

Un **binomio** exitoso a través de la historia

Presentamos un breve recuento de cómo el acero y el concreto hicieron gran "amistad" desde fines del siglo XIX.

Gabriela Celis Navarro

La historia del concreto, como sabemos, es muy antigua. En tiempos del Imperio Romano era utilizado un tipo de concreto en obras que aún perduran, como lo es el famoso Panteón de Agripa. Por su parte, el acero también tiene un historial lejano; sin embargo, su uso con fines constructivos comenzó en el siglo XIX con la llamada Revolución Industrial.

El estudio del experto

Jorge Bernabeu Larena es doctor en Ingeniería por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos,

Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), donde es profesor en el departamento de Ingeniería Civil, impartiendo las asignaturas de "Arte y estética de la ingeniería", "Estructuras metálicas", así como la de "El paisaje en la ingeniería civil". Asimismo, es investigador de la fundación Miguel Aguiló, en la cual dirige la investigación titulada "Evaluación del impacto visual de los parques eólicos marinos en el paisaje costero".

En 2005, la Sociedad Española de la Historia de la Construcción; el Instituto Juan de Herrera/Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid; el Colegio Oficial de Arquitectos de Aparejadores y Arquitectos

Foto: www.aussieontheroad.com.



El Puente Wanxian, de 1997, en China, recuerda sistemas de antaño, sólo que con claros impresionantes.



Foto: <http://i.ebayimg.com>.

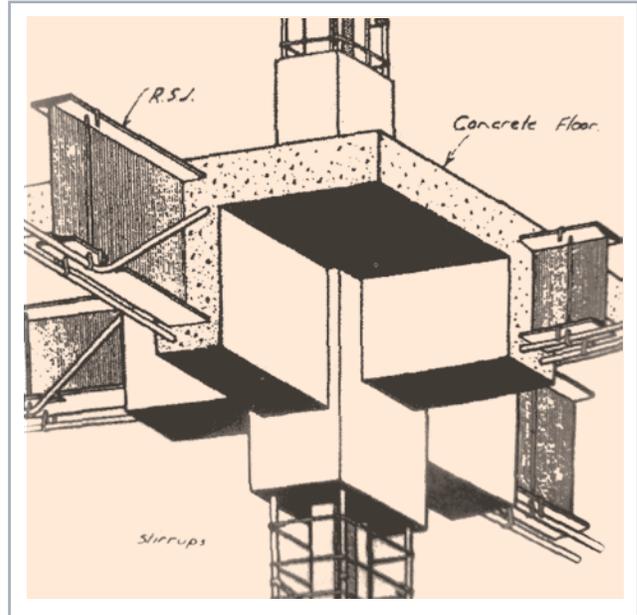
El puente del río Skunk, en Iowa, uno de los primeros puentes mixtos documentados.

Técnicos de Cádiz y el Ayuntamiento de Cádiz, realizaron del 27 al 29 de enero, el Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción, del cual surgieron sendos libros: las Actas de ese importante congreso. Y fue en este magno evento donde Bernabeu Larena presentó su trabajo "Precedentes históricos de colaboración entre acero y hormigón en la construcción de puentes", del cual retomamos algunos de los conceptos más importantes que el experto abordó.

En primer término, subraya que: "ya en el XIX, los primeros procedimientos de puesta en obra del hormigón, plantean estructuras metálicas embebidas que ofrecen su capacidad portante para el cuelgue de los encofrados evitando apeos o cimbras". Para el siglo XX, expresa "la componente principal constructiva tiene nuevamente una importancia trascendental en la ejecución de puentes de arco, de hormigón". Fueron las condiciones históricas, en especial las vinculadas a la necesidad de contar con mejores vialidades, lo que generó la necesidad de contar con obras que aguantaran mayores sobrecargas y que pudieran contar con claros mayores; fue esto lo que motivó a que el acero y el concreto vivieran una evolución en el uso combinado de ambos materiales. Tras la Segunda Guerra Mundial, Europa vivió una fuerte etapa de reconstrucción en la cual la combinación de ambos materiales, significó un avance en la materia.

Antecedentes

"Desde finales del siglo XVIII se emplearon vigas de hierro en la edificación. Así, en 1872, el arquitecto francés Ango puso a punto un sistema de forjado metálico que se generalizó en París hasta 1850", dice



Publicidad del Sistema Ritchie (1932).



El Puente Rock Rapids en una foto de 1894.

Bernabeu. Por lo general, para crear un piso, se usó la combinación ladrillo con vigas metálicas. Sin embargo, existió preocupación a la resistencia al fuego de este tipo de obras. Para mediados del siglo XIX, "el hormigón comienza a sustituir paulatinamente en las estructuras de edificios a las bovedillas de ladrillo y a los recubrimientos de yeso". Para 1853, François Coignet, "percibió el potencial del hormigón como material de construcción de carácter monolítico y resolvió su falta de resistencia a la flexión [en ese entonces] embebiendo elementos metálicos para construir losas de piso". Ejemplo de esto es el forjado plano de la Casa

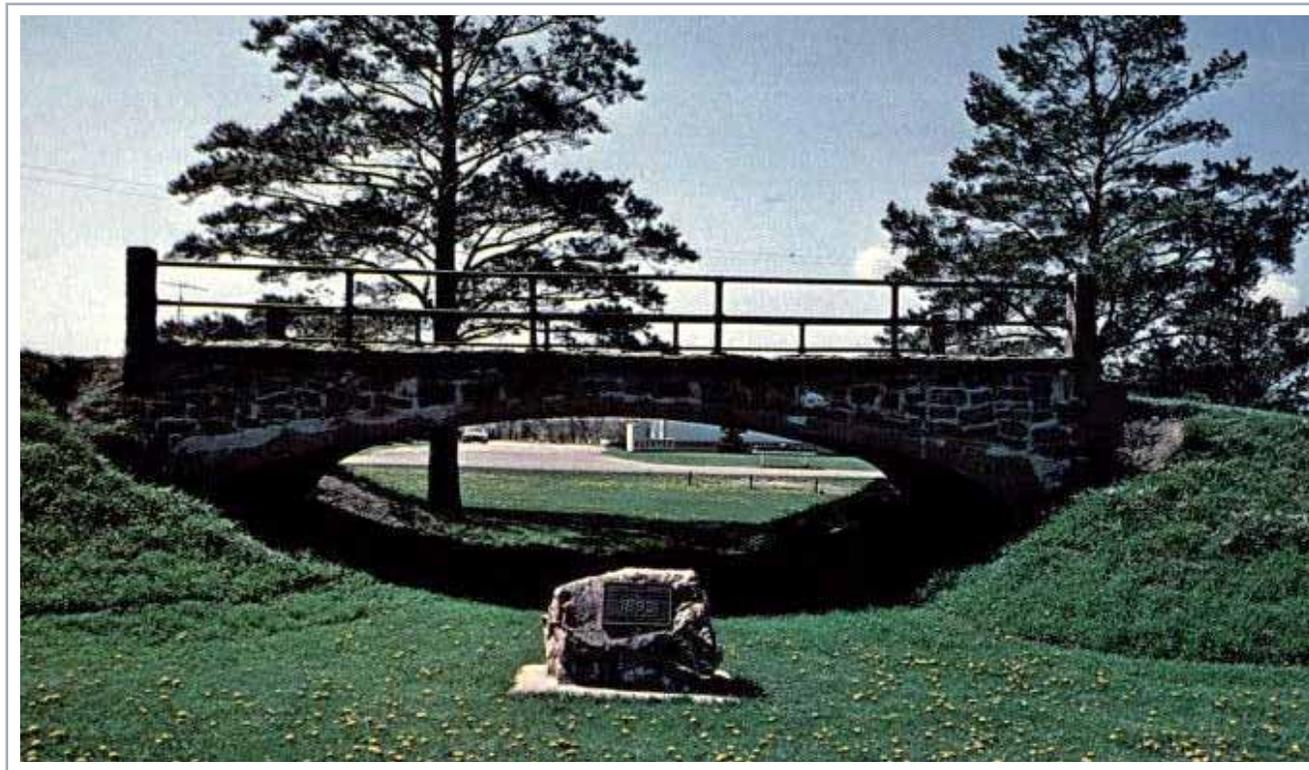


Foto: www.billypostcards.com.

El Puente Rock Rapids, en Iowa, de 1894, el primero documentado, donde se usaron perfiles de acero y concreto.

Coignet, construida en St. Denis, por el propio Coignet. Cabe decir que en 1855 este constructor patenta el procedimiento en Inglaterra y en 1861 publica en París *Bétons Agglomérés Apliqués a l'art de Construire*, donde presentó un esquema parecido al presente en la Casa Coignet: "se define mediante vigas de hierro forjado espaciadas 1m y embebidas en una losa de hormigón, con recubrimientos de 5 a 6 cm".

La ejecución de obras con acero y concreto, sin necesidad de cimbra, quedó optimizada con un sistema patentado por H. C. Ritchie, en 1925. Al respecto, Bernabeu expresa: "La solución planteaba la industrialización de un sistema constructivo de estructura metálica embebida con capacidad suficiente para soportar los pesos del encofrado y del hormigón durante la construcción. En las vigas principales del forjado, se disponía además una armadura adicional a base de redondos en las zonas solicitadas a tracción. El sistema incluía vigas y pilares mixtos en un esquema de ejecución rápido, seguro e industrializado que resolvía conjuntamente el problema resistente, constructivo y de protección al fuego". Sin duda alguna, el sistema Ritchie es un significativo punto de referencia en la historia de la capacidad estructural de los sistemas mixtos.

Acero y concreto en puentes

Bernabeu señala que el primer puente documentado construido con perfiles de acero y concreto fue el Rock Rapids Bridge en Iowa, año 1894, construido por un ingeniero vienés que emigró a EUA, Josef Melan. Este constructor, dice Bernabeu, "patentó un sistema de doblado de perfiles laminados en acero en el que posteriormente quedaban embebidos en el hormigón. El sistema permitía no disponer de cimbras apeadas, mediante suspensión de los encofrados de la propia estructura metálica". Cabe decir que en Steyr, Austria, este ingeniero construyó un arco de más de 42 m de claro, con el mismo sistema. En este caso, el arco metálico inicial fue ejecutado por voladizos sucesivos a través de un atirantamiento provisional. Bajo la inspiración del sistema Melan, se fueron construyendo puentes en diversas partes de Europa.

Tiempo después, aparece en la escena constructiva Eduardo Torroja, quien había sido alumno de José Eugenio Ribera (quien también estudió el sistema Melan), quien analiza la mezcla acero-concreto y escribe: "Actualmente [1958] ya es práctica común situar la cimbra dentro del propio arco que se va a construir. Además, la

cimbra se diseña de tal modo que, una vez que ha cumplido su cometido inicial, puede continuar funcionando eficazmente como armadura permanente del hormigón" (Bernabeu citando a Torroja, del libro *Las estructuras de Eduardo Torroja*, de 1999). El autor del artículo al que hacemos referencia, subraya como décadas después, en 1997 en China fue construido el puente de Wanxian, sobre el río Yangtzé, con 420 metros de claro, el cual muestra una fuerte inspiración en las propuestas de Torroja.

Con el paso del tiempo y nuevas investigaciones, el concreto cobra mayor protagonismo en esta relación dual. Cabe decir que este proceso no fue inmediato ya que por algunos años, la capacidad portante era confiada exclusivamente a la sección metálica, mientras que el concreto cumplía con las funciones de plataforma de rodadura y para el reparto transversal de cargas. Dice Bernabeu, "Así, por ejemplo, en Francia, la *Compagnie de L'Est*, generalizó el empleo de losas de hormigón, aprovechando sus ventajas constructivas". Importante en este sentido es T. Godard, quien en un documento de 1924 titulado *Ponts et combles métalliques*, presenta un tablero de ferrocarril con plataforma de concreto armado. Por su parte, hacia 1920, la Iowa State Highway Comission ejecutó una serie de ensayos en un puente de una carretera con el fin de determinar su respuesta a los diversos estados de carga estando en servicio. El resultado de este estudio concluyó que el uso de vigas y tablero era excelente. El Skunk River Bridge en Iowa se presenta así como uno de los primeros puentes mixtos documentados, nos dice Bernabeu. En el caso de esta obra, dice el autor "el tablero no disponía de ningún elemento de conexión específico, la losa de hormigón estaba en contacto directo con las platabandas superiores". Cabe decir que para la década de los treinta del siglo XX, los puentes mixtos comenzaron a estar presentes de manera más frecuente.

Como conclusiones a su tema, el autor expresa que: "Las primeras realizaciones con empleo conjunto de hormigón y acero evidencian un deseo de facilitar el proceso constructivo al permitir sujetar los encofrados de hormigón directamente de los perfiles metálicos. Su colaboración resistente [en un principio] se reduce a un reparto de funciones: la estructura metálica recibe el peso propio, mientras el hormigón y las armaduras resisten las solicitaciones restantes. La respuesta conjunta a nivel de sección trasciende el mero reparto de las funciones para, con una conexión suficiente, responder solidariamente como 'sección mixta' en una

colaboración conjunta que supera la suma de las características individuales de los materiales. En los puentes, el hormigón se impone como plataforma de rodadura rígida, económica y de fácil mantenimiento. En vanos isostáticos, la losa de hormigón asume el papel de cabeza de compresión mientras la estructura metálica se descuelga y trabaja a tracción. La losa se ejecuta sobre la estructura metálica autoportante. Se proponen rosas sucesivas de hormigonado que definen secciones parciales mixtas y un proceso de ejecución evolutivo". Después de la Segunda Guerra Mundial, cierra su artículo Bernabeu, la colaboración entre acero y concreto en la construcción de puentes alcanza su plena consecución "resistente y constructiva", en el puente mixto. C

Nota: El artículo "Precedentes históricos de colaboración entre acero y hormigón en la construcción de puentes", de Jorge Bernabeu Larena, se encuentra en el libro *Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, vol. I, 2005. Cabe acotar que en algunos países es utilizado el término "hormigón", en lugar del de "concreto". En este artículo, se respetó el término "hormigón", en la citas textuales.



ALTA RESISTENCIA
aún en Ambientes Hostiles.

KENWOOD
Listen to the Future

Radiocomunicación para:

- Coordinar sus Actividades.
- Aumentar su Productividad.
- Incrementar la Seguridad.

3 AÑOS DE GARANTIA

Entregamos e instalamos de inmediato, a través de nuestra red de Integradores Profesionales Certificados. ¡Ingeniería y Soporte del más Alto Nivel en el Mundo!

PIDA SU CATALOGO GRATIS

01 800 711 6270
www.syscom.mx info@syscom.com.mx

SYSCOM
Segura Inversión en Seguridad