

La construcción de puentes metálicos en arco en España: el puente de El Grado diseño de José de Echeverría Elguera (1823-1886)

PILAR BIEL IBÁÑEZ*

Resumen

El presente artículo se centra en el análisis del proyecto y de la construcción del puente de El Grado sobre el río Cinca. Además de avanzar unas notas biográficas sobre su ingeniero: don José de Echeverría Elguera (1823-1886). El puente destacó por su material constructivo (el hierro forjado), por su tipología (puente en arco) y por su sistema de construcción mediante tramos volados. Asimismo, José de Echeverría fue uno de los ingenieros que España envió a Francia para el estudio de esta clase de obras.

Palabras clave

Obras Públicas, puentes metálicos de arco, patrimonio industrial, biografías de ingenieros.

Abstract

This article deepens in the analysis of the project and constructive history of the bridge of El Grado on the river Cinca (Huesca), and also includes some biographical notes about the engineer that built it, José de Echeverría Elguera (1823-1886). The bridge is relevant for his constructive material (wrought iron), for its typology, (bridge in arch), and for its system of construction through winged stretches. Likewise, José de Echeverría was one of the engineers that Spain sent to France for the study of this kind of engineerworks.

Key words

Public Works, metallic bridges of arch, industrial heritage, engineers biographies.

* * * * *

A mediados del siglo XIX, Aragón al igual que el resto de España vivió un momento destacado en su mejora de las comunicaciones por carretera. Inicialmente, todas las acciones encaminadas a la construcción de vías y puentes se centralizaron en un único distrito, el de Zaragoza, del que dependían los proyectos y el control de las obras públicas aragonesas. En estos años, las décadas de los años sesenta del siglo XIX, los ingenieros que trabajaron en este distrito levantaron una serie de pasos que destacaron a

* Profesora Titular de Historia del Arte de la Universidad de Zaragoza. La realización de este artículo se inscribe dentro del Grupo Consolidado "Patrimonio artístico en Aragón" (Referencia H03-248-78).

nivel nacional por sus novedades técnicas y por la audacia de sus soluciones, sin olvidar el componente estético que ya era un elemento enfatizado de las obras públicas del siglo XIX. Así, después de la amarga experiencia de los puentes colgados (el del Gállego¹ (1844) en Zaragoza, el de Monzón (1845) y el de Fraga (1845), ambos sobre el Cinca), originada por sus problemas de resistencia y de financiación, se inició la construcción de una segunda generación de puentes metálicos. Entre estos destacaron el colgado de Lascellas (1856-1860), de Mariano Royo audaz en su solución, el de viga recta de Murillo de Gállego (1860), diseñado por el ingeniero Lucio del Valle y fabricado por John H. Porter y el de arco de El Grado (1863), diseñado por el ingeniero José de Echeverría.

La historia constructiva de todos ellos es prácticamente desconocida, más allá de los datos técnicos que desde las páginas de la *Revista de Obras Públicas* se ofrecía de alguno de los mismos, en ocasiones años después de su construcción; o de otros documentos como las memorias de la propia dirección general o, para el caso que nos ocupa, la memoria² redactaba con ocasión de la Exposición de París del año 1867, donde la Dirección de Obras Públicas tuvo un protagonismo destacado, y con ella, el puente de El Grado, como una de las obras de ingeniería más importantes levantada en esos años por esa dirección general.

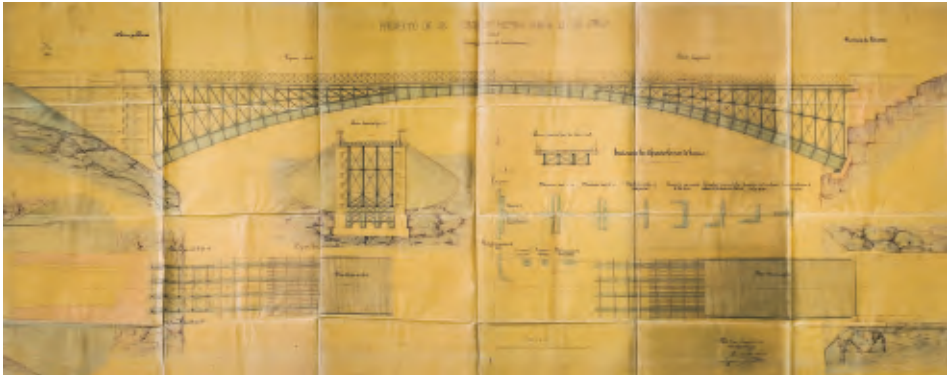
El diseño del puente de El Grado en la carretera de Barbastro a Benasque, provincia de Huesca

La necesidad de construir un puente sobre el río Cinca a la altura de la localidad de El Grado se expresa por primera vez en el proyecto de la carretera de 2.º orden de Barbastro a Benasque redactado en el año 1860 y firmado por el ingeniero Luis Corsini.³ Esta vía formaba parte del Plan General de Carreteras para la península e islas adyacentes publicado ese mismo año. En el citado documento se contemplaba construir en la provincia de Huesca los tramos correspondientes a las siguientes carreteras de primer orden: carretera de Madrid a la Junquera por Zaragoza y Barcelona; de Zaragoza a Canfranc por Huesca; y de Huesca a Monzón

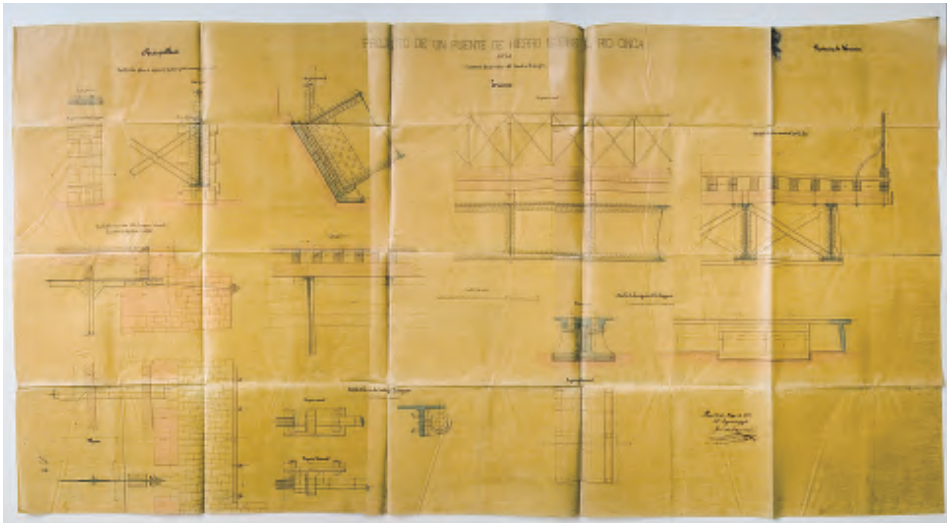
¹ BIEL IBÁÑEZ, M.ª P., "Paisaje y Territorio en Aragón: Las obras públicas en los siglos XIX y XX" en Álvaro Zamora, M.ª I. e Ibáñez Fernández, J., *Patrimonio hidráulico en Aragón*, Zaragoza, Cajalon, 2008, pp. 27-42.

² *Exposición Universal de 1867: catálogo general de la sección española*, Madrid, Comisión Regia, p. 258.

³ Proyecto de carretera de 2.º orden de Barbastro a Benasque por el Grado y Graus, Fdo. Luis Corsini, 28 de enero de 1860, Archivo General de la Administración [A.G.A.], Fondo 04.005.533, Caja 2305.



*Fig. 1. Proyecto de un puente de hierro sobre el río Cinca, alzado.
AHPH Fondo Obras Públicas n.º exp. 869-1.*



*Fig. 2. Proyecto de un puente de hierro sobre el río Cinca, tramo.
AHPH Fondo Obras Públicas n.º exp. 869-1.*

por Barbastro. Es decir, un total de 282 km que se complementaban con la construcción de otro grupo de carreteras, en este caso clasificadas de segundo orden, como eran las siguientes: carretera de Jaca a Sangüesa por Tiermas; de Jaca a Boltaña; de Barbastro a Boltaña; de Monzón a Benabarre; de Alcañiz a Monzón por Caspe; de Binefar a Tamarite y de El Grao a Benasque, estando prevista la construcción de un total de 395 km. De tal manera que la provincia de Huesca servía de lugar de paso hacia los Pirineos a través de tres enclaves de población como eran: Canfranc

vía Jaca, Biescas y Benasque; al mismo tiempo que se contemplaba la comunicación entre sus principales municipios.

Luis Corsini determinó que para cruzar el Cinca a la altura de la localidad de El Grado, el sito más idóneo era un estrechamiento de su cauce, de 65 metros de ancho, ya que este lugar favorecía el uso de la roca en la construcción de los estribos y se beneficiaba del encajonamiento que el cauce del río sufría evitando, de esta manera, la construcción de un puente de grandes dimensiones. Asimismo, fijaba que la distancia entre los paramentos de los estribos era de 70 metros y que la rasante sobre el nivel medio de las aguas del río se disponía a una altura de 30 metros. Del mismo modo, Luis Corsini expresó la conveniencia de levantar un puente metálico, que tendría que ser de un solo tramo la considerable altura que debería alcanzar la pila y la dificultad de cimentarla en un lecho, como el del río Cinca, caracterizado por ser de arena y grava. Estas circunstancias elevaban considerablemente el precio de la citada pila a lo que se añadían otras consideraciones como el efecto negativo que causaría su presencia al estrechar el cauce del río. Esta circunstancia preocupaba especialmente al ingeniero ya que entorpecía el desagüe de las aguas; hecho desaconsejable en un río con carácter torrencial como era el Cinca. Finalmente, Luis Corsini también valoró negativamente la presencia de pilas por el mal efecto estético que su existencia causaba en la garganta que dibujaba el paisaje por el que discurría el cauce.

Así, una vez aprobada por la superioridad, la propuesta de Corsini, se redactaron por separado dos proyectos: el del tramo metálico que asumió José de Echeverría Elguera⁴ y el de los estribos que fue firmado por Gumersindo Canals.⁵

José de Echeverría Elguera, que en esos momentos residía en París como comisionado del Gobierno, abordó la redacción de un tramo metálico siguiendo las indicaciones expresadas por Corsini en el proyecto general de la carretera. Y aunque, el material ya venía determinado no se resistió a hacer algunas pequeñas consideraciones. Así, justificó la renuncia al uso de la piedra como material constructivo ya que al tratarse de un tramo de una amplia luz (70 metros), la piedra resultaba mucho más cara al tiempo que su construcción era más complicada al tener que construir una cimbra de

⁴ Puente de El Grado sobre el Cinca, Memoria descriptiva, Fdo. José de Echeverría, París, 20 de mayo de 1863, Archivo Histórico Provincial de Huesca [A.H.P.H.], Fondo Obras Públicas, n.º exp. 869-1.

⁵ Proyecto de un puente sobre el cinca en la carretera de segundo orden El Grado a Benasque, Memoria descriptiva, Fdo. Gumersindo Canals, 25 de enero de 1861, A.G.A., Fondo 04.005.534, Caja 2306.

dimensiones extraordinarias y a una gran altura. Pero también descartó el uso del hierro fundido y se inclinó por el forjado, ya que la fundición, para el caso que le ocupaba resultaba más costosa pues las piezas debían ser de mayor tamaño que las forjadas al tratarse de un material menos resistente, llegándolo a calificar de quebradizo.⁶

Una vez pues, descartada la piedra y optado por el hierro forjado, el ingeniero comparó los diferentes sistemas de puentes metálicos por los que se podía decantar ya que como señalaba *los varios sistemas de puentes metálicos empleados para salvar grandes claros, bastante numerosos desde que el uso del hierro forjado ha tomado tan gran importancia en el arte de las construcciones, ofrecen todos su ventajas y sus inconvenientes.*⁷

En primer lugar analizó las ventajas y los inconvenientes de los puentes colgados. Entre las ventajas enumeró su antigüedad y la economía con la que permitían salvar grandes claros *porque hallándose los cables así como las péndolas que los constituyen sometidos solo a esfuerzos de tracción puede llegarse a obtener para una luz dada el mínimo de sección necesaria y gran economía de material proporcionando conveniente la flecha de los cables.*⁸ Pero era precisamente, este punto el que convertía a los puentes colgantes en un modelo de puente muy frágil ya que al adoptar estas dimensiones *próximas al límite es lo que ha producido la caída de algunos puentes y el consiguiente descrédito de este sistema.*⁹ Y aunque ya se habían ensayado puentes colgantes más rígidos, como el puente de Lambeth, en Londres, consideró que este modelo no era apto en el caso que le ocupaba, el puente sobre el Cinca en El Grado, ya que debido a las excepcionales condiciones del emplazamiento no se conseguía la deseada economía que esta tipología ofrecía. Al mismo tiempo, constataba como, en estos momentos, es decir en 1863, la Dirección General de Obras Públicas había abandonado este tipo de puentes a favor de los sistemas de vigas rectas o de arco, agrupados bajo la denominación de puentes fijos.

A continuación, Echeverría desgranó en su memoria¹⁰ las ventajas y los inconvenientes de los diversos sistemas de puentes fijos de hierro: el de arcos, el de vigas rectas de celosía y el de arco superior o Borw-string. Tras lo cual, determinó, sin ningún tipo de duda, la conveniencia de optar por el arco, frente a las otras dos soluciones ya que se presentaba como el sistema que requería una menor cantidad de material y, por lo tanto, como él más económico. Reflexionó sobre

⁶ Véase nota n.º 4.

⁷ *Ibidem.*

⁸ *Ibidem.*

⁹ *Ibidem.*

¹⁰ *Ibidem.*

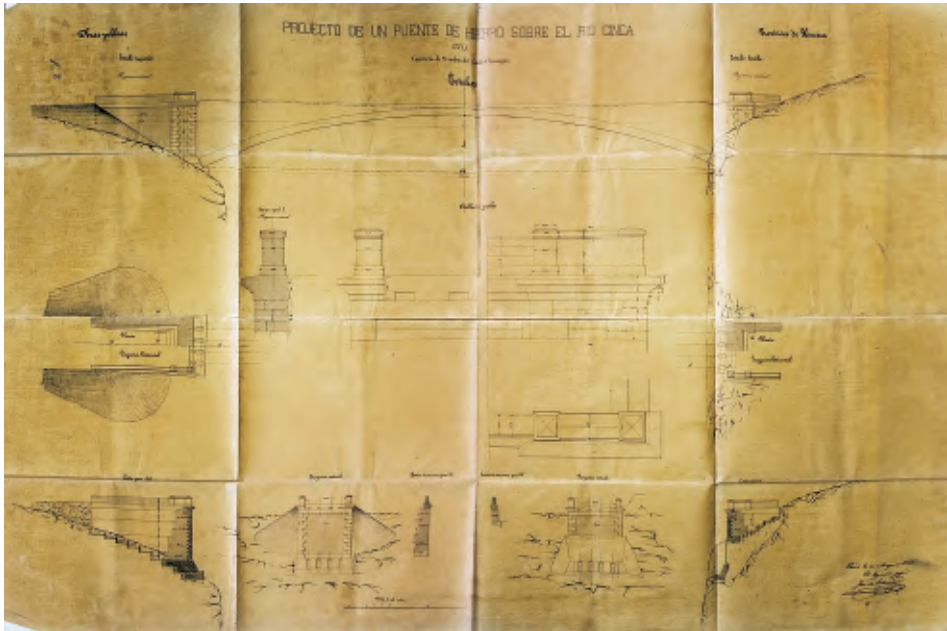


Fig. 3. Proyecto de un puente de hierro sobre el río Cinca, estribos.
AHPH Fondo Obras Públicas n.º exp. 869-1.



Fig. 4. Proyecto de un puente de hierro sobre el río Cinca, elevación del tramo.
AHPH Fondo Obras Públicas n.º exp. 869-1.

los inconvenientes que se le podían señalar, como eran: ocupar espacio por debajo de la rasante y ejercer un empuje considerable sobre los estribos, que implicaba emplear una gran cantidad de mampostería. Sin embargo, en este proyecto ambas circunstancias no se cumplían ya que la altura entre la rasante y el arco era considerable debido a la peculiaridad del emplazamiento y los estribos eran sumamente resistentes pues formaban parte de los mismos las propias márgenes del río. A todo ello, sumó otras circunstancias de no menor importancia como fueron la apreciación estética ya que consideraba de mayor belleza la solución del arco frente a los otros sistemas; y la mayor facilidad de montaje ya que el arco permitía adoptar un sistema de montaje más seguro al poder subdividir la construcción en trozos de dimensiones más pequeñas y de más fácil manejo.

Por todas estas razones propuso la construcción de un puente de cuatro vigas o cuchillos curvilíneos distantes unos de otros 1,42 metros de eje a eje, haciendo volar por ambos frentes las viguetas del piso hasta obtener un ancho entre pretilas de 5,90 metros [fig. 1].¹¹ Los arcos medían 68 m de luz y 7,58 metros de sagita o flecha. Cada cuchillo se componía de un arco de palastro cuya sección tenía la forma de una doble T de brazos desiguales y de un larguero superior en forma de T sencilla. En las enjutas, para darle resistencia a la estructura, los arcos se enlazaban entre sí y con el tablero mediante montantes verticales ensamblados a mitad de su altura por barras horizontales, que dibujaban un polígono continuo, y por tornapuntas inclinadas dejando espacios triangulares de forma invariable.

Dividió los arcos en tres cerchas, siendo la central algo menor que las otras dos, para facilitar el montaje del puente ya que de esta forma cada uno de los tramos se armaba y montaba separadamente en las márgenes del río.

Para la unión de las diferentes piezas que formaban las enjutas del arco, utilizó diversos métodos como el roblonado o las cantoneras o chapas triangulares. Todo ello con una sola finalidad: darle rigidez al sistema. Los largueros superiores de los cuchillos se apoyaban sobre los estribos por medio de cojinetes de fundición mientras que los arranques de los arcos se apoyaban en los estribos mediante planchas de fundición con seis pares de cuñas: *estas cuñas no se fijan a los estribos por medio de espigas con tuerca como se hace generalmente porque en razón al sistema que proponemos para el montaje sería muy difícil sino que propone se coloquen en cajas abiertas en los sillares y algo mayores que la base de las zapatas, apoyándose estas sobre planchas*

¹¹ *Ibidem.*

de plomo. El espacio que quede entre la fundición y los costados de la caja del sillar después de colocadas en su sitio puede llenarse con plomo derretido para fijarlas aunque la gran presión que ejercen los arcos basta para ello [fig. 2].¹²

Diseñó una barandilla sencilla conforme al carácter general de toda la obra en el que hemos huido de toda ornamentación que no sea la que resulte de la disposición de las piezas.¹³ Preveía fijarla a las viguetas del piso por medio de la prolongación de las barras que formaban los montantes y subdividir el espacio entre los montantes en dos ya que era demasiado grande para una sola cruz. De esta manera, consiguió un antepecho muy resistente pero para evitar su desplazamiento, dispuso en los montantes principales unas barras curvas fijadas al segundo larguero. Asimismo, dispuso estas últimas piezas en la parte interior de la barandilla *no solo para evitar la prolongación de las viguetas que perjudican el aspecto de la obra*¹⁴ sino también porque esta situación impedía que los carruajes se aproximaran a la barandilla y proporcionaba, al mismo tiempo, un espacio para que los peatones pudieran guarecerse al no disponer la calzada del puente de andenes.

En cuanto al piso o tablero, dispuso que se construyera de piezas de madera aunque expresó su opinión contraria a este tipo de suelo ya que la práctica demostraba que las estructuras metálicas podían soportar firmes más pesados y no era tan económico como generalmente se argumentaba. Para José de Echeverría, los puentes metálicos no necesitaba la ligereza de un tablero de madera pues estaba convencido que en este tipo de construcciones el hierro trabajaba *notablemente menos de lo que puede con toda seguridad resistir y que serian muy pocos los puentes de esta clase que no pudiesen soportar sin inconveniente alguno un firme, un empedrado u otro pavimento análogo.*¹⁵ Asimismo, indicó que la economía que se podía obtener de utilizar la madera como material de construcción no compensaba a medio y largo plazo debido a las necesarias reparaciones que, de manera periódica, se debían realizar al tratarse de un material perecedero. Como alternativa a este tipo de firmes, comentó la posibilidad de adoptar el tipo de piso empleado en el puente de Westminster de Londres y de otros de Inglaterra. Éste consistía *en planchas de palastro bombeadas en forma de pequeñas bóvedas en rincón de claustro, de planta cuadrada las cuales se fijan directamente por dos de sus lados sobre las cabezas y por los otros dos a los hierros de T que corren de un lado al otro y sobresalen la cantidad necesaria para el vuelo del piso por ambos frentes sostenidos en esta parte por mensuras de fundición en que apoya el larguero a que va fija la barandilla. Los espacios que quedan en la*

¹² *Ibidem.*

¹³ *Ibidem.*

¹⁴ *Ibidem.*

¹⁵ *Ibidem.*

*parte superior se rellenan de asfalto, hormigón, de pedazos de ladrillo hueco o de arena.*¹⁶ Sin embargo, razonó que en esta ocasión, el uso de la madera para el firme suponía un ahorro ya que se reaprovechaba la madera que previamente iba a ser utilizada en el montaje del puente provisional que había que construir para trasladar y colocar las cerchas metálicas.

Los estribos fueron diseñados por el ingeniero de 2.^a Gumersindo Canals¹⁷ en un proyecto anterior y separado del tramo metálico como ya se ha comentado. Canals diseñó unos estribos formados por un macizo de paredes exteriores verticales y una interior escalonada para que en ella se apoyaran los perfiles de los tramos además de reforzarlos con unos muros de acompañamiento lo suficientemente amplios para que evitaran que las tierras del terreno cayeran al río y al mismo tiempo reforzaran su resistencia. Dispuso que se coronaran con una imposta. Indicó que la parte inferior del estribo izquierdo, que formaba el salmer de los arcos, fuera de sillería aplantillada, mientras que los ángulos de ambos estribos y muros, de sillarejo y el relleno de unos y de otros, de mampostería; mientras que diseñó la imposta de coronación y los pretiles de sillería aplantillada. La piedra para su construcción se extrajo de las canteras del Alto de San Roque ya que era la que ofrecía la resistencia necesaria estimada en una carga permanente de 80 kg por centímetro cuadrado [fig. 3].

Finalmente y volviendo al proyecto del tramo metálico,¹⁸ José de Echeverría dispensó una gran atención al sistema más idóneo para el montaje de la estructura. Debido a las condiciones del emplazamiento, que como ya se ha señalado se caracterizaban por situarse en una curva del río, que acrecentaba la violencia de las avenidas, y la gran altura a la que se disponía la rasante del arco, no era aconsejable mantener el sistema habitual consistente en levantar unos andamiajes con los apoyos hincados en el fondo del río. El ingeniero autor del proyecto consideraba que una estructura de estas características era muy inestable a la fuerza de las aguas y escasamente segura para los trabajadores lo que podía motivar desgraciados accidentes. Por ello, siguiendo el ejemplo de lo realizado en el puente de Sant Just sobre el río Arveche por la fábrica de Crenson, propuso¹⁹ la construcción de un puente provisional compuesto de dos vigas de madera de celosía sobre el cual se montaría tornos o grúas vo-

¹⁶ *Ibidem.*

¹⁷ Véase nota n.º 5.

¹⁸ Véase nota n.º 4.

¹⁹ En este punto el ingeniero solo podía proponer el sistema que el consideraba más oportuno ya que la decisión final dependía de la empresa constructora de la estructura metálica pues corría de su cuenta el conjunto de acciones encaminadas al montaje del tramo, tal y como señala en las *Condiciones para el contrato del material de hierro y del montaje*, Fdo. José de Echeverría, París, 20 de mayo de 1863, A.H.P.H., 869-1.

lantes que servirían para trasladar y colocar en su sitio las porciones del puente, armadas previamente en una de las márgenes del río:²⁰ *Armadas las vigas en el estribo izquierdo del puente, en donde suponemos establecidos los talleres del montaje a causa del desmonte de la otra orilla, en posición vertical y convenientemente enlazadas hay que hacerlas correr a través del claro hasta que se apoyen en el estribo derecho, operación que puede ejecutarse lo mismo que se hace para las vigas de hierro de peso mucho más considerable en los puentes de mas de un tramo, es haciéndolas reposar sobre rodillos y tirando por medio de cuerdas y cabestrantes sólidamente establecidos en la otra margen del río. (...) colocado este y asegurada su estabilidad con puntales y cuerdas en las márgenes se procederá al montaje del tramo metálico [fig. 4].*²¹

La empresa, encargada de la fabricación de las diversas piezas y responsable del montaje de la estructura metálica, fue la casa Schneider & Cia de Le Creusot.²² El contrato con esta casa francesa, firmado el 17 de abril de 1864, estipulaba que la contrata, que ascendía a un total de 678.509,61 reales de vellón, solo correspondía al material de hierro y los tornillos pero no a la parte de fábrica relativa a los estribos que era de cuenta de otra contrata. Además, la empresa asumía los gastos de montaje del tramo. Por su parte la administración ponía a disposición de la empresa la madera y la clavazón necesaria para el puente provisional y el firme, y asumía los gastos de transporte realizado por vía marítima y ferroviaria y por carretera. El hierro forjado y el fundido así como las piezas de acero debían fabricarse en un plazo de seis meses a contar desde el momento en el que la administración y la empresa adjudicataria firmaron el contrato. Éstas debía ser lo más perfectas posibles y estar marcadas con letras y números perceptibles. Estos mismos elementos identificativos debían de coincidir con los dibujos que de cada pieza se entregarían antes de embarcar el material para, de esta forma, evitar confusiones y facilitar el montaje de la estructura. Todo el material embarcaba en el puerto de Marsella rumbo al

²⁰ *De suerte que solo un corto número de piezas y de roblones sea preciso poner estando ya aquellas colocadas. Con esta intención hemos dispuesto los cuchillos o vigas curvilíneas en tres partes distintas que pueden sin inconveniente armarse y arriostarse separadamente y a este fin también proponemos el piso de madera para obtener la mayor posible economía con su empleo en el puente provisional. Véase nota n.º 19.*

²¹ *Ibidem.*

²² Le Creusot es una población de Francia, situada en la región de Borgoña, departamento de Saona y Loira en el distrito de Autun. En esta localidad se localizaba la fábrica de Schneider & Cia, fundada en 1833. Ésta era una fábrica de producción de hierro dulce y acero y contaban con unos importantes talleres de construcción. *En 1867, en que se verificó la exposición anterior, y desde cuya época ha realizado tan grandes progresos, se extraían de las minas de la Sociedad 250.000 toneladas de hulla, y otras 250.00 de mineral, los altos hornos y las forjas producían 130.000 toneladas de fundición y 110.00 de hierros, de palastros y se había, ya entonces fabricado, desde su fundación, 1.100 locomotoras, 125 martillos-pilones, 168 máquinas marinas con 39.945 caballos de fuerza y 630 máquinas fijas con 30.000 caballos (...), en Gaceta de los caminos de hierro, 22 de diciembre de 1878, p. 808.* Era una de las empresas siderúrgicas más importantes de Europa, junto con los Krupp de Alemania.

de Barcelona. Una vez allí, todo el hierro viajaba por ferrocarril hasta la estación de Selgua y por carretera hasta ser depositado mitad en la orilla izquierda y la otra mitad en la orilla derecha. La ejecución de los pagos se estableció en tres plazos: 40% en el acto de la firma del contrato, el 50% al verificarse el embarque y el 10% final cuando se hubiera armado el puente en su sitio, hecho la prueba y extendido por el ingeniero encargado de la obra la correspondiente acta de recepción. Finalmente señalar que el fabricante estaba obligado a entregar un modelo del puente en la escala de 1/40 *hecho de hierro o del material que juzgue más apropiado al ingeniero del gobierno y a completa satisfacción de este con todos los detalles y exactitud posible, por uno de los artistas de más reputación en esta clase de trabajos siendo de cuenta del fabricante los gastos que ocasione esta construcción de dicho modelo y los de su embalaje*²³ con la finalidad de enriquecer la colección de modelos disponible en el Museo de la Escuela de Caminos.

El ingeniero diseñador del puente: José de Echeverría Elguero (Valencia, 13/09/1823-Madrid, 21/03/1886). Datos para trazar una biografía

Cuando José de Echeverría redactó su proyecto de tramo metálico para el puente de El Grado desde París en 1863, el cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de España estaba fuertemente jerarquizado. Desde la Real Orden de 14 de abril de 1836 el escalafón era el siguiente: tres inspectores generales, dos inspectores de distrito, veinte ingenieros jefes de primera clase, treinta ingenieros jefes de segunda clase, cincuenta ingenieros primeros, sesenta ingenieros segundos, diez aspirantes primeros, y quince segundos. La jefatura del cuerpo recaía sobre el Excmo. Ministro de Fomento y el segundo jefe del Cuerpo era el Director General de Obras Públicas. Los ingenieros generales y de distrito residían en Madrid y formaban parte de la Junta Consultiva que examinaba todos los proyectos de obras públicas de caminos, canales, puertos de comercio, faros y ferrocarril. Los demás trabajan en las diversas provincias encargándose de la redacción y supervisión de las obras que cada distrito tenía encomendada.

El territorio se encontraba dividido en 22 distritos y uno de ellos se denominaba Distrito de Zaragoza. Antes de la partida de D. Jose de Echeverría a París, en el año 1858, en el distrito de Zaragoza trabajan D. Jacobo González Arnao, ingeniero jefe de 1.^a Clase bajo cuya respon-

²³ Véase nota n.º 19.

sabilidad se encontraba este distrito, D. José de Echeverría, ingeniero jefe de 2.^a Clase, D. Mariano Royo, Ingeniero Jefe de 1.^a Clase, que se ocupaban de dirigir de las obras de la provincia de Zaragoza, y D. Luis Corsini, ingeniero aspirante de 1.^o, encargado de las obras de Huesca. En estos momentos, la provincia de Teruel dependía del distrito de Cuenca, y el ingeniero encargado de su dirección era D. Rafael de La Figuera.²⁴

El primer dato²⁵ que hasta el momento se ha localizado de la vida profesional de José de Echeverría es su destino como ingeniero de 2.^a clase en la provincia de Oviedo (Distrito de León) en el año 1849. Con esta categoría permaneció hasta el año 1853, aunque destinado a la provincia de Teruel (Distrito de Zaragoza) desde el año 1850. A partir de 1854 su trabajo se desarrolló en la provincia de Zaragoza si bien progresivamente fue ascendiendo en el escalafón y, así, entre 1854 y 1856 figura ya como ingeniero de 1.^a Clase; entre 1857 y 1865 como ingeniero jefe de 2.^a clase; entre 1865 y 1879 como ingeniero jefe de 1.^a Clase, siendo nombrado Inspector General de 2.^a Clase en el año 1879,²⁶ rango en el que permaneció hasta su muerte en el año 1886.

Sin embargo, el periodo más fructífero de su vida profesional no se desarrolló en la provincia de Zaragoza, ya que desde el año 1859²⁷ su nombre ya no aparece asociado a ningún destino. Por ello, es más que probable que fuera ese el año en el que marchó a París como representante de los Ministerios de Fomento y de Ultramar, destino del que ya no volvió. Pues como se indica en su necrológica, publicada en la *Revista de Obras Públicas*,²⁸ el día de su fallecimiento, el 21 de marzo de 1886, se encontraba accidentalmente en la capital del Reino. Su misión, a lo largo de estos años consistió en *compras de material de obras públicas sobre todo para puentes, faros y caminos de hierro*.²⁹ Este celo mereció sendas condecoraciones: la Gran Cruz de Isabel la Católica y la de Caballero de la Legión de Honor de Francia.

En cuanto a los proyectos en los que participó se ha localizado su firma en el proyecto del ferrocarril de Zaragoza a Alsasua elaborado

²⁴ *Guía de forasteros de Madrid para el año de 1858*, Imprenta Nacional, Madrid, 1858, p. 581. Esta provincia alterna su adscripción entre Zaragoza y Cuenca. Así, con anterioridad, estaba enmarcada dentro de Zaragoza, situación a la que volverá después del año citado.

²⁵ Todas las fechas que a continuación se exponen se han consultado en *Guía de Forasteros de Madrid para el año...*, Imprenta Nacional, Madrid. Se han consultado la totalidad de las guías desde el año 1847 hasta la fecha de su fallecimiento en 1886.

²⁶ *Gaceta de Madrid*, n.º 53, (22-II-1879), p. 508.

²⁷ *Guía de Forasteros de Madrid para el año 1859*, Imprenta Nacional, Madrid, 1859.

²⁸ "Necrológica", *Revista de Obras Públicas*, 1886, tomo IV, n.º 41, s.p.

²⁹ *Ibidem*.

en 1857 junto a Jacobo González Arnao y Ángel Clavijo.³⁰ Por lo que respecta a su trabajo en París, además del diseño y la contratación del puente del que nos hemos ocupado, también diseñó y convino la construcción del puente de Calahorra sobre el río Cidacos entre 1861-1863. En esta ocasión se trató de un puente de viga recta de celosía y la casa adjudicataria fue la firma John Cockerill, compañía belga con sedes en Seraing y Lieja.³¹

En el año 1867 lo encontramos preparando la presencia española en la Exposición Universal de París de ese año, como miembro³² de la comisión de representación y estudio con el cargo de Vicesecretario. Es necesario recordar como en esta exposición, el cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos tuvo una presencia destacada y obtuvo uno de los máximos galardones. Y en ella, el puente de El Grado se presentó como modelo de puente siendo objeto del siguiente comentario: *esta importante y elegante obra, terminada en el año 1865, consta de un arco de 70 metros de luz siendo su flecha de 7,58 metros y tiene 7 metros de ancho por 32,50 de altura desde la rasante al fondo del cauce. Los cuatro cuchillos del arco, los tímpanos y arrostamientos son de hierro forjado y los estribos de sillería y sillarejo, habiendo costado toda la obra 115.219.288 escudos.*³³ Asimismo se mostraron otros modelos de puentes como fueron el puente provisional de Tenedo construido para atravesar el río Pas en el ferrocarril de Isabel II, provincia de Santander; y el modelo de cimbra del puente de la Horadado construido sobre el Ebro en la carretera de Cereceda a Villaseante en la provincia de Burgos; además de una amplia colección de planos y de fotografías. Todo ello con la finalidad de transmitir una imagen de modernidad de España al resto del mundo, objetivo que sin duda se consiguió, tal y como señaló Charles Lucas, arquitecto subinspector de los trabajos de la ciudad de París, en el comentario que dedicó a los trabajos presentados por España en esta exposición: *Entre tantas maravillas como ofrecía al público en general, y a los franceses en particular, la multitud de objetos enviados al palacio del Campo de Marte, hay sin disputa, pocas que den tanto que pensar como la notable exposición de las obras de distinta índole (modelos, atlas y libros) comprendidas bajo la denominación de obras Públicas de España. (...) bajo el punto de vista de*

³⁰ Ferrocarril de Madrid a Francia por Zaragoza y Pamplona. *Proyectó de la parte comprendía entre Zaragoza y su empalme con el del Norte en Alsasua, por los ingenieros de caminos, canales y puertos D. Jacobo González Arnao, jefe de 1.ª Clase y D. José de Echeverría y D. Ángel Clavijo, jefes de 2.ª Clase. Memoria, presupuestos y condiciones.* 1857, A.G.A., Obras Públicas, E. Especial, 159.

³¹ MATEOS GIL, A. J., "Los puentes de la ciudad de Calahorra", *Kalakorikos*, 3, Calahorra, Amigos de la Historia de Calahorra, 1998, pp. 111-125.

³² *Exposición Universal de 1867: catálogo general de la sección española*, París, 1867.

³³ *Exposición Universal de 1867: catálogo general de la sección española*, Madrid, Comisión Regia, p. 258.

*las obras públicas (si las hemos de juzgar por la exposición del Campo de Marte), España ocupa hoy el primer lugar en el mundo entero.*³⁴

Además, participó en el consejo de redacción de la *Revista de Obras Públicas* aunque su presencia como redactor fue muy escasa, publicando tan solo cuatro artículos. Uno de ellos lo dedicó al comentario bibliográfico del libro *Les inventeurs et leurs inventions* de Emile With³⁵ mientras que los otros tres los centró en explicar su proyecto para la limpieza del puerto de la Isla de Puerto Rico.³⁶

El puente de El Grado en el panorama nacional e internacional

Pese a no contar con demasiados datos sobre su actividad como proyectista de puentes y a la vista de las decisiones que tomó y fuentes que manejó para el diseño del puente de El Grado, se puede concluir que José de Echeverría introdujo con su diseño una serie de novedades en el panorama español que convirtieron a este puente en una obra singular dentro de la ingeniería española.

Estas novedades son: la opción por el arco en lugar de la viga recta o el arco parabólico; el uso del hierro forjado en lugar del hierro fundido; el sistema de montaje del tramo mediante tramos volados y la propuesta de un firme diferente a las calzadas de madera.

Los puentes en arco de piedra se seguían construyendo pero siempre que se tratara de puentes que no necesitasen de grandes luces. Así, a lo largo de las carreteras de segunda y tercera clase, se prodigaron este tipo de soluciones estandarizadas como se puede observar en la misma carretera de Barbastro a Benasque, en los pasos sobre los barrancos de Rialaret, Garbarrosa o el puente sobre el río Rialbo.³⁷ En cambio, los puentes en arco metálico fueron más singulares. Sin duda el más notable de todos ellos fue el puente de Triana (1845-1852) levantado sobre el río Guadalquivir en Sevilla o el puente de Isabel II (1844),³⁸ sobre la ría de Bilbao. Sin embargo, en los años en los que se emprendió la construcción del puente de

³⁴ LUCAS, C., "España en la exposición universal de 1867", *Revista de Obras Públicas*, 1868, 16, tomo I, (1), pp. 7-11.

³⁵ ECHEVERRÍA, J., "Les inventeurs et leurs inventions", *Revista de Obras Públicas*, 1866, 14, tomo I, 24, pp. 287-289.

³⁶ ECHEVERRÍA, J., "Isla de Puerto Rico: presupuesto del material de limpia para el puerto de la capital", 1869, 17, tomo I, (13), (14) y (15), pp. 154-156, pp.164-166, pp. 179-182.

³⁷ Proyecto de carretera de 2.º orden de El Grado a Benasque por Graus, parte comprendida entre Graus y El Campo, 31 de mayo de 1861, Fdo. Gumersindo Canals, A.G.A., Fondo 04.005.533, Caja 2309.

³⁸ SALAZAR ARECHALDE, J. I., *La ría de Bilbao en el siglo XIX. Tendiendo puentes abriendo caminos*, Bilbao, Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Vizcaya, 2003.

El Grado (1863), abundaron los tramos metálicos de vigas rectas, debido a que, tal y como señala Rafael Monares, ingeniero redactor del puente de viga recta en Fuentidueña unos años después, estos modelos, *permiten un gran desagüe, proporcionan el medio de salvar con más facilidad mayores extensiones y pueden disminuir el número de pilas, produciendo por consiguiente mayor economía, y más aun, si las fundaciones presentan dificultades y la resultante de la acción de estos puentes de tramos rectos sobre los estribos es siempre vertical, lo cual es sumamente ventajoso cuando las pilas y los estribos son muy elevados.*³⁹ Así, además del puente sobre el Cidacos en Calahorra ya citado, se levantaron otros como por ejemplo el puente sobre el Navia en Asturias, en la carretera de Villalba a Oviedo, sobre el río Segre (1874) en la carretera de Madrid a la Junquera a la altura de Lérida; sobre el río Arlanzón (1871), en Burgos, o sobre el Ebro (1882) en Logroño.⁴⁰ En estos mismos año, también aparecieron los puentes en arco parabólico o Bow-string. Esta tipología tuvo un primer ejemplo en el puente de El Prado sobre el río Pisuerga a su paso por Valladolid (1866), aunque no fue hasta la década de los 70 cuando este tipo de estructura fue estudiado y mejorado por el ingeniero Joaquín de Pano y Ruata en el paso del río Cinca a la altura de Monzón (1875) o sobre el río Alcanadre en la localidad de Ontiñena (1876), entre otros,⁴¹ alcanzando en la última década del siglo la popularidad que hasta entonces no había disfrutado. En definitiva, el puente de El Grado fue una solución singular en el panorama español motivada tanto por las condiciones del emplazamiento como por el valor estético que seguía manteniendo el arco sobre otras soluciones más funcionales pero alejadas de los cánones tradicionales asociados a la belleza.

Asimismo, optó por el hierro forjado en lugar del hierro fundido como era habitual en la primera generación de puentes metálicos alzados en España y en Europa. Los primeros puentes que se construyeron en hierro forjado fueron el de Conway, (1849) y el Britannia (1850) en los estrechos de Menai, dos puentes en viga cajón de grandes dimensiones para ferrocarril, hechos por Robert Stephenson. El hierro forjado ofrecía un mejor comportamiento estructural que el hierro fundido al ser más resistente y regular que éste, tal y como el mismo Echeverría expresa en la memoria.

³⁹ Informe que emite el ingeniero jefe de esta provincia que suscribe a cerca del proyecto de dos tramos de hierro con una pila tubular para el paso del río Tajo en Fuentidueña en la carretera de 1er orden de Madrid a Castellón, estudiado por el ingeniero primero don Rafael Monares, Madrid 27 de septiembre de 1867, A.G.A., Fondo 04.005.533, Caja 5763.

⁴⁰ NAVASCUES, P., *Arquitectura e ingeniería del hierro en España*, Madrid, El Viso, 2007.

⁴¹ BIEL IBÁÑEZ, P. y PANO GRACIA, J. L., "Los puentes parabólicos de hierro y el ingeniero D. Joaquín de Oano y Ruata (1849-1919)", *Artigrama*, 21, Zaragoza, Departamento de Historia del Arte, Universidad de Zaragoza, 2006, pp. 543-575.

Al mismo tiempo, propuso un nuevo firme (similar al del puente de Westminster de Londres) y un nuevo sistema de montaje (el ensayado por la casa Crenson en el puente de Sant Just sobre el río Arveche) trasladando a las obras públicas españolas soluciones que en esos momentos se estaban utilizando en las obras públicas europeas, en concreto en las británicas y en las francesas. Hay que recordar que las relaciones con ambos países fueron habituales para este tipo de actividades. Y así, Lucio del Valle, viajó a Gran Bretaña para contactar con casas constructoras y José de Echeverría estaba comisionado en París con una misión similar. España, en estos momentos, no era capaz de dar respuestas industriales a las necesidades de las obras públicas y por ello, estos contactos se hicieron necesarios. Y nuestros ingenieros, no se limitaron a contactar con casas constructoras, sino que además estudiaron las soluciones y los avances que en este terreno se estaban practicando en estos países y, como sucede en esta ocasión, las introdujeron en nuestro país. Así, en el puente de El Grado vemos las soluciones que los ingenieros Alphonse Oudry y Nicolas Cadiat plantearon para el Pont d'Arcole (1854-1856) sobre el Sena en París. No cabe duda pues que el puente de El Grado fue una solución novedosa que solo la violencia de la guerra destruyó.