

El puente sobre el río San Juan. Un ejemplo del diseño y los procedimientos constructivos de la ingeniería de puentes del siglo XIX en España

Antonio Burgos Núñez

Hasta hace pocos años, la principal conexión terrestre entre Córdoba y Granada era la antigua carretera nacional N-432 (Badajoz a Granada por Córdoba). Identificada con esa denominación en el Plan General de Carreteras de 1941, se formaba a partir de la conexión de varias carreteras decimonónicas, entre ellas la que iba desde Alcaudete (Jaén) hasta Granada pasando por Alcalá la Real (Jaén).

Originalmente, este itinerario fue incluido como carretera de segundo orden en el Plan General de 1860. Mantenido sin modificaciones en el siguiente esfuerzo de planificación de 1877, sería una de sus primeras materializaciones, que tanto se dilataron en Andalucía Oriental.

La *carretera de 2ª orden de Alcaudete a Granada por Alcalá la Real* discurría en su tramo inicial por el Suroeste de la provincia de Jaén. Dentro del término municipal de la primera de esas localidades se encontraba el elemento más representativo de toda la vía, un puente sobre el río San Juan (frecuentemente confundido con su afluente el arroyo Guadalcotón). Terminado alrededor de 1877, era ciertamente una construcción notable, «una hermosa obra de fábrica por su línea y por los materiales que la constituían»¹.

Estaba formado por tres arcos rebajados de una elegante fábrica mixta de ladrillo con refuerzos y elementos ornamentales de sillería, inmortalizado por el famoso fotógrafo francés Jean Laurent poco después de su construcción (figura 1).



Figura 1
Puente sobre el río San Juan (Laurent c.a. 1877)

Por su sobria y equilibrada belleza se trata de un puente sin duda original, merecedor de reconocimiento. Pero, además, a ello se añade la circunstancia de que en su ejecución se emplearon algunos medios, materiales y procedimientos especiales muy innovadores, que lo convirtieron en una realización destacada desde el punto de vista de la Construcción en general y de la Ingeniería de Puentes en particular.

Recuperar su historia y describir esas circunstancias que lo hicieron especial es el objetivo de esta comunicación. Para ello se ha contado con una abundante documentación técnica que se conserva principalmente en el Archivo Histórico Provincial de Jaén (AHPJ en lo sucesivo).

LOS PUENTES DE FÁBRICA EN ESPAÑA EN LA SEGUNDA MITAD DEL SIGLO XIX

En el siglo XIX la Ingeniería de Puentes experimentó un avance extraordinario. Las nuevas herramientas de cálculo estructural y los nuevos materiales industriales, principalmente los relacionados con el hierro, permitieron el desarrollo de nuevas tipologías de puentes.

El puente sobre el río San Juan se construyó en la época de plena expansión de los puentes metálicos. El despliegue de la red ferroviaria impulsó decididamente la implantación de puentes y grandes viaductos hechos con este material. Aunque siempre con diseños foráneos, introducidos por los técnicos de las compañías extranjeras a las que de modo generalizado se encargó su construcción (Navarro 2001, 36).

Por su parte, los ingenieros españoles tendrían en las carreteras su principal campo de actuación. Proyectaron bastantes puentes metálicos, pero hasta bien entrado el siglo XX se decantaron mayoritariamente por los de fábrica, que normalmente solían ser la solución que mejor se adaptaba a las exigencias de este tipo de infraestructuras. La tipología más generalizada fue la que había desarrollado el ingeniero francés J. R. Perronet a mediados del XVIII: arcos escarzanos muy rebajados sobre pilas esbeltas, que había que construir a la vez porque precisamente por esa esbeltez de las pilas los arcos no eran estables aisladamente (Sáenz y Fernández Troyano 2011, 458).

No constituyendo, pues, regularmente, la construcción de este tipo de puentes un grave problema técnico, los ingenieros se concentraron en hacer obras sólidas y económicas. Desde este punto de vista, los puentes de fábrica, que apenas precisaban de labores de mantenimiento, presentaban claras ventajas. A estas premisas siempre sumaron una declarada preocupación por la estética (Nardiz 2009, 134), que se manifestó tanto en el diseño general como en los más pequeños detalles. Se construyeron muchos puentes de este tipo, del que el del río San Juan podría presentarse como muestra muy representativa.

EL PROYECTO DEL PUENTE SOBRE EL RÍO SAN JUAN, HECHO POR CIPRIANO MARTÍNEZ (1863)

El ingeniero de caminos Eugenio Barrón fue el primero en intervenir en la carretera Alcaudete-Granada,

realizando en 1841 un proyecto de rehabilitación del antiguo camino de herradura². Si bien no llegó a materializarse más que en algunos tramos inconexos, constituyó la base del trazado definitivo, que fue establecido de forma concluyente veinte años más tarde por su colega Cipriano Martínez.

Se debe a este técnico el diseño general del puente sobre el río San Juan. Por lo pronto, sería él quien estableciera su emplazamiento definitivo, que no era el de la vetusta pasarela por donde se cruzaba el río tradicionalmente, sino «en un punto que es de los más convenientes por la naturaleza del terreno y por estar el río bastante encauzado»³. Justificaba esta elección en base a los reconocimientos practicados, durante los cuales se había localizado roca para la cimentación al menos en uno de los estribos.

También a partir de estudios, en este caso de Hidrología de la cuenca del río, determinó la sección necesaria para el desagüe de las avenidas extraordinarias, que no resultó ser excesivamente grande. De todas formas, como medida de seguridad complementaria, planteó un acondicionamiento del cauce en los cincuenta metros situados inmediatamente aguas arriba y abajo del puente.

Teniendo en cuenta todos estos condicionantes, así como los acuerdos con la traza de la carretera, Martínez propuso una solución a base de tres arcos rebajados de 15m de luz, construidos con fábrica de ladrillo reforzada con sillería. La cimentación de las pilas y estribos se resolvería con macizos de hormigón hidráulico de 2 m de profundidad, revestidos con recintos de pilotes y tablestacas. Completaban la disposición general sendos muros de acompañamiento en ambos estribos del puente, que quedaba con una característica rasante baja (figura 2).

Las dimensiones de las bóvedas fueron determinadas con la ayuda de fórmulas prácticas, habituales en la ingeniería de la época. Martínez usó las de Leveillé y Petit, tomadas expresamente del «Manual [del ingeniero y del arquitecto] de Valdés» para determinar el espesor en la clave y arranques.

El puente sobre el río San Juan (Guadalcofón en el proyecto) quedaba así perfectamente descrito, recibiendo poco después el visto bueno de la Junta Consultiva de Caminos (que no obstante solicitó algunas aclaraciones). Unos kilómetros más adelante en dirección a Granada, ya en el término municipal de Alcalá la Real, se proyectaba otro puente de menor entidad, esta vez sí efectivamente sobre el Guadalcofón. Aquí

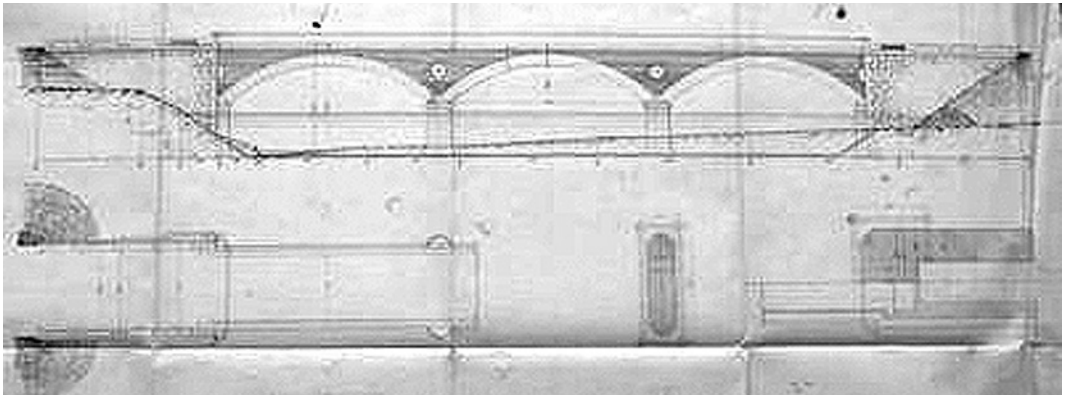


Figura 2

Diseño del puente sobre el río San Juan incluido en el Proyecto de Carretera de 2º orden de Alcaudete a Granada por Alcalá la Real (Martínez 1863)

se trataba de salvar un pequeño arroyo, siendo necesario solamente un pontón, que sin embargo no podía ajustarse a ninguno de los modelos de la colección oficial. Se optó por una obra con los mismos materiales y tipología estructural que el puente grande, aunque de dimensiones mucho más reducidas (tres arcos rebajados de 5 m de luz).

LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE. DIFICULTADES Y SOLUCIONES

Vaivenes en la dirección de las obras

El proyecto de Cipriano Martínez se aprobó (marzo de 1864) en un momento delicado para la nación en general. A la crisis de los últimos años del reinado sucederían las convulsiones iniciales del Sexenio Democrático, el reinado de Amadeo de Saboya y la Primera República. Durante casi una década, si bien no se llegaron a paralizar del todo las obras de la carretera, los trabajos, especialmente los de sus construcciones importantes, sufrieron grandes retrasos. Contribuyó a agravar la situación el baile de técnicos que se turnaron en la dirección de las obras.

En julio de 1868 se encargó al ingeniero Antonio Fortún un nuevo proyecto para la carretera⁴, en el que se tenía en cuenta el estado de explanaciones y obras de fábrica construidas hasta ese momento. Desde esa fecha y hasta 1877 se sucedieron al frente de las obras de la carretera (puente incluido) hasta

cinco ingenieros: el propio Fortún, el jiennense Ricardo Herrera (en dos periodos), Francisco Terán, Luis Martí y finalmente Fermín Bollo.

Los dos últimos fueron los responsables más directos de la construcción del puente. Para Luis Martí Correa, ingeniero de caminos gerundense de la promoción de 1873 (Sáenz Ridruejo 1990, 372) sería su primera misión profesional. El entusiasmo con que la abordó le llevó a publicar sus experiencias en varios artículos de la Revista de Obras Públicas, gracias a los cuales tenemos un conocimiento directo de lo que sucedió durante la primera etapa de la construcción del puente.

Sin embargo, no llegó a culminar los trabajos, siendo reemplazado en 1875 por Fermín Bollo, un ingeniero madrileño muy vinculado desde entonces con la provincia de Jaén. Este cambio pudo estar relacionado con la implantación del nuevo régimen (la Restauración), aunque seguramente también tendría bastante que ver la desagradable polémica que envolvió a Martí con sus predecesores en la Dirección Facultativa. Parece ser que con la confusión en que se desarrollaron las obras se certificaron al contratista cantidades mayores que las que correspondían a la obra ejecutada. Aún sin querer acusar directamente a sus compañeros de un hecho tan grave, Martí no dejó de poner los hechos en conocimiento de sus superiores.

Relevado del cargo Martí, sería Fermín Bollo el encargado de aclarar tan delicado asunto y regularizar y poner en orden las certificaciones de los traba-

jos realizados; además, naturalmente, de rematar las obras de la carretera, incluyendo por encima de todas al puente sobre el río San Juan.

Se concentraría en ello durante los dos años siguientes, presentando en 1877 unos «datos para la liquidación» y finalmente su «proyecto reformado de la carretera de segundo orden de Alcaudete a Granada por Alcalá la Real». Este proyecto no estaba destinado a la construcción; se trataba de un documento hecho a partir de la obra terminada. Esto lo hace particularmente valioso para la investigación histórica, pues en él se describen las obras tal como se quedaron a su finalización.

Primeras actuaciones de Martí. Rectificación del cauce

En lo fundamental, Martí no se apartó del diseño del puente proyectado por Cipriano Martínez. No obs-

tante, se tuvieron que acometer actuaciones significativas para hacer frente a circunstancias no contempladas en el proyecto inicial.

Una de las más trascendentes sería la rectificación del cauce del río. En un principio se pensó que con unos malecones construidos con los productos de la excavación de las pilas y estribos sería suficiente para asegurar la viabilidad del puente. Sin embargo, una inesperada crecida durante la construcción vino «a demostrar la insuficiencia de esta obra de tierra» (Martí 1874a), teniéndose que desplazar el cauce del río y levantarse obras de defensa de mayor solidez (figura 3).

A estas dificultades se sumaría la necesidad de habilitar el paso de una acequia (que abastecía a un molino harinero situado aguas abajo del puente) a través del estribo septentrional. Provisionalmente, durante las obras, se dispuso un caz a cielo abierto. La solución definitiva sería una galería practicada en el cuerpo del estribo (figura 4).

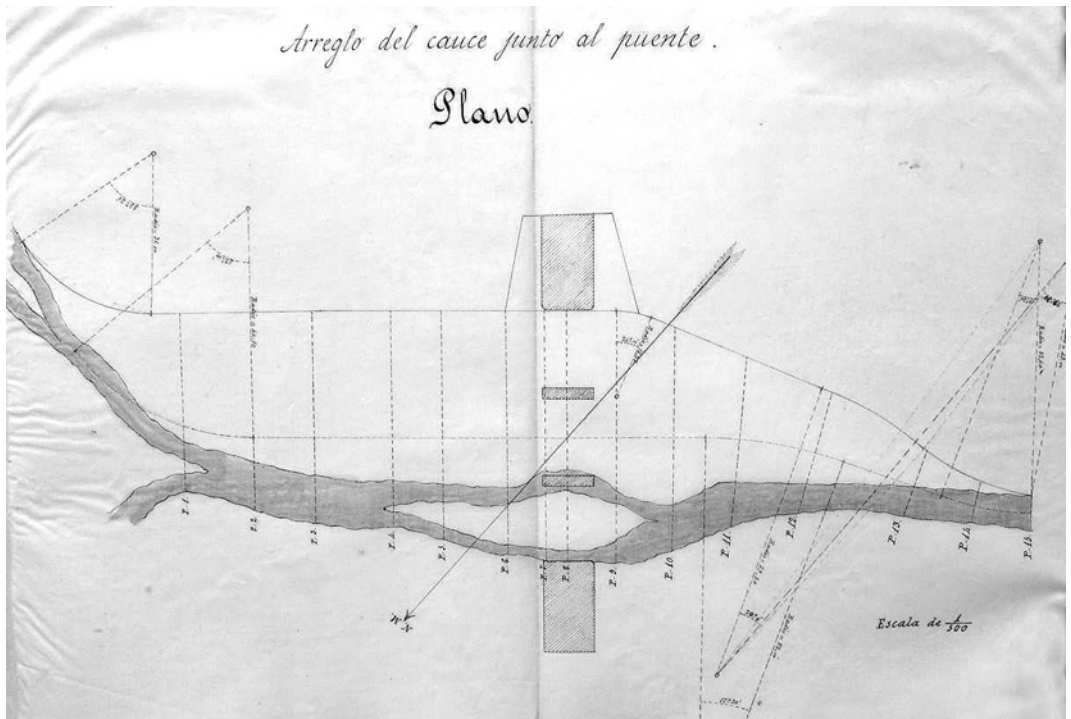


Figura 3
Rectificación del cauce del río San Juan en torno al puente. Datos para el presupuesto reformado de la Carretera de 2º orden de Alcaudete a Granada (Bollo 1877b)

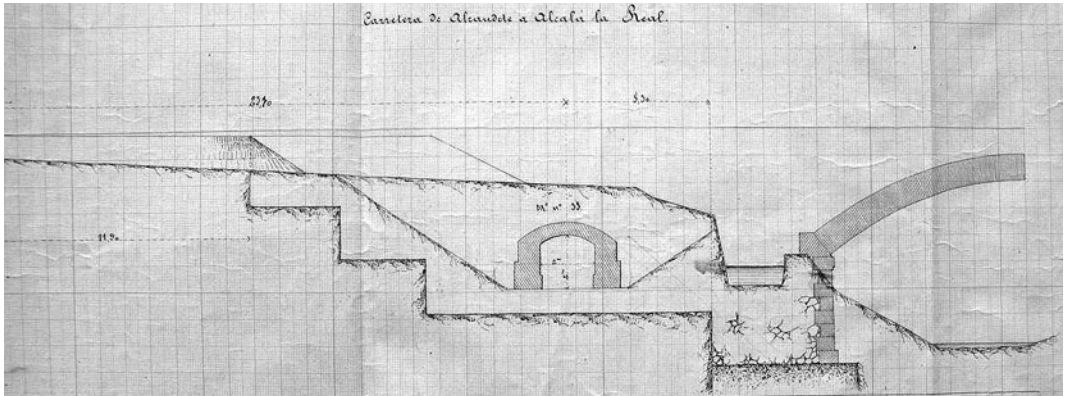
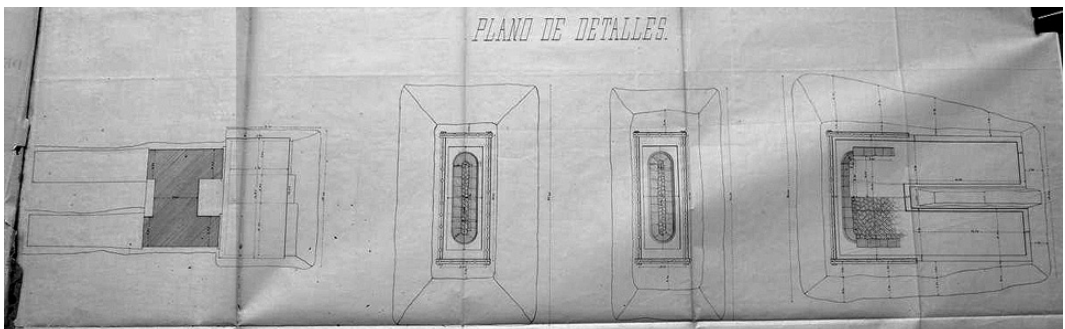
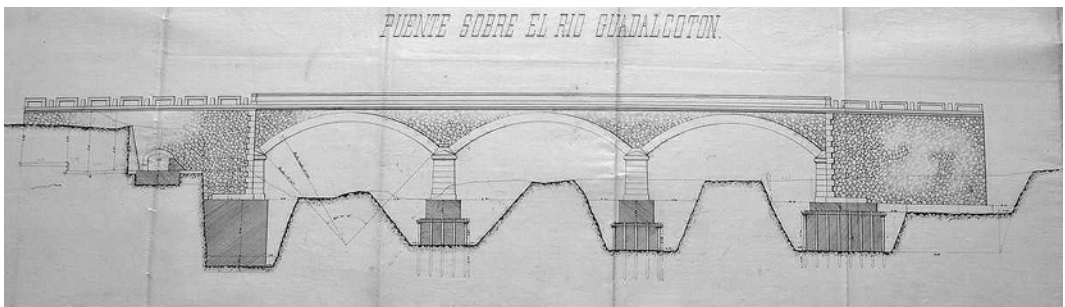


Figura 4
Intersección del estribo con la acequia del molino de Frasquito Manuel. Soluciones provisional y definitiva (Bollo 1877b)

Problemática de las cimentaciones

La cimentación contemplada en proyecto, si bien era la habitual en los puentes de la época, no dejaba de

ser difícil de llevar a cabo y constituía uno de los puntos críticos de la ejecución del puente. Como se había previsto en el proyecto de Cipriano Martínez, se resolvió con macizos de hormigón hidráulico,



Figuras 5 y 6
Detalles de las cimentaciones del puente, tal como se construyeron. Proyecto reformado de la Carretera de 2º orden de Alcaudete a Granada (Bollo 1877c)

construidos en seco dentro de recintos de tablestacas y pilotes de madera. Se colocaron pilotes de 25 cm de diámetro y 5 m de longitud, hincados con un martinete provisto de escape de tenaza (Martí 1874a) (figuras 5 y 6).

En gran medida, lo que dificultaba la ejecución era la necesidad de mantener relativamente en seco los recintos para construir el macizo de hormigón. Ello obligaba a su agotamiento, que podía llegar ser muy complicado. Fue lo que sucedió en el caso del puente del río San Juan, donde «las filtraciones llegaron a ser de tal consideración que hubo necesidad de acudir al empleo de bombas» (Martí 1874a).

Bajo la dirección de Martí se instalaron cinco bombas, que en un principio eran accionadas ininterrumpidamente (con turnos incluso por la noche) por cuadrillas de operarios. Sin embargo, ante el gran volumen de las filtraciones esta disposición obligaba a un gran esfuerzo humano y no se aseguraba del todo el agotamiento de los fondos de excavación de las pilas y estribos. Para evitar esos inconvenientes se decidió en 1876, ya bajo la dirección de Fermín Bollo, la instalación de un malacate, un ingenio del ámbito de la minería con el que en lo sucesivo las caballerizas sustituyeron a los operarios en el accionamiento de las bombas (figura 7).

La configuración definitiva del aparato se definió con ensayos sobre un modelo reducido, que se construyó en Alcaudete con la colaboración del contratista Jacinto Mumbrú. El coste total del malacate ascendió a 7636, 19 pesetas⁶.

Soluciones originales para obtener los materiales básicos

Todos los ingenieros de la carretera tuvieron que afrontar serios problemas relacionados con los materiales elementales para su construcción. Su Martí resolvería definitivamente el problema, organizando la producción de los más básicos: ladrillo y cemento.

Los ladrillos de Alcaudete eran muy malos, de composición irregular y con unas dimensiones poco acostumbradas (los alfareros locales los hacían el doble de gruesos para evitar que se rompieran durante su transporte). Martí coordinó con el contratista un procedimiento para su fabricación. Intervino en todas sus etapas: buscó los mejores yacimientos de arcilla de las proximidades, diseñó los hornos y organizó el amasado y moldeado de los ladrillos con dimensiones estandarizadas y adaptadas a las necesidades de las obras del puente y las del resto de la carretera. Como

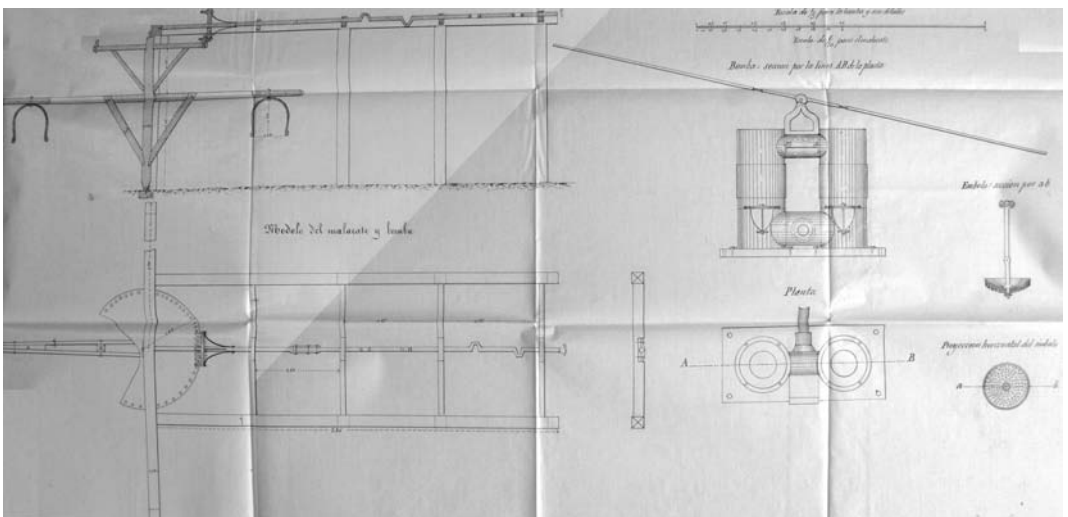


Figura 7
Malacate y bombas empleados en los agotamientos del puente sobre el río Guadalquivir. Memoria de obras nuevas en la carretera de 2º orden de Alcaudete a Granada. (Bollo 1877a)

resultado, desde entonces se dispondría en las obras de piezas de buena calidad (Martí 1874c).

Mayor trascendencia tendrían las actuaciones de Martí relacionadas con el cemento, cuya producción no solo regularizaría para las necesidades de la obra. Sus trabajos impulsaron la creación de la industria del cemento natural en Alcaudete, activa y floreciente durante casi un siglo.

Inicialmente, el cemento se traía de Martos, otra localidad jiennense vecina a Alcaudete, donde desde antiguo se fabricaba un cemento natural (con propiedades hidráulicas) de buena calidad. Parece ser que durante las obras surgieron dificultades para su adquisición, por lo que el ingeniero Martí, que previamente debía haber detectado yacimientos de cemento natural en «los barrancos próximos al emplazamiento del puente sobre el río Guadalquivir», animó al contratista a emprender su fabricación (Martí 1874b).

El ingeniero novel demostró tener buen conocimiento sobre materiales de construcción, pues, como había hecho con los ladrillos, organizó el proceso de producción y diseñó todos los elementos necesarios: horno, molino de trituración (movido por agua) e instalaciones de almacenamiento.

Jacinto Mumburú, el contratista, sabía sacar buen partido de los esfuerzos de Martí, creando en Alcaudete una empresa dedicada a la fabricación de cemento natural que no tardaría en competir con las más reputadas a nivel nacional. Siete años después estaba en condiciones de pujar por la contrata de una de las grandes obras españolas del periodo: el dique de Matagorda (Cádiz) para la compañía de trasatlánticos de A. López (Pelayo 1884, 4).

Finalización de los trabajos

Martí tuvo una intervención trascendental en la construcción del puente. Solucionó los graves problemas logísticos, dirigió el acondicionamiento del cauce y comenzó a ejecutar las cimentaciones, los estribos y las pilas. Pero, según se desprende de sus artículos de la Revista de Obras Públicas, no participó en la construcción final de las bóvedas. Lógicamente debió ocuparse de tan trascendental operación su relevo Fermín Bollo. El puente quedaría finalizado bajo su dirección en 1877. Por entonces debió tomar Jean Laurent su fotografía (figura 1), seguramente destinada a formar parte del álbum de Obras Públicas pre-

sentado por el gobierno español en la Exposición Universal de París de 1878.

SUSTITUCIÓN DEL PUENTE EN 1942

De no mediar circunstancias extraordinarias, el puente, bien proyectado y construido, habría llegado hasta nuestros días tal y como quedó terminado en 1877. Pero desgraciadamente se vio envuelto en las operaciones militares de la Guerra Civil.

En el otoño de 1936 el ejército nacionalista realizó movimientos en esta zona, que culminaron con la conquista de Alcalá la Real. Las tropas republicanas se replegaron hacia Jaén, volando en su huida el puente sobre el río San Juan. La voladura fue completa, quedando en pie sólo las pilas y los estribos⁷.

Estabilizado el frente muy cerca del emplazamiento del puente, quedó este no obstante dentro de la zona republicana, teniéndose que construir un rudimentario puente provisional para salvar el paso del río.

Este puente continuaba en servicio al final de la contienda, pese a que durante la misma se habían tomado medidas para su reconstrucción en firme. Aunque, en lugar de rehacer las bóvedas de fábrica primitiva, se optó por hacerlo con arcos de hormigón armado, de uno de los modelos de la Colección Oficial de puentes de Carretera. Bajo la dirección del ingeniero Chocano se llevaron a cabo los labores de desescombro y se acopiaron todos los materiales (incluyendo la ferralla y la madera para las cimbras) necesarios para la reconstrucción, excepto el cemento.

Apenas terminada la guerra, se hizo cargo de carretera otro ingeniero de caminos, José María Álvarez Ruíz. En 1940 redactó su proyecto de reconstrucción del puente en el que, con pragmatismo, asumió la solución de los arcos de hormigón armado propuesta por su antecesor (figura 8). De ese modo no se desaprovecharían los materiales que ya estaban dispuestos a pie de obra.

La reconstrucción se ejecutó conforme a proyecto en los dos años siguientes, quedando así el puente como ha llegado hasta nuestros días: con el tablero superior, apoyado mediante pilarillos en arcos de hormigón armado (tres por cada vano) de 15 m de luz, que se levantaron sobre las pilas y estribos originales (figura 9).

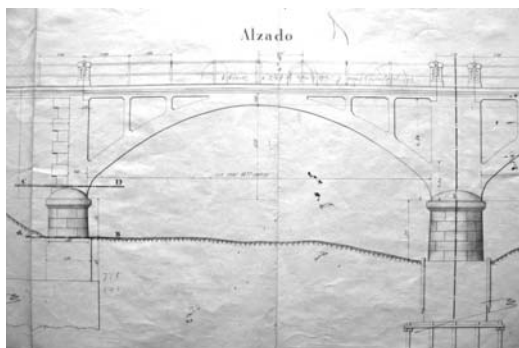


Figura 8
Detalle del vano septentrional del puente según el proyecto de reconstrucción de 1942 (Álvarez 1942)



Figura 9
Puente sobre el río San Juan en la actualidad

En su versión actual, aunque carece de su primitiva originalidad, el puente no deja de tener interés. Se mantiene en buen estado y prácticamente intacto, con las pequeñas concesiones ornamentales (barandilla y modillones en los estribos) que el ingeniero quiso añadir (tal vez en un intento de restituir una mínima porción de su antigua belleza) (figura 10).

EL PONTÓN ESPECIAL DEL GUADALCOTÓN

Aunque el puente actual difiere mucho de sus condiciones iniciales, es posible hacerse físicamente una idea de él gracias a su réplica, el pontón especial sobre el arroyo Guadalcotón (figura 11). Aunque está algo deteriorado y, como es habitual con estas pequeñas joyas de nuestro patrimonio, no se le presta la



Figura 10
Inscripción colocada en los pretilos de entrada al puente, en la actualidad (foto del autor)

menor atención, todavía sigue en servicio, casi ciento treinta años después de su construcción.

Contemplándolo se advierte inmediatamente la proverbial excelencia de la ejecución, puesta de manifiesto hasta en los detalles más nimios, y que nunca deja de sorprender en estos puentes de fábrica del siglo XIX (figuras 12 y 13).

Aunque tal vez lo más destacable sea el singular efecto estético conseguido con la fábrica mixta de ladrillo y sillería, muy habitual en los puentes de esta época en Andalucía Oriental. La combinación del ladrillo rojo con la sillería blanca logra resultados sorprendentes, en una alternancia cromática que confiere al puente «cierto aire familiar, humanizándolo» (Burdalo y Delgado 1983).

La pervivencia del pontón sobre el Guadalcotón nos acerca al antiguo puente del río San Juan, haciéndonos sentir de algún modo como si estuviésemos

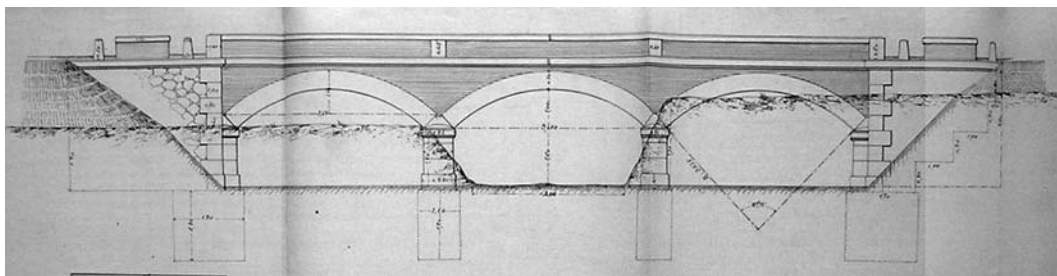


Figura 11
Alzado del pontón especial sobre el arroyo Guadalcotón. Proyecto reformado de la Carretera de 2º orden de Alcaudete a Granada (Bollo 1877c)



Figura 12
Pontón sobre el arroyo Guadalcotón en la actualidad (foto del autor)



Figura 13
Pontón sobre el arroyo Guadalcotón en la actualidad. Detalles de pilas, arcos, tímpanos y pretil (foto del autor)

ante aquella «hermosa obra de fábrica» que con tanta diligencia construyeron los ingenieros del XIX. Ojalá que durante mucho tiempo siga dando este testimonio, que con el presente trabajo no se aspira sino a dar a conocer.

NOTAS

1. Así se expresaba el ingeniero José María Álvarez Ruíz en su proyecto de reconstrucción del puente de 1941. AHPJ, 32309.
2. Lo confirma el ingeniero Cipriano Martínez en su proyecto para la carretera (AHPJ, 32289).
3. Proyecto de carretera de segundo orden de Alcaudete a Granada por Alcalá la Real, 1863 (AHPJ, 32289).
4. Este proyecto no se ha podido localizar. Se conoce de su existencia por la descripción de los hechos aconteci-

dos contenida en la memoria manuscrita de Fermín Bollo que acompañaba a su proyecto reformado de 1877 para la carretera (AHPJ, 32294).

5. AHPJ, firmas 32293 y 32294, respectivamente.
6. Así quedó consignado en el acta de justificación de los gastos del malacate, firmada por el ingeniero Fermín Bollo en diciembre de 1877. AHPJ, 32290.
7. Conocemos los hechos de este periodo gracias al relato incluido en la memoria del proyecto de reconstrucción del puente del ingeniero José María Álvarez Ruíz (1940). AHPJ, 32309.

LISTA DE REFERENCIAS

- Álvarez, José M^a. 1942. 32309. Archivo Histórico Provincial de Jaén.
- Bollo, Fermín. 1877^a. 32290. Archivo Histórico Provincial de Jaén.

- Bollo, Fermín. 1877b. 32293. Archivo Histórico Provincial de Jaén.
- Bollo, Fermín. 1877c. 32294. Archivo Histórico Provincial de Jaén.
- Burdalo, Soledad y Carlos Delgado. 1987. «Puentes del siglo XIX, por fin el hierro». *Revista MOPU*, nº345, julio-agosto.
- Fernández Troyano, Leonardo y Amaya Sáenz. 2011. «Los puentes: materiales, estructuras y patrimonio». El ochocientos, de los lenguajes al patrimonio. *Técnica e Ingeniería en España*, tomo VI, Silva Suárez, M. Zaragoza (ed.). Real Academia de la Ingeniería.
- Laurent, Jean c.a. 1877. Archivo Ruíz Vernacci. Fototeca del Instituto del Patrimonio Cultural de España.
- Martí, Luis. 1874a. «Puente sobre el Guadalquivir». *Revista de Obras Públicas*, tercera serie, cuaderno nº13.
- Martí, Luis. 1874b. «Nota sobre el cemento empleado en las obras de la carretera de Alcaudete a Granada, que se halla en construcción en los trozos comprendidos entre Alcaudete y Alcalá la Real». *Revista de Obras Públicas*, tercera serie, cuaderno nº2.
- Martí, Luis. 1874c. «Nota sobre los ladrillos empleados en las obras de la carretera de Alcaudete a Granada, que se halla en construcción en los trozos comprendidos entre Alcaudete y Alcalá la Real». *Revista de Obras Públicas*, tercera serie, cuaderno nº8.
- Martínez, Cipriano. 1863. Cipriano Martínez, ingeniero de caminos, 32289. Archivo Histórico Provincial de Jaén.
- Nardiz, Carlos. 2009. «Puentes del siglo XIX». *Puentes de España, tránsitos de culturas*, Santiago Hernández (ed.). Madrid: Lungweg.
- Navarro Vera, José Ramón. 2001. *El puente moderno en España 1850-1950*. Madrid: Fundación Juanelo Turriano.
- Pelayo y Gómiz, E. 1884. *Experimentos sobre la resistencia y comparación económica de los cementos españoles y extranjeros empleados en el dique de carena construido en la Bahía de Cádiz por la empresa de vapores trasatlánticos A. López y Cía*. Barcelona: Imprenta Peninsular de Mariol y López.
- Sáenz Rídruejo, Fernando. 1990. *Ingenieros de caminos del siglo XIX*. Madrid: Colegio de ICCP.