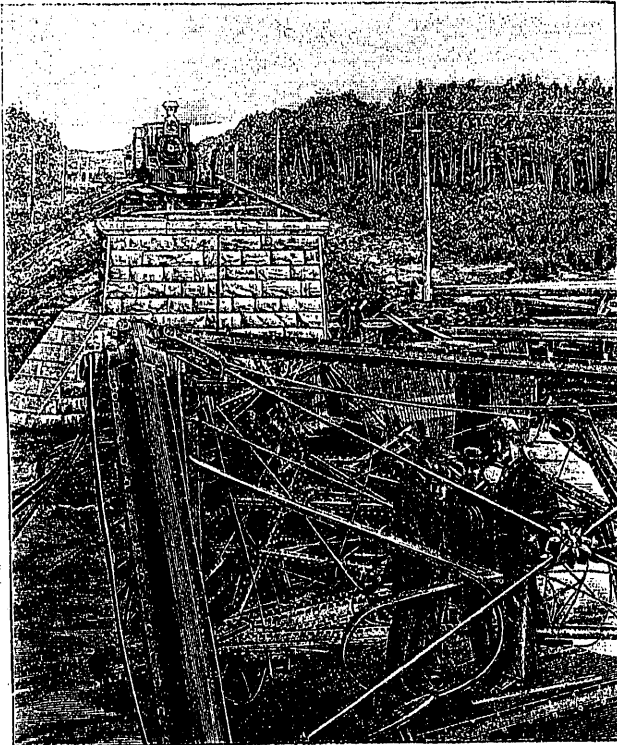


Fig. 6.<sup>a</sup>—Caída de un puente sobre el río Petewawa, ferrocarril Canadian Pacific (6 Junio de 1886).

versal de la parte superior, tan común en esta clase de puentes, junto con sus ligeros portales. Estos portales llevan una plancha de hierro fundido con la fecha de la obra y el nombre del constructor. Algunas veces en lugar de estos datos estaría más apropiada una cita del Danto. En un sitio de esta obra el constructor del puente reconoció que la vida de un puente, como otras cosas, está sujeta á todas las incertidumbres de la existencia, colocando un tornapunta desde el primer perno del tirante horizontal al centro del montante inclinado del portal. Este puente cayó á las 48 horas de su erección.

Los grabados núm. 5 y 6 muestran la caída de una obra debida á la limitada altura del enriestrado superior, lo que fué causa que una grúa de vapor, montada sobre un vagón, rompiera las columnas de un portal, sacando de su sitio el dintel de esta parte de puente. Dicho puente representa un tipo anticuado que felizmente ha desaparecido. Todas las cuerdas superiores son de hierro forjado, pero la reunión de todos los elementos de los recuadros está formada por piezas de fundición que sostienen los pernos. Todavía este sistema tiene algunos defensores; y verdaderamente

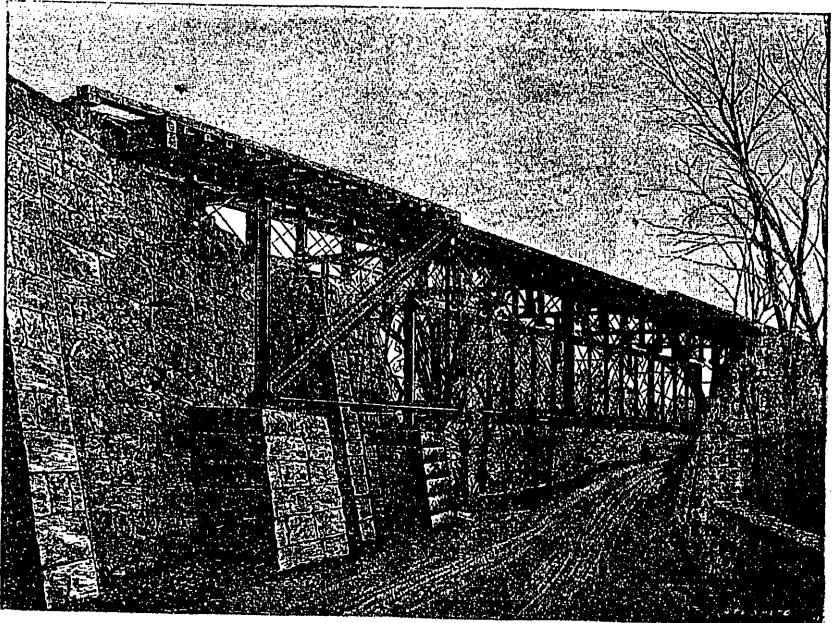


Fig. 7.\*—Puente de Tin cerca de Trent Hill, ferrocarril de Boston y Providence, antes de su caída (14 de Marzo de 1887).

las piezas de fundición soportan bien los esfuerzos en condiciones normales, pero al más ligero choque se rompen y ocasionan la caída de toda la estructura.

La anatomía del puente de Bussey está claramente demostrada en la ilustración de las figuras 7, 8 y 9. En este accidente perdieron la vida 23 personas y 100 pasajeros quedaron heridos. El tren que se cayó conducía á lo menos 300 viajeros. La causa de esta caída fué debida á la rotura de los tirantes que sostenían el suelo, colocados en una posición muy difícil de examinar; después del accidente se reconoció que estaban mal soldados, agrietados y oxidados. El puente era de un sistema, muy malo, construido

en dos veces sin unidad de pensamiento. Los tirantes rotos que ocasionaron la catástrofe sufrían una carga próximamente de 50.000 libras, unas dos toneladas y media casi, y una inspección del estado de estos elementos era realmente imposible; sobre esta obra existía un informe oficial, que después de diagnosticar perfectamente esta estructura defectuosa, concluía con estas palabras textuales: «y finalmente, no puedo descubrir ninguna razón de ingeniería para que este puente se sostenga, y sólo comprendo que sea por la fuerza de la costumbre.»



Fig. 8.\*—Caída del puente de Bussey, ferrocarril de Boston and Providence (14 Marzo de 1887).

En esta obra generalmente entraban los trenes con los frenos apretados para moderar la velocidad adquirida después de una pendiente de 50 pies por milla, próximamente 1 por 100.

El grabado figura 10 demuestra el efecto de una colisión con uno de los montantes extremos (1). Este puente, de una sola vía del sistema de celosía y suelo inferior, tenía 105 pies (32 metros) de luz y pesaba solamente 95.000 libras (43.000 kilogramos). La parte de la obra que quedó sin destruirse sostuvo el tren que se encontraba en ella. La vista está tomada después de despejado el puente, que quedó apoyado solamente en tres pun-

(1) Este puente era roblonado y no articulado.

tos. El montante extremo y los cuatro primeros miembros de la cabeza quedaron fracturados, y la parte inferior del 1.º y 2.º recuadro cedió por compresión.



Fig. 9.\*—Caída del puente de Bussey, ferrocarril de Boston and Providence (14 Marzo de 1887.)

La figura 11 ilustra las dificultades de explotar un ferrocarril de doble vía con un puente para una sola vía. Este caso demuestra cuán falibles son las precauciones que ordinariamente se toman en estos casos por medio de las señales, y da una idea de las contingencias de la explotación de ferrocarriles.

(Se continuará.)

