

**DE PARTE A PARTE.
APUNTES HISTÓRICOS Y TÉCNICOS DE LOS PUENTES
DEL SALADO Y DEL HACHO**

*Casimiro Molina Cobos
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos*

Desde los principios de su existencia el ser humano ha transformado el medio natural con el objeto de satisfacer sus necesidades de movilidad. En nuestros días, sin duda alguna, esto es algo evidente (grandes redes de transporte vertebran el territorio, especialmente en los países desarrollados). Esta necesidad nos ha obligado a enfrentarnos a verdaderos desafíos, principalmente provocados por las dificultades orográficas, tales como el cruce de cadenas montañosas, valles, cauces de ríos y barrancos, etc., que hacen imposible la ejecución de líneas de comunicación con el simple movimiento de tierras. La construcción de puentes ha sido y es una de las soluciones más empleadas a lo largo de la historia para vencer estas adversidades.

Nuestro país dispone de un territorio con grandes complejidades orográficas que hacen que seamos, en términos porcentuales, el segundo país más montañoso de Europa, lo cual supone un escenario repleto de dificultades para el establecimiento de una red de transporte eficiente. De hecho construir un kilómetro de autovía o línea de ferrocarril nos sale bastante más caro que a la mayoría de nuestros vecinos europeos. Una gran parte de este sobrecoste viene producido por la necesaria construcción de puentes. En muchos casos se trata de "monumentos a lo imposible", por el modo



Plano de situación de los puentes.

en que allanan dificultades orográficas que precisarían de la construcción de líneas más largas y de grandes pendientes si no se hubieran levantado.

España cuenta con un gran número de obras de ingeniería civil que supusieron verdaderos retos para sus creadores. Algunas de ellas las encontramos en la línea de ferrocarril de Linares-Almería. El presente artículo se centrará en dos de ellas: el puente del Salado y el puente del Hacho. Ambos viaductos se ejecutaron en su primera versión a finales del siglo XIX, y sin duda alguna ocupan un lugar destacado en la historia de los puentes metálicos españoles.

Antecedentes históricos

La producción de hierro en grandes cantidades y la reducción de su coste, que lo hizo asequible como material de construcción, supuso en el siglo XIX uno de los avances técnicos que tuvieron mayor importancia en el desarrollo de la Revolución Industrial, dando lugar a nuevos procedimientos, entre ellos la construcción metálica.



Los puentes metálicos aparecieron a finales del siglo XVIII y tuvieron un desarrollo espectacular en el XIX. Frente a los puentes de fábrica presentaban las ventajas de tener un coste considerablemente inferior y una construcción más rápida, si estaba garantizado el suministro de material, que necesariamente había que traer de las siderurgias, las cuales en el caso español, hasta las décadas finales del siglo XIX, solían ser foráneas. Sus inconvenientes radicaban en la necesidad de un mayor coste de mantenimiento (generalmente de las uniones), así como menor durabilidad y solidez ante grandes cargas y velocidades. Además, los puentes de fábrica tenían la materia prima para la construcción mucho más a mano, ya que habitualmente se utilizaba la que se encontraba en las proximidades de la obra.



Puente del Hacho en la actualidad.

A lo largo de todo el siglo XIX y las primeras décadas del XX los puentes metálicos y los de fábrica serían de uso común en el ferrocarril (la llegada del hormigón a la construcción de puentes ferroviarios se produce a partir de la segunda década del siglo XX). Aunque no se disponen de estadísticas precisas, la memoria visual nos indica una mayor presencia de puentes metálicos. Éstos son especialmente atractivos desde el punto de vista técnico e histórico y están íntimamente ligados al ferrocarril.

Podríamos destacar varias obras de la época en España: el puente sobre el río Cea (1863); el viaducto de Ormaiztegui (1866); el viaducto "Madrid" y "Pontevedra" de Redondela (1872 y 1878 respectivamente); el puente interna-

cional de Tui (1886); el viaducto de Vadollano (1886); el viaducto de Guadajoz; el viaducto del río Víboras (1893); el viaducto de Zuheros (1893) o el puente de ferrocarril de Zamora (1896).

Pero los viaductos más importantes se construyeron en la línea de ferrocarril de Linares-Almería. Su construcción estuvo acompañada por la polémica, por no existir unas expectativas claras de rentabilidad en su explotación. La autorización para la construcción de la línea data del año 1869. Aún así, las obras no fueron adjudicadas hasta 1889, haciéndose cargo de las mismas el Banco General de Madrid. Al mismo tiempo la línea fue absorbida por la Compañía de los Caminos de Hierro del Sur de España, que transferiría su construcción a la compañía francesa Fives-Lille. Algunos de los puentes más representativos de esta línea son el de Anchurón (1894), el viaducto de Gérgal, el viaducto del barranco del Gante (1895) y el de Santa Fe (1893). Pero sobre ellos destacan dos hitos de nuestro Patrimonio Cultural: el viaducto sobre el Arroyo Salado (que fue durante muchos años récord de luz en España gracias a sus tres tramos de 105 m de luz) y el viaducto del Hacho, sobre el río Guadahortuna (hasta hace poco el más largo de la red ferroviaria española, con sus 624 m de longitud).



Tren cruzando el Puente del Salado.

El proyecto de construcción de la línea de ferrocarril de Linares-Almería tuvo una primera redacción definitiva en el año 1890 por parte de la compañía francesa Fives-Lille, con la colaboración de la Compañía de los Caminos de Hierro del Sur de España. El trazado contaba con las siguientes estaciones a su paso por la provincia de Jaén: Linares-Baeza, Torreblascopedro, Baeza-Begíjar, Úbeda-Garcíez-Jimena, Jódar, Los Propios-Peal de Becerro, Huesa-Quesada e Hinojares.

En el año 1896 el Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos José Olano redactó la "Memoria en apoyo del proyecto de Viaducto para cruzar el río Salado", que fue aceptada por Fives-Lille y su concesionaria española (Compañía de los Caminos de Hierro del Sur de España). Ello supuso una importante modificación en el trazado de la red a lo largo de la provincia de Jaén, considerándose más corto y seguro para la estabilidad de las infraestructuras que el originario, que seguía el cauce del río Guadiana Menor. Las conclusiones de un informe geológico realizado en noviembre de 1895 por el Cuerpo Nacional de Ingenieros de Minas avalaron de forma tajante la nueva propuesta.



Puente del Hacho.
Talgo cruzando el puente de hormigón,

El 14 de octubre de 1896 se dictó en Sevilla un informe favorable por Francisco Contreras, Ingeniero Jefe del Cuerpo Nacional de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos-División de Ferrocarriles de Sevilla, siendo aprobado por Real Orden de 15 de febrero de 1897. Las estaciones de la línea a su paso por la provincia de Jaén quedaban de la siguiente manera: Linares-Baeza, Torreblascopedro, Baeza-Begíjar, Úbeda-Garcíez-Jimena, Jódar, Los Propios-Cazorla, Quesada, Larva, Huesa, Cabra del Santo Cristo y Huelma.

La construcción de la línea definitiva supuso la realización de dos sublimes obras de ingeniería: el puente del Salado (en el término municipal de Cabra del Santo Cristo), que batió los récords nacionales de luz y altura, y el puente del Hacho sobre el río Guadahortuna (entre las provincias de Granada y Jaén), que batió el récord nacional de longitud.

El Puente del Salado

El cruce del Arroyo Salado implicó la realización de una de las obras de ingeniería más arriesgadas de las llevadas a cabo hasta entonces en España. Su complejidad técnica fue inusual para la época en España y despertó el interés internacional.

El viaducto estaba constituido por un tablero metálico de 315 metros de longitud compuesto por dos vigas continuas de 10 metros de altura, de doble alma, con montantes verticales y dobles celosías, formando tres tramos de 105 metros de luz entre los ejes de los apoyos. La altura sobre la parte más profunda del barranco es de unos 110 metros.

El tablero fue construido en las inmediaciones del acceso al puente por el lado de Linares. Hoy en día todavía quedan huellas de ello (véase foto). Con el objetivo de facilitar el corrimiento del tablero una vez construido se realizaron los tres tramos de igual luz. Se siguió este procedimiento por las siguientes razones:



Lugar de construcción del tablero original del Puente del Salado.

1) En el lado de Linares era el único lugar donde podían acopiarse los elementos de tablero, formados por elementos metálicos de gran longitud y considerable peso que necesariamente tendrían que ser transportados a pie de obra por vía férrea. En el momento en que los hierros llegaron procedentes de Francia la línea de ferrocarril hasta las inmediaciones del Arroyo Salado ya estaba construida.

2) En un principio se pensó en dar al tramo central del puente una luz superior a la de los tramos extremos (en torno a los 130 metros). De este modo la altura de las dos pilas habría disminuido, pero habría sido indispensable acopiar los hierros del tablero en los dos extremos a la vez (lado de Almería y lado de Linares). El lado de Almería era totalmente inaccesible hasta que las obras del túnel y el desmonte en roca del escarpe estuvieran terminadas, y ello exigía demasiado tiempo. Además, aún estando concluidas, el accidentado relieve del terreno y la gran pendiente eran condiciones demasiado adversas para encontrar un emplazamiento aceptable para el acopio de materiales y el montaje de la estructura.



Puente del Salado.
Vista desde el lado de Linares (foto izquierda) y de Almería (foto derecha).

Quedaba justificada, pues, la exclusión de un sistema de puente en cantilever (construcción en voladizo a partir de las pilas, evitando apoyos auxiliares en el cauce) y la adopción de uno de vigas continuas, cuyo emplazamiento sería efectuado por medio de un simple corrimiento desde el lado de Linares. Esta última operación fue asumida inicialmente por la Compañía Fives-Lille, que contaba con merecida reputación en esta clase de trabajos (había construido importantes y atrevidos puentes por toda Europa, tales como el de Cernavoda sobre el Danubio, con tramos de 190 metros de luz). Finalmente fue la propia Compañía de los Caminos de Hierro del Sur de España la que asumiría con éxito tal operación, tomando posesión de las obras después de una serie de retrasos originados en las mismas tras una suspensión de pagos efectuada por Fives-Lille. El tablero fue lanzado bajo la dirección de los ingenieros Basinski, Guerin y Shule, inaugurándose el servicio el día 14 de marzo de 1899.

El piso del viaducto se ejecutó con palastro estriado. Se establecieron refugios sobre las pilas para que pudiesen ser utilizados por los vigilantes de la vía. Así mismo, se construyó una pasarela de servicio colocada en la parte inferior de las vigas a la que se accedía desde el tablero a través de unas escalerillas de hierro, para permitir la inspección de todas las partes de la estructura y facilitar la conservación de las uniones (entonces roblonadas) y la pintura.

Las pilas se ejecutaron de fábrica. No hubo dudas en la elección del material constituyente de las mismas una vez se tuvo constancia de que la base de la cimentación ofrecía la resistencia necesaria (tras la realización de los pertinentes estudios geológicos y geotécnicos). La otra opción era la realización de pilas metálicas con base de fábrica, pero su problemática para resistir la acción del viento la desaconsejaban (en esta tipología de pila la resistencia ante acciones horizontales se confiaba a la unión de la parte metálica a la obra de fábrica de la base). La influencia de este fenómeno iba a ser notable, ya que la gran luz del tablero implicaba un gran canto del mismo.

Además, las pilas de fábrica, de mayor masa que las metálicas, absorben de una manera más eficaz, por su inercia, los efectos dinámicos sobre la estructura, impidiendo la trans-



Vista desde el fondo del cauce de la pila del lado de Almería en la actualidad.

misión de las vibraciones que producen los esfuerzos perturbadores laterales que origina la circulación ferroviaria a gran velocidad sobre el tablero metálico, así como la acción transversal del viento sobre la estructura y los trenes.

La sección de las pilas no es totalmente maciza. En el centro existe un pozo rectangular de ángulos redondeados de dimensiones 2 metros x 1,5 metros que fue utilizado para la elevación de los materiales durante la construcción. De este modo se minimizaba el riesgo de accidentes que pudiesen originar a elevaciones semejantes los vientos y las tormentas en los andamiajes exteriores. Este procedimiento era bastante habitual en la época en la construcción de las altas chimeneas de las fábricas industriales. Además de la citada y evidente ventaja, este método ofrecía la posibilidad de realizar una comprobación permanente de la verticalidad del eje de la pila de una manera sencilla y eficaz, por medio de una simple plomada. De este modo se conseguía evitar todo error en la geometría, suponiendo un gran avance

teniendo en cuenta los problemas que al respecto se habían tenido en la ejecución de otros grandes viaductos (por ejemplo el de Anchuron). El aligeramiento interior favorece, además, el fraguado de los morteros del interior del macizo y contribuye a uniformizar la resistencia de la obra de fábrica.

La altura del eje de las pilas del puente ejecutado inicialmente, contando desde el nivel del suelo natural fue:

Pila del lado de Linares: 72,50 metros

Pila del lado de Almería: 74,55 metros

Las medidas de la base son de 8,24 metros x 19,61 metros, y en altura se reducen a 9 metros x 4 metros. En cabeza se ejecutó el anclaje del tablero metálico. La ejecución de los pilares tuvo una duración aproximada de un año.



Puente del Salado pocos días antes de su inauguración.

Los materiales necesarios para la ejecución de las mismas se encontraban en casi su totalidad en el mismo pie de la obra (lo cual suponía otra gran ventaja): grava, arena, mampuestos, sillarejo, sillería, etc, siendo además de una calidad excelente. Únicamente la cal hidráulica de Teil tuvo que importarse de Francia.



Inauguración del Puente del Salado.
Foto: Cerdá y Rico.

Las características geotécnicas del terreno existente en la cimentación son más que notables. Existe una capa superior de cantos amontonados procedentes de la erosión y el desgaste de los bordes de las calizas existentes en el entorno, cuya caída fue ocasionada con casi total seguridad por una serie de movimientos orogénicos sísmicos, siendo menor la influencia de los agentes externos (arrastres por las aguas, heladas y deshielos). A continuación aparece una capa inferior de yesos y margas yesíferas abigarradas de gran estabilidad, que favorecían el establecimiento del viaducto. La cimentación alcanza una profundidad aproximada de 13 metros.

Como complemento a las obras y dada la torrencialidad del Arroyo Salado, se ejecutó un muro de 1,25 metros de altura para la contención de tierras desde 30 metros aguas arriba del puente hasta 20 aguas abajo, para evitar la fuerte erosión de que pudiera ser objeto el terreno (ello puede suponer un descalce de la cimentación).

El 14 de marzo de 1899 se abrió el puente a la circulación. Testigo de ello fue el genial fotógrafo D. Arturo Cerdá y Rico, que recogió en sus instantáneas el momento. El impacto e interés que la construcción del viaducto levantó en las localidades cercanas se refleja claramente en estas fotografías.

En la actualidad, el puente ha cambiado su aspecto. El tablero de hierro original fue sustituido en la década de los setenta (1976) por otro más moderno, de acero, que ya no conserva el pasadizo bajo y tiene una estructura metálica superior. El objeto de esta reforma fue aumentar la seguridad de la circulación y adaptar la estructura a las condiciones de tráfico existentes en la actualidad. Cada tramo de 105 m de luz consta dos vigas isostáticas tipo Warren con separación transversal de 8 metros entre ejes. Son celosías con montantes intermedios y las uniones son soldadas (en el puente original eran roblonadas). La parte del tablero original que sustentaba los raíles se conserva, estando situado sobre el nuevo, en el que apoya a través de los largueros. Las pilas y estribos son los originales de sillería, aunque recrecidos de hormigón.



Llegada al Viaducto del Salado desde Linares.



Detalle del tablero metálico actual.



Vista del Puente del Salado desde el pie de la pila del lado de Linares.

De cualquier modo sigue impresionando su esbelta figura, con su estética íntimamente integrada en el entorno árido que le rodea.

El Puente del Hacho

El puente del Hacho, sobre el río Guadahortuna, fue construido entre 1893 y 1895. Posee 624 metros de longitud, y hasta hace poco ha sido el más largo de la red ferroviaria española. El tablero queda dividido en doce tramos, de los cuales los cuatro de menor luz son del tipo cruz de San Andrés, mientras que los ocho restantes son del tipo Linnville. Éste apoya sobre pilas de extraordinaria esbeltez, siete construidas en hierro (las más altas, recrecidas en la base mediante unos prismas de fábrica), y cuatro de piedra. Las mayores alcanzan una altura en torno a los 50 metros.

En la parte superior del tablero se disponen los raíles, protegidos por un antepecho corrido, todo ello realizado en hierro, con uniones roblonadas. En la parte inferior de la vía, destaca un impresionante pasadizo volado al que se accede por sendas escaleras dispuestas en los extremos del puente, empleado para el mantenimiento de la estructura.

Sin duda se trata de una estructura singular, que destaca por su elegancia y esbeltez. El viaducto metálico del Hacho está considerado un bien del Patrimonio Histórico Español, y está pendiente de ser reconocido como Bien de Interés Cultural. En junio de 2004 se constituyó la Pla-



Vista del Viaducto del Hacho desde el lado de Almería (junto a la Estación de Alamedilla).

taforma "Puente del Hacho", integrada por los Ayuntamientos de Alamedilla y Guadahortuna, la Fundación Alfonso del Corral, el Grupo de Investigación de Patrimonio Histórico de la Universidad de Granada, varias asociaciones culturales de los pueblos colindantes, grupos de empresarios y numerosos particulares que luchan por la rehabilitación, conservación y puesta en valor del viaducto, con el fin de que sirva como motor de desarrollo turístico y económico de la zona. A finales del año pasado el Gobierno anunció la previsión de efectuar labores de rehabilitación en la estructura.



Detalle de lanzamiento de las vigas de hormigón pretensado.

Debido a la dificultad y el elevado coste que suponía la adecuación del viaducto primitivo a las actuales condiciones de la circulación ferroviaria, se optó por construir otro viaducto paralelo, en este caso de hormigón pretensado. Éste fue finalizado en 1972 y es el que presta servicio actualmente.

La constructora Entrecanales y Távora, S.A. se encargó de la redacción del proyecto y de la ejecución de las obras.

Consta de 20 tramos simplemente apoyados, de 30,30 metros de luz cada uno. La anchura total del tablero es de 5,34 metros, que permite el asiento de una vía y la disposición de dos paseos laterales de 0,60 metros cada uno, que sirven de guardabalasto.

Cada tramo está formado por dos vigas de sección doble T de 2,50 metros de canto. Su separación entre ejes es de 1,74 metros. A ambos lados de los laterales del tablero se prolongan las cabezas superiores de las vigas en un voladizo de 1,50 metros, permitiendo la ejecución de los paseos y la terminación del propio tablero.

El pretensado se efectuó en cada viga mediante cuatro cables de 54 alambres de 7 mm de diámetro, y dos cables de 42 alambres de 7 mm de diámetro.

Las pilas son troncopiramidales macizas, de hormigón armado, de alturas comprendidas entre 16,50 y 50 metros. Su dimensión en cabeza es de 4,20 m x 1,97 m, y la máxima en arranque de cimentación, 4,20 m x 3,00 m. Fueron ejecutadas mediante moldes deslizantes. Los estribos son de hormigón armado, con muros de vuelta.

La cimentación fue realizada mediante pilotaje "in situ" de 1,20 metros de diámetro y profundidades comprendidas entre 12 y 29 metros. Estos pilotes fueron encepados en macizos de hormigón armado.

Las vigas, prefabricadas en taller de obra (junto a la Estación de Alamedilla), se montaron como simplemente apoyadas, mediante tramo metálico auxiliar, hormigonando posteriormente in situ los voladizos y las aceras.



Vista aérea del nuevo viaducto durante su construcción

Cabe destacar que parte de la mano de obra empleada en la construcción de este viaducto era de Cabra del Santo Cristo. En torno a 40-50 personas eran trasladadas en autobús diariamente a pie de obra, donde trabajaban en turnos de 12 horas ininterrumpidamente, alternándose las semanas de trabajo diurno y nocturno.

Los puentes del Salado y del Hacho constituyen dos hitos del Patrimonio Histórico y Cultural de Sierra Mágina, y en concreto de Cabra del Santo Cristo, y como tal deben de ser valorados. No debemos olvidar que cada obra de ingeniería civil es única e irrepetible y su destrucción u olvido es un atentado a la memoria histórica. No tan lejanos quedan los tiempos en que se quiso desmantelar la estructura del viaducto del Hacho (tras la construcción de la estructura paralela de hormigón) para convertirla en hierro fundido. Hoy en día la idea de conservación y rehabilitación tiene mayor presencia en nuestra sociedad, aunque queda mucho camino por recorrer. La línea de ferrocarril de Linares-Almería tiene un conjunto patrimonial exquisito que debe ser suficientemente reconocido en el futuro incierto que se cierne sobre ella. En él destacan sus numerosos y espectaculares puentes, que permiten que el tráfico ferroviario discorra salvando nuestra accidentada orografía, "saltando abismos" DE PARTE A PARTE.



Vista actual del nuevo Puente del Hacho

BIBLIOGRAFÍA

- FERNÁNDEZ CASADO, CARLOS.- "Historia del puente en España" Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y el Cemento (1980).
- MONLEÓN CREMADES, SALVADOR.- "Cuadernos de panorámica general de puentes. Vol I.- Puentes de fábrica de piedra y puentes metálicos" Editorial UPV (2005).
- "HORMIGÓN PRETENSADO. Realizaciones españolas" Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y el Cemento (1974).
- LARA MARTÍN-PORTUGUÉS, I.-PÉREZ ORTEGA, M.U.-CERDÁ PUGNAIRE, J.A. "Del tiempo detenido. Fotografía etnográfica giennense del Dr. Cercá y Rico" Diputación Provincial de Jaén (2001).
- CASUSO QUESADA, RAFAEL.- "La línea de ferrocarril Linares-Almería y sus hitos patrimoniales en la arquitectura e ingeniería civiles del siglo XIX". REVISTA SUMUNTÁN N° 21 (2004)
- MARTÍNEZ SIMÓN, EVA.- "Apuntes sobre la historia de los puentes metálicos ferroviarios". REVISTA INGENIERÍA CIVIL N° 118 (2000).
- GONZÁLEZ, RAFAEL.- "Los puentes de ferrocarril" REVISTA LÍNEAS DEL TREN N° 312 (2004).
- CUÉLLAR VILLAR, D. - JIMÉNEZ VEGA, M.- "Historia y legado patrimonial de los puentes ferroviarios de España". REVISTA VÍA LIBRE N° 483 (2005).
- BERBEL SILVA, J. - LÓPEZ RODRÍGUEZ, R.- "Cabra del Santo Cristo, 105 años de ferrocarril". REVISTA CONTRALUZ N° 1 (2004)

