

## LA ESTÉTICA EN EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PUENTES (IV): LOS PUENTES COLGANTES

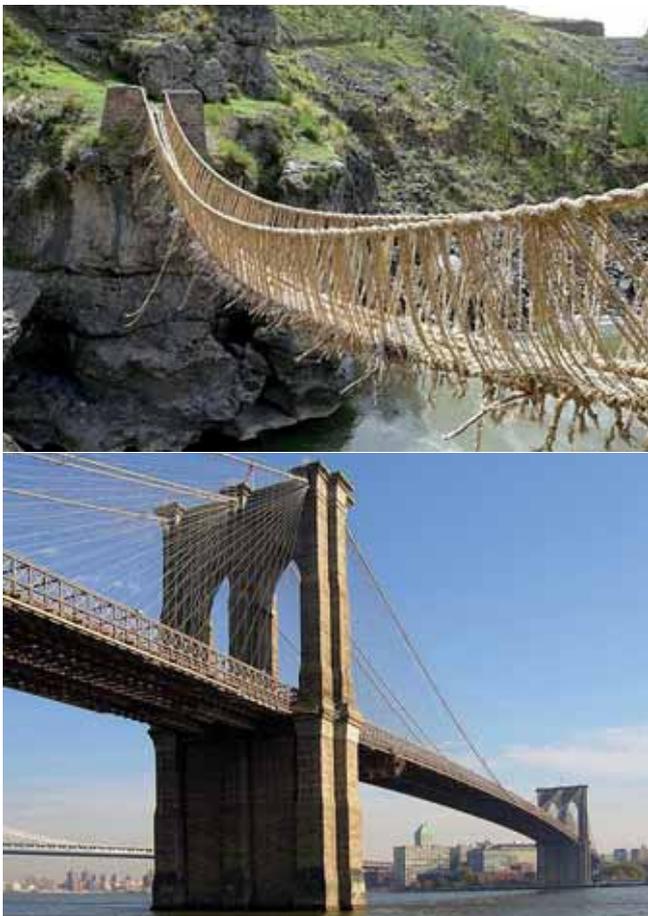
Por

RAFAEL JURADO LUQUE

Ingeniero de Caminos, C. y P. y estudiante de Historia del Arte

### INTRODUCCIÓN

 onfieso, querido lector, que he pensado si no estaría ya cansado de esta serie de artículos y, en consecuencia, me he planteado la posibilidad de darte un descanso: unos años sabáticos antes de una hipotética futura entrega, pero me ha parecido imprescindible cerrar este conjunto de artículos con el estudio de los puentes colgantes, un tipo de construcción fascinante por cuanto hunde sus principios: temporales, estructurales..., en los puentes primitivos y llega a nuestros días convertida en una de las obras más atrevidas y de mayor luz de entre todas estas estructuras, además de ser en muchos casos representativa de toda una ciudad o ámbito, casos del puente de Brooklyn (Nueva York), el Golden Gate (San Francisco) o el puente 25 de Abril (Lisboa), por citar solo unos ejemplos.



1. A) PASARELA SOBRE EL RÍO APURIMAC EN CUZCO (PERÚ).  
B) PUENTE DE BROOKLYN.

Iniciaremos su estudio analizando su comportamiento estructural y cuál es el cambio que hace que la percepción de fragilidad que transmiten los puentes colgantes primitivos se transforme en la solidez que percibimos al contemplar las modernas realizaciones; cómo se pasa de la escasa

durabilidad –y no solo debida al deterioro de los materiales constituyentes– a la pervivencia que hoy exigimos a este tipo de construcciones, aunque debamos saber que han sido numerosos los puentes perdidos en esta evolución. Posteriormente nos concentraremos en diferentes ejemplos concretos acercándonos a sus valores estéticos. Aunque nuestro ámbito es el de la Península Ibérica, resultará inevitable incluir algunos puentes significativos, ya patrimonio universal, fuera de dicha extensión territorial.

### LOS PUENTES COLGANTES: PRINCIPIO ESTRUCTURAL

Como hemos ido viendo en los artículos anteriores, cada una de las tipologías estructurales contempladas responde a la aplicación de un *truco* ingeniado por el ser humano para superar el problema del peso: la gravedad que todo lo ata a la Tierra, transformando esta fuerza vertical de difícil superación en sistemas más asequibles y solucionables con los materiales disponibles. Los felices inventos de las dovelas para los puentes arco de piedra o las triangulaciones para las celosías de madera ocuparon nuestra atención en entregas precedentes.

También en este caso, para lograr una solución eficaz a estos puentes, nuestros lejanos antepasados debieron superar un desafío técnico cuando trataban de salvar vanos de cierta importancia. Supongo que fueron vanos de notable altura, que imposibilitaban el empleo de elementos de apoyo intermedios, los que llevaron al ingenioso invento. Ya antes y de forma intuitiva y natural, sin necesidad de entender el fenómeno de pandeo, nuestros grupos humanos protagonistas habían comprendido que es más fácil y requiere menor sección resistir las tracciones que las compresiones, viendo cómo elementos vegetales u orgánicos permitían tirar de cuerpos de entidad que para ser soportados en alto requerían, en cambio, considerables troncos o pilares de piedra. Así se resolvería el paso sobre un precipicio de considerable altura pero en el que existiera, por ejemplo, un dosier arbóreo consistente (fig. 2, a y b).

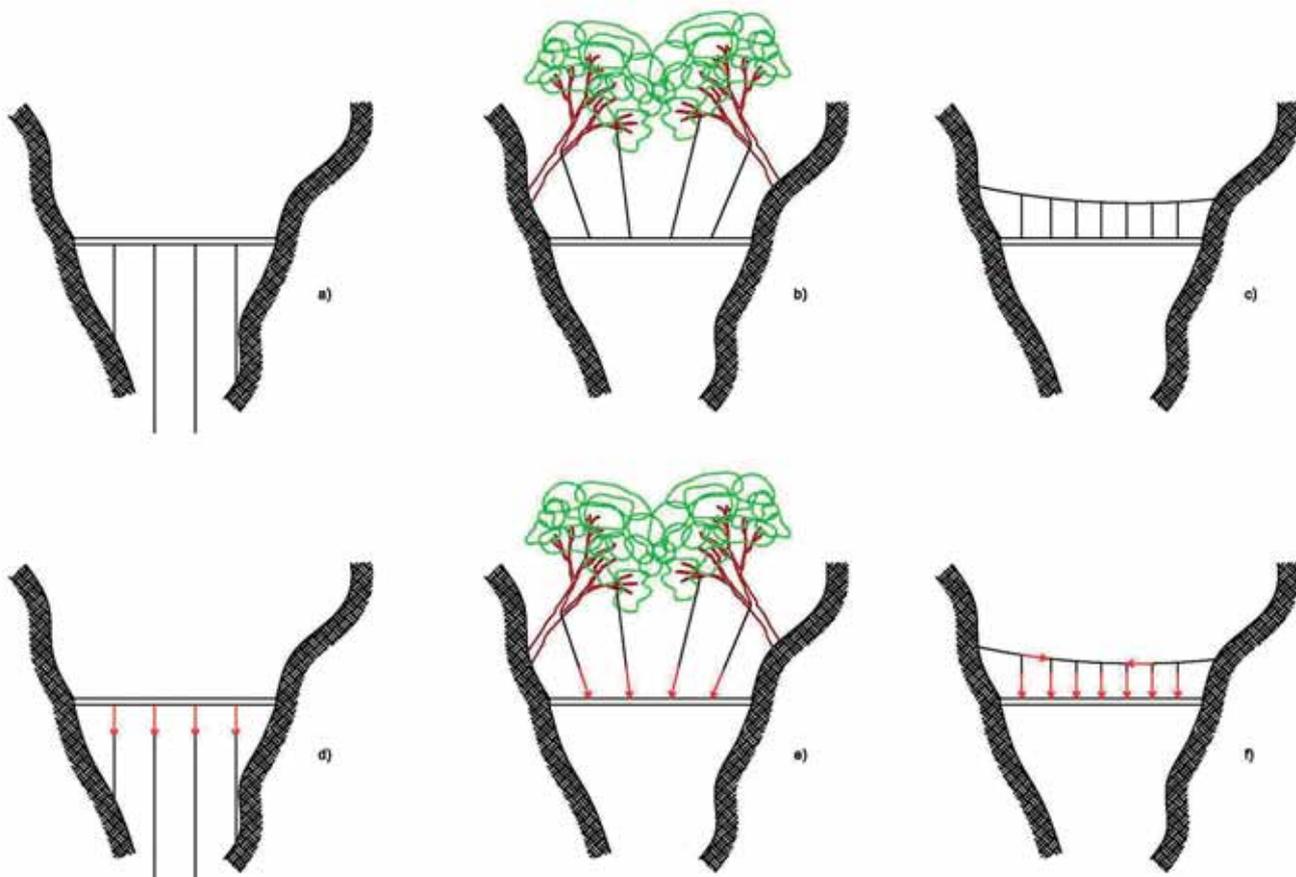
Es lógico suponer que, solo en contadas excepciones podrían nuestros ancestros contar con esos elementos superiores de los que colgar su pasarela, por lo que el ingenio humano dio un gran paso constituyendo artificialmente, mediante elementos vegetales, un cordón capaz de ser sustentador de la obra, como esquematiza la figura 2 c. Esta construcción implica en realidad un interesante juego con las fuerzas presentes en el equilibrio estructural que trata de ilustrar la figura 2 (d, e, f) donde vemos cómo cambia la distribución de esfuerzos que correspondería a una pasarela apoyada.

### HISTORIA DE LOS PUENTES COLGANTES

Con independencia del común fundamento estructural, en el que como veremos –incluso dentro del limitado alcance del presente documento– caben matices de gran importancia, resulta evidente la gran diferencia que existe entre los modestos puentes primitivos y las más recientes y asombrosas realizaciones, por lo que conviene que hagamos un repaso de la evolución histórica que han tenido estas estructuras.

#### *Puentes de la Antigüedad*

Como se ha mencionado los elementos constituyentes de estas pasarelas primitivas: lianas, maderas, etc., eran orgánicos y presentaban claros problemas de conservación, por lo que nada de ellos nos ha llegado. Las noticias documentales de puentes, tan notables en el mundo romano, no contemplan esta tipología y es que, reflexionando algo, se nos hace evidente que poco podría atraer a la eficaz mentalidad romana una estructura tan frágil y apta solo para cargas relativamente pequeñas, cuando ellos concebían una importante red de comunicaciones que fuera capaz de articular su vastísimo imperio. Entra en lo posible que antes de la romanización, los



2. A) DIFICULTAD DE EJECUCIÓN DE PILAS PARA LA PASARELA; B) ALTERNATIVA DE COLGAR EN VEZ DE APOYAR; C) INDEPENDIZÁNDOSE DE LAS CONDICIONES NATURALES. D) LAS PILAS TRABAJAN A COMPRESIÓN, LO QUE EN CASOS DE GRAN ALTURA REQUIERE UNA IMPORTANTE SECCIÓN; E) LOS TIRANTES TRABAJAN A TRACCIÓN, PARA LO QUE BASTA UNA PEQUEÑA SECCIÓN; F) EL ELEMENTO SUPERIOR AUXILIAR TAMBIÉN TRABAJA A TRACCIÓN. ELABORACIÓN PROPIA.

pueblos que fueron conquistados los emplearan, pero su uso desapareció con el dominio romano.

**Puentes medievales**

También en la Edad Media se construirían seguramente muchos puentes de este tipo, aunque por las razones apuntadas la práctica totalidad de ellos colapsaron, cayeron y desaparecieron. Los que han conseguido llegar hasta el presente lo han hecho en forma muy diferente a como fueron construidos.

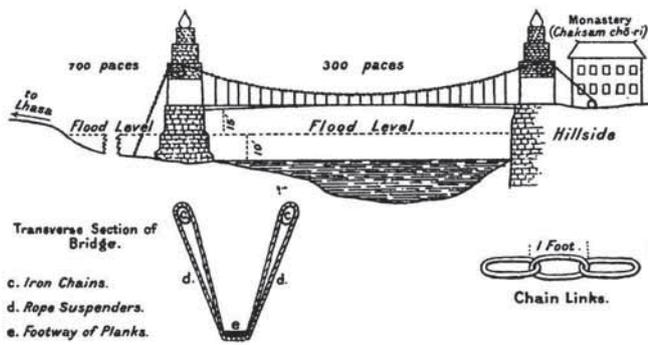
Pese a todo ya en el siglo XII hay noticias de puentes de estas características, aunque situados en Sudamérica y Asia, lo que parece avalar lo antes afirmado respecto de estas estructuras y la ingeniería romana, muy alejada de elementos estructurales realizados con cuerdas de fibras naturales trenzadas, que exigían continuo mantenimiento, eran inseguros y solo admitían cargas pequeñas y desplazamientos lentos. La propia pasarela Q'eswachaka sobre el río Apurimac que veíamos en la fig. 1 a, y que formaba parte del sistema de caminos Qhapaq Ñan, que conectaba el Tahuantinsuyo –el Imperio inca, de cuya ingeniería es reliquia– nos pone de relieve las razones de la ingeniería romana, pues esta pasarela de 1,20 m de ancho y 28 m de luz realizada íntegramente con fibras vegetales de ichu es deshecha y reconstruida en un rito inca que, como la propia pasarela, ha llegado a nuestros días y tiene lugar cada año, durante tres días de la segunda semana de junio. ¿Cabe algo más opuesto a la mentalidad romana?

Es precisamente en las décadas finales de la época medieval cuando podemos documentar un avance de suma importancia en el recorrido desde los primitivos puentes de fibras vegetales a las modernas estructuras con cables de acero. Se debe «al tibetano Thangtong Gyalpo, quien construyó alrededor de 57 puentes con base en cadenas de hierro» (Carrasquilla Orozco 2010: 6) hacia los mediados de nuestro

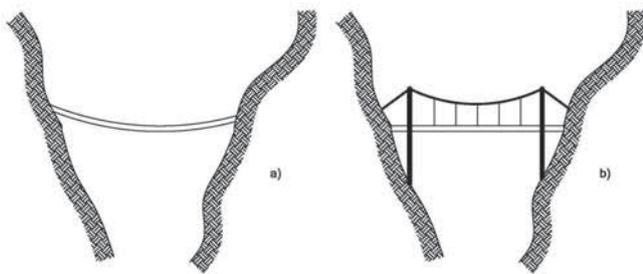
Quattrocento. Entre ellos el de Chaksam, que recoge la fig. 3, construido hacia 1430 al sur de Lhasa, como vemos no solo con cadenas sino encontrándose estas suspendidas de torres, lo que le otorga ya un perfil claramente moderno, pues, a diferencia de los primitivos (en el propio Himalaya, en los Andes, etc.) que fueron puentes catenaria, en los «que el paso se hace sobre las mismas cuerdas que forman los cables principales, o sobre una plataforma de madera apoyada en ellas» (Fernández Troyano 2015: 56) en este caso la plataforma se independiza de los elementos de suspensión.

Este puente todavía existía en 1948, aunque necesitado de reparaciones y fuera de uso, siendo destruido cuando se construyó uno nuevo próximo a él. El viejo puente tenía, según antigua descripción, «dos gruesas cadenas [...] atadas a pesadas vigas de madera debajo de los pilares, de cuya parte superior están suspendidas cuerdas de 12 pies que cuelgan de las cadenas y sostienen tablas de madera de metro de largo y 30 cm de ancho, lo que permite el paso de un hombre. El puente tiene cien pasos de largo».

La diferencia con los puentes catenaria es fundamental y engloba tanto aspectos funcionales como estéticos. En los puentes colgantes primitivos o puentes catenaria, ejemplificados por el de la fig. 1a, «los propios cables principales sirven de plataforma de paso [con lo que] necesitan una contraflecha que les da una forma no adecuada para la plataforma de un camino» (Fernández Troyano 2004: 170) cosa que, estoy seguro, es otra de las razones del rechazo romano. Sin embargo, si separamos los dos elementos, con los cables principales por encima de un tablero colgado de ellos por las péndolas y, para conseguir la flecha que requieren los cables, los elevamos en los extremos del vano (razón de las torres), podemos conseguir que la línea del tablero se aproxime a la horizontal, con evidentes ventajas para la función del puente, y una mucho mejor presencia estética. Es lo que



3. ESQUEMA DE ALZADO DEL PUENTE DE CHAKSAM EN LHASA (TIBET).



4. A) PUENTE CATENARIA. LOS CABLES FORMAN LA PROPIA PLATAFORMA;  
B) PUENTE COLGANTE, DONDE LOS CABLES RESISTEN Y LA PLATAFORMA CUELGA DE ELLOS. ELABORACIÓN PROPIA.

se esquematiza en la fig. 4; y conviene a nuestro eurocentrismo cultural recordar que es una solución que se documenta en China en los comienzos del siglo VII, es decir, cuando los godos señorean nuestro continente, al que este tipo de soluciones tardarán ocho centurias en llegar.

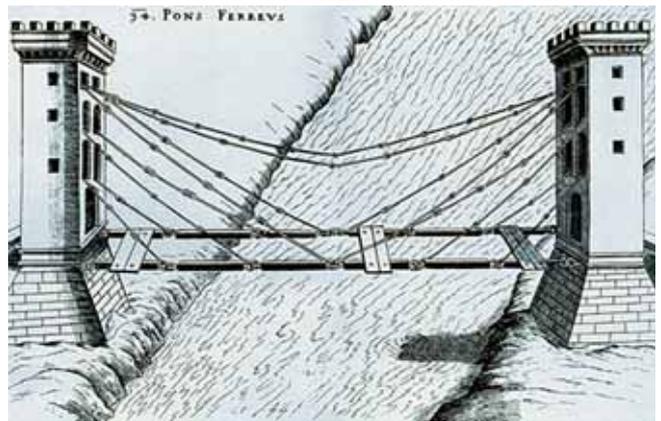
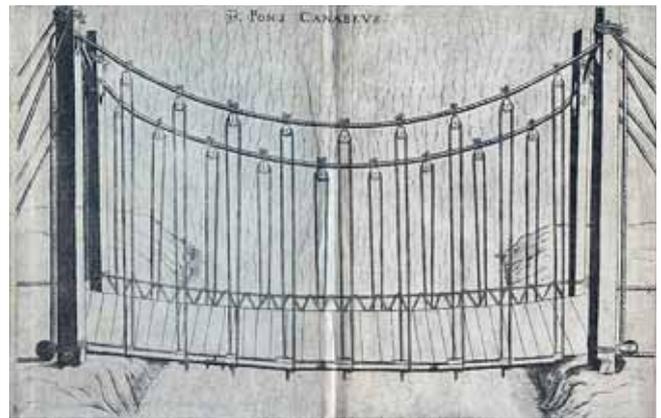
### Puentes de la Edad Moderna

En sus comienzos se produce una primera globalización con los viajeros europeos llegando a los diferentes confines del mundo. Entonces «los grandes viajeros que recorrían el Tíbet, China y los pueblos de América descubrieron este elemental e inseguro procedimiento para salvar obstáculos» (Manterola 2017: 100) pero, como también el Renacimiento supone abrir el pensamiento del hombre a la ciencia, estas observaciones admiradas no van más allá de la curiosidad, sin que se traduzcan en realizaciones que conozcamos en nuestro mundo europeo occidental, donde la herencia romana sigue dominando. Hay que esperar al conocimiento de las tipologías más científicas basadas en el hierro para que llegue su integración en el mundo renacentista. A ese respecto debe citarse la representación de un puente colgante, el *Pons Canabeus*, que se ignora si llegó a ser construido, del tipo suspendido por cadenas y que Fausto Verancio recoge en su obra *Machinae Novae* (Venecia, 1595) dos de cuyas figuras recogemos (fig. 5).

No hay que decir que, como en otras tipologías ya contempladas en artículos anteriores, habrán de transcurrir siglos hasta que lleguen cálculos estructurales e hidráulicos que avalen las construcciones de estos puentes, llevadas a término mediante reglas empíricas sancionadas por la experiencia. Ignorancia más profunda y más prolongada de lo que podemos imaginar y que, unida a las características propias de la tipología, llevó a la ruina a muchas de estas construcciones, como veremos en el apartado siguiente.

### Edad Contemporánea

Con el desarrollo industrial de los cables en el siglo XIX los puentes colgantes alcanzan un gran desarrollo, basado en su capacidad resistente y el hecho de que puedan componerse



5. PONS CANABEUS (COLGANTE) Y PONS FERREUS (ATIRANTADO), SEGÚN FAUSTO VERANCIO EN SU OBRA *MACHINAE NOVAE*.

de elementos más delgados –alambres– que le otorgan mayor resistencia pues, gracias a los tratamientos, las resistencias unitarias del acero son mayores conforme se disminuyen los diámetros, y además le dan flexibilidad facilitando el montaje. Aunque se mantienen los puentes de cadenas y aparecen numerosas variantes de estas: unión directa, unión indirecta, planas..., los cables van sustituyéndolas paulatinamente, pudiendo también distinguirse numerosas técnicas para su empleo, cuya explicitación queda fuera del alcance que planteamos para el presente documento. El tablero seguía siendo inicialmente tablazón de madera suspendida de cadenas o cables.

Pero si pensamos, nos resulta sorprendente la escasísima relación de esta extensa nómina de puentes del siglo XIX que hoy conocemos y es que, «paradójicamente la gran virtud y el gran defecto de los puentes colgantes se deben a una misma cualidad: su ligereza» (Fernández Troyano 2004: 170) y en este aspecto da igual el elemento del que cuelga el puente. Es una ligereza que se traduce también en economía, por lo que Marc Seguin, en su obra *Des Ponts en fil de fer* («De los puentes en alambre de hierro»), editado en París en 1824, recomienda los puentes colgantes como alternativa a los puentes de piedra porque su coste estaba entre un tercio y un quinto del de estos. Esta consideración llevó a la construcción de muchos puentes de este tipo que, desgraciadamente, mostraron tiempo después la cruz de esta ventaja. El primer inconveniente detectado fue su excesiva deformabilidad, que llevó a que su uso fuera prohibido para puentes de ferrocarril en Gran Bretaña. El motivo: las deformaciones que se produjeron en el puente sobre el Tees (1830) no podían ser superadas por las locomotoras.

Otro inconveniente notable vino por la propia evolución del tráfico, cada vez mayor y que suponía sobrecargas superiores a las inicialmente previstas. En el caso de estos puentes su peso propio es muy pequeño comparado con las sobrecargas que soportan, por lo que son especialmente sensibles al aumento de estas. Es lo contrario de lo que ocurre en los



6. ILUSTRACIÓN CONTEMPORÁNEA CORRESPONDIENTE AL DESASTRE DEL PUENTE FERROVIARIO DE TAY.

puentes arco de piedra<sup>1</sup>, y por esta razón, al incrementarse las sobrecargas del tráfico, muchos puentes colgantes debieron ser sustituidos por nuevas estructuras.

Pero los peores problemas de este tipo de puentes radicaron en su falta de resistencia al viento, aspecto de compleja explicación que afectó también a otros tipos de estructuras. Apuntemos en primer lugar que las estructuras todas, no solo los puentes, se calculan para resistir unas acciones que se definen previamente. Hoy son normas internacionales y con un alto grado de homogeneidad las que dictan esos valores, pero no era ese el caso –por ejemplo– cuando se construyó el puente del Tay (1871-1877) desastrosamente hundido durante una violenta tormenta el 28 de diciembre de 1879 (fig. 6), cuando sobre él cruzaba una locomotora. El puente era de celosía metálica, como vemos en la figura, y estaba calculado para 58,51 kg/m<sup>2</sup>, valor adoptado en aquel momento en Inglaterra para tormentas y tempestades. Pues bien, en esos momentos el valor correspondiente en Francia era de 256 kg/m<sup>2</sup>, es decir, casi cuatro veces y media más alto. Siempre resulta difícil ponernos en la situación del pasado, por más que como en este caso sea relativamente reciente, pero conviene recordar que en el siglo XIX el tráfico de las *carreteras* era a pie, caballería o bicicleta con mercancías transportadas en carros y carretas, de muy diferentes tipos según regiones, y siempre con tiro animal<sup>2</sup>.

También encontramos casos de ignorancia respecto de las acciones a soportar, que podemos agrupar en dos tipos, ambos de gran notoriedad por las lamentables consecuencias de tales ignorancias. El primero serían los problemas estructurales por vibración, cuyo caso inicial se presentó en Broughton, cerca de Manchester, puente en el que murieron 66 soldados (1831) al pasar por él. El accidente se repitió en el puente de Basse-Chaine en Angers (1850), donde 226 soldados fallecieron al caer la estructura mientras lo cruzaban en medio de una tormenta.

El otro aspecto ignorado eran los efectos del viento, también presentes en el caso anterior, y que, poco después, llevaron al hundimiento del puente de Roche Bernard, de casi 200 metros de luz, lo que motivó el abandono de este tipo de puentes en Francia durante décadas. Este problema no era, lógicamente, patrimonio de un lugar o país concreto, como demostró el caso del puente de Menai, «una realización formidable pero fallida por falta de conocimiento absoluto sobre los fenómenos aeroelásticos y dinámicos» (Manterola 2017: 100). Terminado en 1826 como el de Conwy presentaba 176 m de luz, mucho más de los 99,7 m de su coetáneo citado, aunque ambos con estructuras soportantes muy similares:

<sup>1</sup> Ya señalábamos en el artículo dedicado a los puentes arco (año 2020) cómo muchos de ellos siguen en servicio siglos después de que fueran construidos, es más, en ocasiones se recurre a ellos para el paso de convoyes de pesos extraordinarios que no pueden soportarse por los puentes modernos.

<sup>2</sup> Ver dibujos de Gustave Doré en *Voyage en Espagne* de Jean-Charles Davillier, 1862.



7. PUENTE DE MENAI: VISTA DE CONJUNTO (FUENTE: HISTORY-POINTS.ORG) Y SISTEMA DE SUSPENSIÓN.

un tablero de madera, barandilla y cuatro parejas de cuatro barras de hierro con ojales para constituir la cadena, como vemos en la fig. 7.

En 1839 el puente presentó graves problemas con el viento, llegando a presentarse una rotura parcial pese a haber sido lastrado tras las primeras embestidas, aunque se consiguió salvarlo y en la actualidad, notablemente reformado y con un nuevo tablero, por supuesto de acero, continúa prestando servicio. El problema de este puente lo ilustra a la perfección otro desastre muy conocido: el del puente Tacoma Narrows inaugurado el 1 de julio de 1940 y que colapsó el 7 de noviembre de ese mismo año por efectos aerodinámicos, desastre filmado por Barney Elliott, propietario de un negocio de fotografía local: una breve película que a buen seguro está en la mente del lector<sup>3</sup>. Y, ¿cuál es el problema de estas y otras muchas estructuras del pasado histórico de los puentes colgantes? La falta de rigidez. Si observamos el perfil del Menai en la fig. 8 o vemos con atención la famosa película del Tacoma, observamos la extrema ligereza, el escaso canto de la viga suspendida, que contrasta con la apreciación de la fig. 1 b) que recoge el puente de Brooklyn. Conviene profundizar algo en este aspecto que ayudará al lector a una mejor comprensión del funcionamiento de estas estructuras.

Un puente colgante es, básicamente, la estructura inversa de un puente arco. Este resiste a compresión y a tracción, y por eso sus perfiles resultan simétricos respecto de una línea horizontal. Sin embargo, hay una diferencia estructural que incide de forma importante en la conformación de ambas tipologías y es que, el arco, necesitando rigidez a flexión para evitar el pandeo, se puede separar de la línea exigida por el sistema de cargas gracias a esa rigidez, mientras que los cables principales de un puente colgante, al carecer absolutamente de rigidez a flexión, deben adoptar en todo momento esa línea –conocida como antifunicular– del sistema de cargas actuante. «En todo momento» quiere decir que «al cambiar este sistema, el cable deberá cambiar de forma para ajustarse al funicular del nuevo» (Fernández Troyano 2004: 174), razón que hace a los puentes colgantes

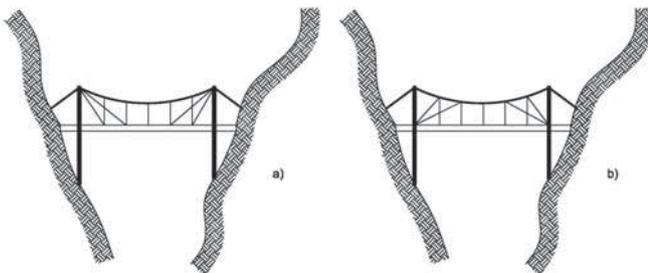
<sup>3</sup> Puede verse en [https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Tacoma\\_Narrows\\_Bridge\\_destruction.ogg](https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Tacoma_Narrows_Bridge_destruction.ogg)



8. PUENTE DE PITTSBURGH.



10. PUENTE COLGANTE PEATONAL Y ARTESANAL SOBRE EL RÍO AGUARICO (ECUADOR).



9. ATIRANTADO ADICIONAL. A) TIRANTES POSITIVOS; B) TIRANTES NEGATIVOS. ELABORACIÓN PROPIA.

—en ese esquema elemental, más antiguo— muy deformables y sensibles a esos movimientos inevitables generados por la propia variación de las cargas actuantes, movimientos de deformación que pueden provocar —y de hecho provocaron en ejemplos como los antedichos— la ruina de la estructura. Por ello, «el mejor procedimiento para reducir la deformabilidad del conjunto, es dar rigidez a flexión al tablero, de forma que las cargas concentradas se repartan en una longitud más o menos grande del cable; de esta forma se consigue reducir las deformaciones del puente a costa de introducir flexiones en el tablero» (Fernández Troyano 2004: 174). Así se pasa de los puentes colgantes flexibles, cuyo tablero carece de rigidez como era el caso de la mayoría de los puentes colgantes de segunda generación a los puentes colgantes semirígidos, cuyo tablero se proyecta con la rigidez necesaria para repartir las cargas del tráfico con deformaciones admisibles, como ocurre en los puentes colgantes modernos. Cabe también dar la rigidez al elemento resistente, que entonces no podría ser un cable, lo que es una solución raramente empleada aunque se construyeron varios, siendo uno el de Pittsburgh sobre el río Monongahela, terminado en 1879 (ver fig. 8).

Como medios para luchar contra la deformabilidad del tablero haciendo que las flexiones en él sean menores, también se han construido puentes que atirantan el tablero con cables que parten de la coronación de las torres o que *rigidizan* el cable principal mediante tirantes radiales que parten del punto de unión de la torre con el tablero (fig. 9). No son muy comunes, pero veremos algunos puentes concretos al comentar las diferentes realizaciones.

Más modernamente las vigas metálicas de celosía del tablero se sustituirán por cajones, mejorando la rigidez. Mediante esta inclusión de vigas rígidas, capaces de resistir y repartir los esfuerzos, construidas normalmente en acero pero en algunos casos también en hormigón, y con la elevación de la curva de los elementos de suspensión, que en los puentes modernos queda siempre por encima del tablero, llegamos a la conformación moderna de este tipo de puentes y a la definición de sus valores estéticos, superándose el auténtico pavor que produjeron los puentes colgantes en Europa durante un tiempo. Son esos recientes aspectos los que nos ocuparán en los apartados siguientes, lo que no quiere decir que se

hayan abandonado las ligeras estructuras de los tipos primitivos referidos en la exposición y en la actualidad, ante los problemas de carencia de infraestructura en algunas regiones aisladas de zonas no desarrolladas, organizaciones no gubernamentales y algunos benefactores particulares se ocupan de promover estructuras que permitan una cierta conectividad a estas regiones con centros poblados para proporcionarles así algunos servicios sociales. Es el caso de la pasarela que vemos en la fig.10.

También, dadas sus características de ligereza y estética, se emplean con asiduidad estos puentes en rutas de senderismo o itinerarios peatonales realizados en países plenamente desarrollados. Es el caso de España, donde podemos mencionar, entre muchos otros ejemplos, los que se detallan en el apartado que sigue.

### ALGUNAS REALIZACIONES

Como señalamos al inicio de esta serie de trabajos, nuestro ámbito de estudio en cuanto a construcciones concretas es la Península Ibérica, contando en este caso con construcciones suficientes para ilustrar la tipología de puentes que nos ocupa y poner de relieve sus valores estéticos.

Ya hemos visto que, por sus características, funcionalidad, etc., podemos diferenciar las pasarelas peatonales colgadas de los verdaderos puentes colgantes. Empezando por aquellas, podemos mencionar la pasarela colgante de Polvorines sobre el río Tajo en Toledo (fig. 11) o en la provincia de Málaga el puente colgante El Saltillo, en Canillas de Aceituno, y el que se integra en el ya famoso Caminito del Rey, los suspendidos sobre los ríos Velillos y Monachil, en la provincia de Granada, o el de Aribe en la navarra selva de Irati, sobre el río del mismo nombre.

En cuanto a puentes colgantes, parece que el primero en nuestro país fue el puente de Burceña, sobre el río Cadagua en Barakaldo. Ya en 1775 se había construido un puente que en 1823 fue sustituido por otro colgante con tableros de madera suspendidos de cadenas, como las que dan nombre al puente de Budapest, de un solo tramo apoyado en estribos laterales y proyectado por Antonio de Goicoechea. Una riada terminó con él en 1869, levantándose en su lugar uno de piedra que también fue llevado por las aguas. La fig. 12 nos recuerda esta primicia de la ingeniería española.

Como se ha dicho, el siglo XIX supuso una eclosión de este tipo de estructuras, construyéndose en su primera mitad catorce puentes colgantes en España. Podemos mencionar, a título de ejemplo, el de Santa Isabel sobre el río Gállego en Zaragoza, entre 1839 y 1844 y diseñado por Luis Lamartinière, que se desplomó dos veces y hubo de ser empleado solo por peatones; el del río San Pedro y el de San Alejandro sobre el Guadalet y en el Puerto de Santa María, ambos inaugurados en 1846, obras de Jules Seguin (hermano del ya



11. PASARELA DE POLVORINES SOBRE EL TAJO.  
 12. EL PUENTE COLGANTE DE BURCEÑA EN UN GRABADO DE LA REVISTA PINTORESCA DE LAS PROVINCIAS VASCONGADAS, BILBAO, 1846, p. 349.  
 13. PUENTE DE SAN ALEJANDRO DESTRUIDO. INSTANTÁNEA DE JEAN LAURENT, 1879.



14. PUENTE DE MENGÍBAR.

15. PUENTE DE JÁNOVAS: VISTA GENERAL Y PLATAFORMA.

citado Marc), arruinados (1880 y 1877) por falta de mantenimiento de tablero y cables, como vemos en la fig. 13; y el puente de Mengíbar en Jaén, que entró en funcionamiento en la carretera de Bailén a Málaga el año 1843 y que siniestró por rotura de las viguetas de madera en 1930 (fig. 14). A la problemática de estas estructuras hay que añadir las destrucciones de las guerras para comprender su falta de durabilidad en el siglo XIX.

Llegados a este punto hemos de mencionar un puente de especial significación: el puente de Jánovas, ya que, construido en 1881 siguiendo el sistema de los hermanos Seguin, con tablero de madera colgado de cables de sustentación, se mantiene en uso con elementos originales aunque oportunamente conservados y mantenidos (fig. 15) y ha cambiado su uso, actuando hoy como una maravillosa pasarela peatonal, perfectamente integrada en el bello paisaje del Pirineo oscense, entre Fiscal y Boltaña.

El Puente Bizkaia (1893) es el otro puente colgante del siglo XIX que sigue en servicio actualmente gracias a la reconstrucción terminada en 1941, pues resultó destruido en la Guerra Civil, en este caso (mediados de 1937) por el republicano Ejército del Norte para detener el avance de las tropas franquistas. Sus características son muy particulares, pues se trata del primer puente transbordador del mundo, de forma que une las tecnologías propias de los puentes colgados de cables y del movimiento de grandes máquinas. Diseñado por Antonio Palacio Elissague un Portugalete, orilla rocosa y escarpada, con Getxo, orilla baja y arenosa, sobre la boca del río Ibaizábal contando con cuatro torres, dos en cada orilla, de las que cuelga mediante cables una viga que soporta la barquilla que cruza el río, elemento renovado ya en varias ocasiones (fig. 16).

Adentrándonos en ejemplos del siglo XX resulta obligado mencionar el puente colgante de Amposta (fig. 17) terminado de construir en 1921 con proyecto del ingeniero José Eugenio Ribera claramente inspirado en el puente de Brooklyn. De hecho, fue el segundo puente colgante del mundo construido con hormigón armado, después del citado. Resulta muy llamativa en este puente la combinación de cables de suspensión del tipo correspondiente a los puentes colgantes con otros propios de los sistemas atirantados<sup>4</sup>, y que se sitúan,

como vemos en la fig. 17, en las zonas más próximas a las torres-pilono, de inconfundible estilo historicista, y que provocan la compresión del tablero en sus extremos, como explicita la fig. 18, disminuyendo sus deformaciones.

En nuestra vecina Portugal se encuentra el puente 25 de Abril (fig. 19), que supera el estuario del Tajo en la ciudad de Lisboa y que resulta un auténtico icono de la misma. Construido entre 1962 y 1966, su longitud total es de 2277 m, lo que lo hace el puente colgante más largo de Europa, y presenta un vano central de 1013 m colgado de dos pilonas de 190 m de altura. Su construcción íntegramente metálica y su color rojo evocan el famoso Golden Gate de San Francisco, con el que presenta más cosas en común. Estando en servicio, su tablero fue duplicado en 1999 incorporando un piso inferior para el tráfico ferroviario, elemento que se había planteado en el proyecto inicial pero que fue aplazado en la construcción original.

Las dimensiones de los vanos a salvar en España son menores, quedando prácticamente fuera del rango en que se utilizan hoy en día los puentes colgantes y en beneficio de unas magníficas realizaciones en puentes atirantados. Ello, no obstante, resulta obligado mencionar los puentes sobre el Segre en el Alto Urgell, de 1984: de Peramola, conocido como la Palanca de Tragó (102 m de luz, fig. 20), de la Reula (70 m) y de Figols (80 m), todos proyectados por Carlos Fernández Casado.

Ya en nuestro siglo, los avances técnicos y un quizá excesivo afán de notoriedad, llevan a realizaciones que buscan cierto grado de espectacularidad. Como ejemplo, Portugal inauguró no hace mucho el puente colgante peatonal más largo del mundo, con 516 metros de largo, que se encuentran a 175 metros de altura. Por esa longitud y su ubicación se le conoce como puente 516 Arouca<sup>5</sup> (fig. 21).

### CONCLUSIÓN. ASPECTOS ESTÉTICOS

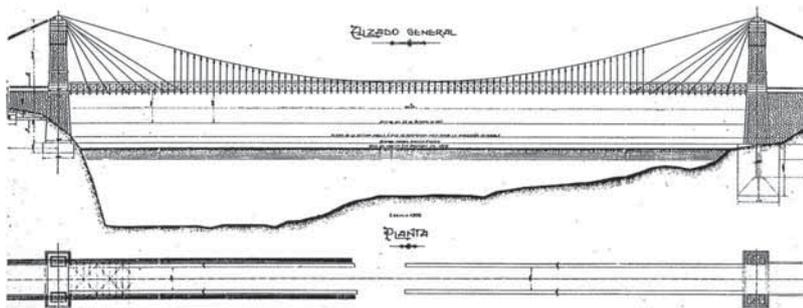
Como hemos visto, aun dentro de similitudes en el comportamiento estructural, la tipología que nos ocupa comprende desde unas pasarelas primitivas fabricadas con cuerdas de fibras naturales, aunque también en casos con cadenas de hierro, en las que la plataforma de paso coincide con la

<sup>4</sup> Si en un futuro continuara esta serie, uno de los temas a abordar sería sin duda esta tipología de puentes.

<sup>5</sup> Arouca se encuentra a 65 kilómetros de Oporto.



16. PUENTE BIZCAIA. 17. PUENTE DE AMPOSTA.



18. ALZADO Y PLANTA DEL PUENTE DE AMPOSTA, SEGÚN ARTÍCULO DE JOSÉ EUGENIO RIBERA EN LA REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS (1914), 62, TOMO I (2041), p. 552.

estructura resistente, a modernas estructuras de puentes con tablero horizontal en que la plataforma no coincide con la estructura resistente y que incorporan pilas-torre para sostener los cables de los que cuelga el tablero gracias a las péndolas. Estas estructuras evolucionan desde una primera generación (primera mitad del siglo XIX), que presenta graves problemas resistentes, a una segunda, que incorpora vigas rígidas como tablero en celosía y recrece la altura de las pilas-torre (entre 1860 y 1964) para finalmente llegar a los puentes colgantes con tableros de sección en cajón cerrada, más aerodinámica, que se construyen hasta el presente.

Tratándose de infraestructuras ubicadas en el territorio tenemos que hablar de su relación con el paisaje, por más que ese término pueda tener elementos subjetivos al depender del observador. En definitiva, el problema estético de la obra ingenieril es, en primer lugar, paisajístico. Y en ese sentido apreciamos un comportamiento muy distinto entre las modestas pasarelas ancestrales y los modernos puentes, pues, aun con la misma vocación de dominar la naturaleza, las primeras se integran, se mimetizan casi con el territorio y los segundos parecen incluso imponerse a él. Hasta en entornos de marcada personalidad, que parece exigirían pensar en la integración, apreciamos que el puente colgante tiene una presencia independiente, ajena a lo natural, y que busca –y aun logra– ser protagonista. No hay duda, en cualquier caso, de los valores estéticos y el atractivo de unos y otros, y para confirmarlo basta pensar en su utilización por el cine. ¿En cuántas películas de aventuras se ve el cruce de un profundo barranco mediante una inestable pasarela de lianas?, ¿cuántas veces aparece el Golden Gate en las películas ambientadas en San Francisco o el puente de Brooklyn en las de Nueva York? Son innumerables porque se trata de elementos atractivos.

Hemos de señalar que la estética es un requisito presente en el proyecto de toda obra importante, y obviamente la de los puentes lo es y, «al destacarse en el aire han de ser necesariamente o aiosas o torpes. [...] Su forma material, corpórea, quedará expuesta al público [...], sujeta a la crítica de sus contempladores» (Fernández-Casado 1961: 1). Ocurre con cierta frecuencia que los valores del autor o promotores y los espectadores no coinciden, por lo que el puente es objeto de crítica, situación que rara vez alcanza a la consideración que hoy en día merecen los puentes colgantes a la opinión pública. Conviene indagar las razones.

En primer lugar habría que hablar de la grandiosidad de estos puentes, expresada en los términos más objetivos posibles: sus magnitudes. Realmente impresionantes, producen asombro en el espectador, que se siente llevado de inicio a un sentimiento de atracción y admiración. A ello colabora en gran medida la utilización de una tipología conocida, con formas que ya están incorporadas a la mente del espectador y es que, en el fondo, «no hay arquitectura si no se acepta una cierta dependencia con respecto a las formas inteligibles del pasado, es decir, no hay arquitectura si no se acepta la noción de tipo» (Aguiló 2010: 58). No solo la ingeniería, sino los humanos, necesitamos los tipos, los modelos, para sustentar desde el pasado la creación actual, de esta manera las formas culturales perduran y perviven. Esto no quiere decir que se niegue el diseño, fruto directo del autor y su genio, y la evidencia es que no existen dos puentes iguales: hay una «autonomía de la forma» dentro de la sujeción a una tipología general.

Otro aspecto a considerar es, sin duda, la perfecta adecuación entre la estructura de los puentes colgantes y su función. Viene de muy antiguo la discusión entre quienes piensan que la obra ha de adaptarse, incluso reflejar externamente su función y quienes plantean el valor de las formas por sí mismas. Sin discutir que ambas opciones pueden llevar a la belleza, creo que la primera constituye un camino más seguro por cuanto los espectadores –obras espectáculo aparte<sup>6</sup>– las comprenden mejor. Y no solo ellos, recordemos que para Le Corbusier «la belleza perfecta de una obra es la que refleja la función de la misma». En el caso de los puentes colgantes, además, su diseño responde a una *solución formalista* basada en una tipología que ha resuelto ya los problemas básicos y que no añade en las realizaciones concretas elementos de tipo manierista, que serían meros adornos enmascarando la adecuación entre estructura y función. A estos aspectos habría que añadir una rigurosa unidad formal manifestada en la simplicidad de las formas geométricas integrantes del diseño.

Finalmente, no podemos obviar el valor estético y emocional de la ligereza en estas estructuras. Si, como titula su libro Juan José Arenas, los puentes son *caminos en el aire*, qué duda cabe de que los colgantes son la máxima expresión de un camino que parece levitar en el aire, flotar en medio de él y suspendido sobre las aguas para unir orillas muy distantes. Quizá por ello el sentimiento mágico que siempre nos transmiten los puentes alcance en los colgantes su máxima expresión.

## BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA

- AGUILÓ ALONSO, Miguel: *Forma y tipo en el arte de construir puentes*. Abada Editores, S. L. Madrid, 2010, p. 58.
- ALZOLA Y MINONDO, Pablo: *Historia de las obras públicas en España*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Original de 1899, reeditado Madrid, 1994.
- *La estética en las obras públicas*. Fundación Esteyco, Madrid, 1993.
- ARENAS DE PABLO, Juan José: *Camino en el aire. Los puentes*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2002.
- BAENA GALLÉ, José Manuel: *El puente de San Alejandro de El Puerto de Santa María en 1779. Nuevas aportaciones para su historia*. Laboratorio de Arte, 24 tomo 2-2012. Consultado en [https://institucional.us.es/revistas/arte/24/t2\\_art\\_1.pdf](https://institucional.us.es/revistas/arte/24/t2_art_1.pdf)
- BURGOS NÚÑEZ, Antonio – OLMO GARCÍA, Juan Carlos – SÁEZ PÉREZ, María Paz: *Historia del puente colgante de Mengibar, una obra de referencia la ingeniería civil española del siglo XIX*. Revista de Obras Públicas, n.º. 3533, 2012, pp. 53-62.
- CARRASQUILLA OROZCO, Jhon Jaider: *Análisis y diseño de puentes colgantes peatonales en guadua*. Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola Facultad de Ingeniería. Bogotá, Colombia, 2010.

<sup>6</sup> Consideraciones sobre este tipo de obras, desgraciadamente prodigadas aquí y allá, espero poder desarrollar en el futuro.



19. PUENTE 25 DE ABRIL.



20. PALANCA DE TRAGÓ.



21. PUENTE 516 AROUCA.

CHÍAS NAVARRO, Pilar – ABAD BALBOA, Tomás: *La construcción del territorio: Caminos y puentes en Castilla y León*. Universidad Politécnica de Madrid, consultado en <https://core.ac.uk/download/pdf/148653748.pdf>

FERNÁNDEZ-CASADO, Carlos: *Puentes de hormigón armado pretensado. Generalidades y Cálculo*. Ed. Dossat. Madrid, 1961, p. 1.

FERNÁNDEZ ORDÓÑEZ, José Antonio – ABAD BALBOA, Tomás – CHÍAS NAVARRO, Pilar: *Catálogo de puentes anteriores a 1936. León*. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. Madrid. 1988.

FERNÁNDEZ TROYANO, Leonardo: *Tierra sobre el agua. Visión histórica universal de los puentes*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid. 2ª edición, 2004.

— *El puente de Jánovas sobre el río Ara en el Pirineo aragonés, un puente colgante original del siglo XIX*. Revista de Obras Públicas, n.º 3565, mayo 2015 (pp. 55-62).

MANTEROLA ARMISÉN, Javier: *Historia de los puentes*. Colegio de Ingenieros de Caminos. Madrid. 2017.

PÉREZ-FADÓN MARTÍNEZ, Santiago: *La estética, la belleza y el diseño. Su aplicación al diseño de los puentes*. Ponencia presentada en el 1er Congreso de Estética e Ingeniería Civil. Escuela de Ingenieros de Caminos de la Coruña, 2006. PDF en línea: <<http://www2.caminos.upm.es/Departamentos/matematicas/Fdistancia/MAIC/CONGRESOS/SEGUNDO/003%20La%20est%C3%A9tica.pdf>>.

URIOL SALCEDO, José I.: *Historia de los caminos de España*, vol. II, siglos XIX y XX. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 1992.

VALLE Y ARANA, Lucio del: *Memoria sobre la Situación, Disposición y Construcción de los Puentes* (Valencia, 1844). Fundación Esteyco, Madrid, 1994.

## SAN JACINTO DE SEVILLA Y LA FRAGILIDAD DEL EQUILIBRIO DE LAS FÁBRICAS HISTÓRICAS

Por

MIGUEL ÁNGEL LÓPEZ

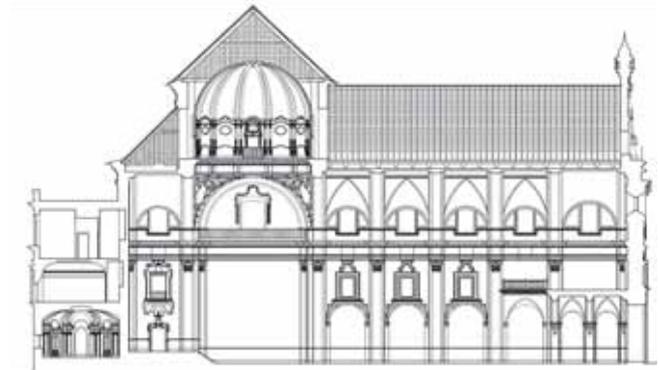
Arquitecto



i en otros textos hemos hablado del templo de la Hermandad de San Hermenegildo y la definíamos, en su modestia, como la primera obra del barroco sevillano, en este artículo venimos a discutir sobre la última gran obra del Barroco en Sevilla.

La inmersión en la expansión del cristianismo en América de la orden de predicadores (dominicos) llevó a los frailes a la fundación de diversos conventos en el antiguo reino de Sevilla, concretamente hasta 13 en el siglo XVI (Ostos Prieto *et al.*); de los cuales, en la capital ya sólo queda una comunidad en activo, que curiosamente se ha refugiado en un convento que fue femenino de la misma orden. También restan los templos de dos grandes conventos masculinos: la hoy Real Parroquia de la Magdalena, que perteneció al convento de San Pablo, y esta iglesia de San Jacinto, que perteneció al convento del mismo nombre en el arrabal de Triana.

El convento de San Jacinto se sitúa entre las grandes fundaciones de la orden en Sevilla. Su templo puede considerarse la obra más importante de las acometidas por el arquitecto Antonio Matías de Figueroa (Sancho Corbacho 1984) perteneciente a una muy conocida y significativa saga de arquitectos del Barroco sevillano.



1. SECCIÓN LONGITUDINAL NAVE DE LA EPÍSTOLA (DIBUJO DEL AUTOR).



2. SECCIÓN POR EL CRUCERO Y FACHADA (DIBUJOS DEL AUTOR).