

## PRESENTACIÓN

## HISTORIA DE LOS PUENTES ARCO

- 
- 7 **Los puentes arco de época romana**  
Manuel Durán
- 
- 19 **La segunda juventud de los puentes arco de fábrica:  
s. XVII, XVIII Y XIX**  
José Antonio Martín-Caro Álamo
- 
- 33 **Estructura y forma de los puentes arco metálicos**  
Leonardo Fernández Troyano
- 
- 49 **Los puentes arco metálicos modernos**  
Marcos Jesús Pantaleón Prieto y Óscar Ramón Ramos Gutiérrez
- 
- 65 **Los primeros arcos de hormigón**  
Javier Manterola Armisén
- 
- 89 **El desarrollo de los puentes arco de hormigón**  
Javier Manterola Armisén



**La revista decana de la  
prensa española no diaria**

**Director**

Antonio Papell

**Redactora Jefe**

Paula Muñoz

**Fotografía**

Juan Carlos Gárgoles

**Publicidad**

MM Mass Media  
Hermosilla 64 6ºB  
T. 91 431 08 39

**Imprime**

Gráficas 82

**Depósito legal**

M-156-1958

**ISSN**

0034-8619

**ISSN electrónico**

1695-4408

**ROP en internet**

<http://ropdigital.ciccp.es>

**Suscripciones**

[http://ropdigital.ciccp.es/  
suscripcion.php](http://ropdigital.ciccp.es/suscripcion.php)  
[suscripcionesrop@ciccp.es](mailto:suscripcionesrop@ciccp.es)  
T. 91 308 19 88

**Edita**

Colegio de Ingenieros de  
Caminos, Canales y Puertos  
Calle Almagro 42  
28010 - Madrid

**Consejo de Administración**

**Presidente**

Miguel Aguiló Alonso

**Vocales**

Juan A. Santamera Sánchez  
José Manuel Loureda Mantiñán  
José Javier Díez Roncero  
Juan Guillamón Álvarez  
Luis Berga Casafont  
Roque Gistau Gistau  
Benjamín Suárez Arroyo  
José Antonio Revilla Cortezón  
Francisco Martín Carrasco  
Ramiro Aurín Lopera

**Comité Editorial**

Pepa Cassinello Plaza  
Vicente Esteban Chapapriá  
Jesús Gómez Hermoso  
Conchita Lucas Serrano  
Antonio Serrano Rodríguez

**Foto de portada**

Viaducto sobre el río Almonte



Desde el principio de los tiempos, el hombre ha sentido la necesidad de saltar obstáculos naturales y crear espacios diáfanos. Cuando abandonaron la madera y empezaron a construir con piedra para que sus obras fueran duraderas, se dieron cuenta de que la forma curva constituía un medio resistente que les abría un mundo de posibilidades. Aunque los etruscos figuran en la historia de la humanidad como inventores del arco y los romanos quienes generalizaron su uso, fue en la antigua Mesopotamia donde se construyeron las primeras bóvedas, constituyendo éste el primer empleo de la forma curva.

Durante muchos, muchos siglos, el arco ha sido la única forma de salvar un obstáculo importante, y los puentes de esta tipología los únicos que existían. Los primeros arcos, los de fábrica, llevan conviviendo con el hombre casi desde siempre, y eso ha hecho que este tipo de puentes y, por extensión, la geometría de arco formen parte del paisaje que nos rodea y los entendamos como algo natural, algo que pertenece a nuestra historia.

Y la razón de que el arco se emplee desde las primeras civilizaciones reside en que es un elemento estructural que funciona por forma, o lo que es lo mismo, el arco es la línea por la que viajan naturalmente las cargas desde su punto de aplicación hasta los apoyos (antifunicular). Esto significa que las acciones uniformemente repartidas se transmiten a los cimientos produciendo esfuerzos casi exclusivamente de compresión, y son las cargas no uniformes (puntuales y sobrecargas) las únicas que generan en el arco esfuerzos de flexión.

Y fue este hecho, la existencia casi exclusivamente de compresiones en el funcionamiento de un arco, lo que llevó al

hombre a usarlo desde el siglo VII a.C. hasta bien entrado el siglo XVIII d.C., pues la piedra, que era el material de construcción esencial para obras duraderas, funciona estupendamente a compresión, y la configuración en arco permite construir un puente con pequeñas piezas sin necesidad de elementos de unión, más allá del mero contacto entre ellas. El relleno de tierras de las bóvedas clásicas de los puentes de fábrica, además de resolver el problema de la rasante, confiere el peso necesario para introducir en el arco de piedra un estado de compresión compuesta, casi independiente de la sobrecarga actuante, que sí genera flexión en un arco, al no ser una carga uniformemente distribuida.

Este funcionamiento tan “inteligente” del arco hace que sea ésta una configuración muy adecuada para puentes de hormigón, pues la gran virtud de este material, que es soportar muy bien las compresiones, se traduce en un ahorro directo de materiales, razón por la cual se ha empleado mucho, y todavía hoy se usa de manera extensiva. Si el arco está bien diseñado, la ausencia de grandes esfuerzos de flexión conduce a cuantías de armadura relativamente pequeñas; prueba de ello es el puente Villeneuve-sur-Lot, de hormigón en masa y 98 m de luz, proyectado por E. Freyssinet y construido en 1919.

Pero este funcionamiento por forma, que tiene múltiples ventajas, también tiene un gran inconveniente: la construcción, pues al ser una estructura que trabaja gracias a su geometría final, el arco no puede funcionar como tal hasta que está terminado. Esto ha exigido desarrollar sistemas constructivos complejos, con notables medios auxiliares (cimbras, pilas provisionales, atirantamientos, etc.) que sustenten el arco durante su construcción. Como alternativa a estos procedimientos de ejecución existe otra tendencia, que está ganando cada vez más importancia y reduce en cierta manera el problema de la construcción, y que consiste en incorporar los medios auxiliares a la estructura final del arco, como ya hizo Torroja en el viaducto de Martín Gil, en el que la cimbra rígida formaba parte de la estructura del arco, y que constituye la base del método denominado actualmente por sus siglas en inglés CFST (tubos metálicos rellenos de hormigón). De esta forma, el impacto económico de los medios auxiliares se reduce drásticamente y se facilita la construcción de la estructura de manera significativa.

CUANDO LOS TÚNELES ESTÁN  
IMPERMEABILIZADOS DE FORMA  
PERMANENTE:  
THAT'S BUILDING TRUST.





El problema de la entidad de los medios constructivos necesarios se reduce también al construir con metal, y prueba de ello es el gran número de puentes metálicos que se han construido a lo largo de la historia. Gracias a la ligereza de los elementos resistentes, primero la fundición y el hierro, y posteriormente el acero, han dado lugar a grandes estructuras, que han llevado a este tipo de puentes a luces próximas a las que habitualmente se salvaban con puentes atirantados. Valga como ejemplo el puente chino de Chaotianmen, puente arco de mayor luz en el mundo que, con sus 552 m de luz, supera a varios puentes atirantados bien conocidos, como el de Oresund entre Suecia y Dinamarca con 490 m de luz, o el de Barrios de Luna, que fue récord del mundo entre 1983 y 1986 con su vano central de 440 m.

La tecnología del puente arco ha evolucionado mucho a lo largo de la historia, como se pondrá de manifiesto en este volumen, pero el motivo de que la ROP dedique este número monográfico a los puentes arco es celebrar la construcción de dos imponentes estructuras que se están ejecutando en nuestro país, y que sin duda marcan un hito en los puentes de esta tipología: el viaducto sobre el río Almonte y el viaducto sobre el río Tajo, ambos en el embalse de Alcántara, y sobre los que circulará el ferrocarril de alta velocidad que conecta Madrid con Extremadura. La primera de ellas, el viaducto sobre el río Almonte, con 384 m de luz, constituye el puente-arco de hormigón para ferrocarril más grande del mundo, y el tercero de mayor luz si no se hace distinción del tipo de tráfico. El viaducto sobre el río Tajo, con un arco algo menor, de 324 m de luz, se terminará antes, y ostentará estos récords durante algunos meses.

Como homenaje a estas dos estructuras tan sobresalientes se ha diseñado este doble número monográfico (enero y febrero de 2015), en el que en el primer volumen se hace un recorrido histórico por los puentes arco, empezando por los puentes romanos y los de fábrica, pasando después a los arcos metálicos, los primeros de celosía, y los más modernos, para terminar con los puentes arco de hormigón, tema que se ha dividido en dos partes por la gran extensión del contenido. El segundo volumen

está dividido en tres bloques: en el primero se abordan aspectos relacionados con el diseño, la construcción y el mantenimiento de los puentes arco en la actualidad, con un artículo sobre las mayores realizaciones que existen en el mundo de este tipo de puentes. El segundo bloque está dedicado a las realizaciones y se incluyen en él tres artículos, dos sobre las imponentes estructuras ya comentadas, el viaducto sobre el río Almonte y el viaducto sobre el río Tajo, y un tercero en el que se describe la actuación sobre uno de los arcos más importantes de nuestro país, el Puente de Pino (Puente de Requejo, según su nombre oficial), diseñado por Eugenio Ribera en 1897 e inaugurado en 1914, que ha sido reparado recientemente por problemas de corrosión, pues constituye un magnífico ejemplo de las labores que hay que realizar en España para conservar el extenso patrimonio de puentes existentes. El segundo volumen se cierra con un directorio donde aparecen los puentes arco más importantes de nuestro país. Es gratificante comprobar la calidad y extensión del Patrimonio que hemos ido construyendo a lo largo de los años. De hecho, por cuestiones de espacio, hemos tenido que incluir exclusivamente los puentes de más de 100 m de luz, dejando fuera pasarelas y grandes estructuras pero con luces menores. Pido disculpas, por adelantado, a todos los afectados.

No quiero terminar esta breve introducción sin agradecer la colaboración a los autores de los artículos de este número. Cuando hubo que diseñar el contenido del monográfico, nunca imaginé que podríamos llegar a contar con el elenco de personalidades que aquí se han reunido. Han participado los ingenieros españoles, proyectistas, constructores y conservadores, responsables de la mayor parte de los grandes puentes arco que existen en nuestro país, verdaderos especialistas de rango internacional, y a los que quiero agradecer especialmente su amable disposición a colaborar en este número, pues desde el primer momento se mostraron entusiasmados con la idea, y han dedicado tiempo y esfuerzo a escribir los magníficos textos que se incluyen en estos dos volúmenes.

**Conchita Lucas Serrano**  
**Coordinadora**