Mascarones
(*de izq. a drcha., arriba*: iglesia de Santo Domingo, calles Granada y Martagón;
abajo: calles Sor Ángela de la Cruz, San Pedro y San Pedro).

en cabeza animalística en donde pende el martillo con figura humana y Cruz de Calatrava sobre su cuerpo desnudo. Bajo sus pies hay un mascarón de cabeza de carnero que golpea el tas, representado por un mascarón humano, con rostro sereno más o menos idealizado. Todo un conjunto complejo con una riqueza, lujo y ostentación difícilmente superables. Hace años, antes de la restauración del portón, hubo dos llamadores más pequeños fijados en los postigos. El llamador de la puerta interior del palacio se asemeja al modelo exterior del portón, pero con más sencillez, tanto en la placa base como en el martillo. Este se remata con un mascarón de carnero que golpea un tas con figura de cabeza humana. El repertorio figurativo de los llamadores antropomorfos se inserta en un sistema ornamental que está integrado en el discurso narrativo de los antiguos propietarios. El mascarón contribuye a establecer un diálogo entre el constructor de imágenes, el propietario y los sujetos que los contemplan entre complacidos e intrigados por sus significados ocultos. Su uso en casas palaciegas de familias de rango social se hace frecuente, tanto de la nobleza como de hombres ricos vinculados a actividades comerciales y puestos de responsabilidad política en la ciudad.

Seguramente habrá quedado por incluir algún que otro ejemplar que no se haya aludido en esta clasificación, pero terminamos exponiendo que, en los llamados años del desarrollismo, el patrimonio ursaonense ha resistido, desde el último tercio del siglo xx, a una notable y progresiva pérdida de llamadores, a pesar de los derribos, las restauraciones y las reinterpretaciones de las portadas. Buena prueba de ello es el alto grado de aceptación que siguen teniendo estos pequeños objetos decorativos para las puertas, en pleno siglo xxi, que hacen atrayente pasear por las calles de la localidad y encontrar múltiples edificios con puertas claveteadas con magníficos llamadores.

LA ESTÉTICA EN EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PUENTES (2): LOS PUENTES ARCO DE PIEDRA

Por

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

En el número anterior iniciamos el análisis de los valores estéticos de los puentes estableciendo unas consideraciones generales y, procediendo con criterio cronológico, vimos los puentes primitivos cuyas modestas pretensiones limitaban sus valores estéticos a la simetría y la adaptación al entorno y el medio natural, tanto en lo que respecta a sus formas y dimensiones como a los materiales empleados.

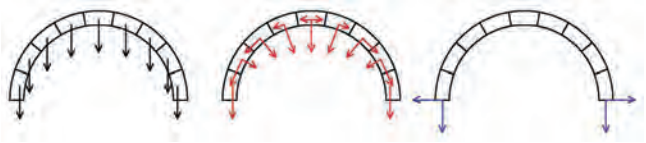
Sin duda, de haberse mantenido esas técnicas ancestrales los puentes no habrían llegado a significar lo que hoy son en el imaginario colectivo y, a nuestro juicio, fue la introducción del arco y su hábil empleo por la civilización romana la que sentó las bases de la singularidad que hoy reconocemos a los puentes: probablemente la mayor de cuantas otorgamos a las obras humanas, como señalábamos en la primera parte de este estudio. Por esta razón y considerando además su gran permanencia temporal –épocas romana, medieval, renacentista, barroca y moderna–, vamos a dedicar esta segunda parte a esta tipología, intentando precisar sus valores estéticos y aportar algunas notas diferenciales entre los puentes de las distintas épocas citadas.

Los puentes arco de piedra

La madera, de la que hablamos en los puentes primitivos, es de escasa durabilidad por ser putrescible e inflamable, lo que supone un grave inconveniente para su empleo en la construcción de puentes. La piedra es, en cambio, sólida, resistente y perdurable, pero pesada. Los chinos llegaron a emplear la solución del *puente pórtico* (una losa colocada sobre dos apoyos) de que hablábamos en el artículo anterior con luces de hasta 8 o 10 metros (Manterola 2017: 20), pero esto implica el empleo de piedras pesadísimas.

Para lograr una solución eficaz el desafío técnico estaba en conseguir salvar vanos o cubrir espacios de una luz importante empleando elementos de menor tamaño –y por tanto menos pesados– con la contrapartida de que, al tratarse de elementos individuales, la continuidad del puente solo está asegurada si dichos elementos trabajan a compresión, es decir, tienden a apretarse unos contra otros en todas las situaciones posibles de la estructura. Esto se logró gracias al arco y su descomposición en dovelas, cuyo comportamiento resistente ejemplifica la figura 1. En ella vemos representados sucesivamente los pesos de las dovelas, su conversión en esfuerzos gracias a la forma trapezoidal de las mismas y la resultante transmitida por el arco, que nos explicita que, si los estribos resisten, el puente será seguro.

Debemos poner énfasis en destacar lo que, desde el punto de vista técnico, supuso este invento fundamental en la historia del progreso humano y de cuya eficacia da fe su empleo continuo en la construcción hasta bien entrado el siglo xix. La inscripción del puente de Alcántara, atribuida a Gaius Julius Lacer, su constructor, define el arco como «artificio mediante el cual la materia se vence a sí misma». «La colocación de las dovelas en el arco de modo que siempre estén



1. ELABORACIÓN DEL AUTOR.

comprimidas les permite vencer su propio peso y las cargas que transiten por el puente, en definitiva a las fuerzas naturales de la gravedad, y llevarlas a los estribos y a través de ellos a la cimentación» (Durán Fuentes 2005: 43) consiguiendo un verdadero prodigio: cubrir un gran espacio con piezas pequeñas: «el mayor invento tensional del arte clásico» (Torroja 2007: 91).

Además de este problema técnico estructural, es decir, seguridad para sí y para las cargas que debe soportar, un puente debe resolver el hidráulico, esto es, tener capacidad de desagüe para los caudales extraordinarios del río; y en este campo también el arco presenta ventajas sobre las soluciones adinteladas gracias a la elevación de su clave y, por consiguiente, la mayor superficie abierta que ofrece al paso del agua así como su mejor radio hidráulico funcionando a sección llena.

El arco antes de los romanos

El empleo de la bóveda y el arco, especialmente cuando significa disponer elementos discontinuos perpendiculares a la directriz, se remonta al tercer milenio a. C., siendo en el Oriente Fértil (2500 a. C. a 1300 a. C.) donde se logró el nivel de conocimiento suficiente para la construcción de bóvedas y arcos, allí realizados a base de adobes y ladrillos al ser zonas en que la piedra escasea. Incluso se desarrollaron técnicas que hacían innecesarias las cimbras auxiliares, al ser también escasa la madera. En el occidente europeo los arcos más antiguos que se conservan son muy posteriores: fortalezas de la época helenística griega y elementos etruscos como la puerta de Volterra (siglo IV a. C.), apareciendo en la construcción etrusco-romana y grecorromana a partir del siglo III a. C. En puentes, el primer arco de dovelas del que tenemos constancia es el construido por los griegos en el siglo IV a. C. salvando el canal artificial de Rodi, cerca de la bahía de Akandia, de 2,80 m de anchura y una profundidad de 2,15 m (Galliazzo 1994: 36).

Los puentes romanos

Se duda de quién aprendieron los romanos la técnica del arco de dovelas que tan sabiamente aplicaron a puentes y acueductos. Sus grandes maestros fueron, como sabemos, etruscos y griegos, pero respecto a los primeros, influencia por cierto poco confesada por los autores romanos, apenas vemos ejemplos de este tipo de construcción encontrando, a lo sumo, realizaciones con voladizos sucesivos. Sí presumen los autores romanos de la influencia griega, pero esta construcción usó mayoritariamente las formas adinteladas por más que conociera y empleara de manera puntual las estructuras arqueadas de dovelas que habían visto con seguridad pues venían empleándose en Oriente Medio desde el tercer milenio antes de Cristo.

La importancia que para los romanos tuvieron los puentes resulta indiscutible. Si para los griegos, como pueblo navegante, el principal camino fue el mar, para los romanos fue el puente, pues por el del Tíber discurría la principal vía de comunicación romana y ese «punto tan importante del camino lo identificó la lengua con el camino mismo y lo llamó *pons, pontis*, de donde pasó esta voz a designar un puente cualquiera» (Arjona Castro 2003: 101). De otro lado, el arco significó mucho para Roma y no podemos considerar fortuita su adopción «*p*ara conmemorar el triunfo de sus generales, ya que es una de las más hermosas conquistas de

2. PUENTE DE SAN PABLO, EN <HTTPS://WWW.ACTUALIDADVIAJES.COM/LAS-CASAS-COLGADAS-LA-MARAVILLA-DE-CUENCA/>.

la inteligencia humana» (Fernández Casado 2008: 97), así que parece enteramente lógica la unión de ambos conceptos.

El conocimiento previo del arco no puede empañar el mérito de la construcción romana, que no se limitó a copiar técnicas conocidas, sino que supo combinarlas y desarrollarlas de forma original y eficaz, al punto de lograr gran solidez y perdurabilidad siendo sus procedimientos base de la construcción posterior. Podemos observar, de entrada, que los puentes romanos se diseñaron y construyeron siguiendo las tres clásicas exigencias de Vitrubio: *firmitas, utilitas, venustas*, es decir, solidez, utilidad y belleza. Respecto de las primeras, la construcción romana ha sido considerada paradigma de una buena obra por los siglos posteriores por cuanto se ejecutaron de «manera sólida y resistente, sin concesiones a la ligereza y con una clara intención de que perduraran por mucho tiempo» (Durán Fuentes 2005: 41). No hace falta recurrir a mayores evidencias que las que supone ver los puentes romanos en servicio después de siglos pero, a los efectos que perseguimos, interesa destacar aquí la sólida conexión que la construcción romana nos transmitió respecto de estas tres características: ¿podríamos considerar bella una obra que no fuera sólida y útil? En los puentes parece que la idea de una suficiente solidez está unida a su percepción estética: un puente de lianas sobre el que pasamos precariamente no satisface nuestras ansias de belleza, y a muchísimas personas causa inquietud –y hasta rechazo– el puente de San Pablo (fig. 2), cerca de las Casas Colgadas de Cuenca, cuyo cimbreo no es en modo alguno síntoma de fragilidad, sino de comportamiento elástico, pero da una sensación extraña a quien lo atraviesa.

Algo análogo podemos decir de la utilidad. En *Architectura hydraulica en fábricas de puentes* fray Antonio de Pontones define los puentes como «unos caminos sobre las aguas que se han de juntar con los de la tierra» (cit. por León, Sanz 1994: 246), porque la esencia del puente es dar continuidad al camino al superar el cauce. La sensación de solidez y evidencia de funcionalidad son factores que, como bien expresaba Vitrubio, coadyuvan a la percepción estética de los puentes romanos, pero lo fundamental: ese *venustas* vitruviano nos queda por analizar por cuanto con el puente en arco los romanos consiguieron unas obras únicas por su calidad y tamaño, uno de sus mayores logros y con el que prácticamente alcanzaron la perfección (Hamey 2017: 29).

Aunque Vitrubio nos pone de manifiesto en su tratado que existía lo que hoy denominaríamos una reglamentación o normalización relativa a la construcción de diferentes tipos de edificaciones y las proporciones con que debían resolverse las mismas, lo cierto es que en relación a las obras públicas –como los puentes– las referencias son más bien genéricas, de manera que no encontramos detallado ningún sistema concreto. Eso no significa que no deban tenerse en cuenta pues «la mayor preocupación de un arquitecto debe ser que los edificios posean una puntual proporción en sus distintas

3. Puente de Alcántara (Cáceres). Fuente: Pinterest <https://www.pinterest.es/pin/521221356869138873/>.

4. Puente de Bibei. Imagen de Observer Science Tourism, en <https://www.observersciencetourism.com/es/destino/ponte-bibei-114-119-d-c>).

partes y en todo su conjunto» (Vitrubio, cap. II, libro VI, p. 233), ya que si vemos un edificio «magníficamente concluido, los elogios recaen sobre los gastos efectuados por su dueño; si es un edificio terminado con gran pureza de estilo, se alaba el trabajo de los albañiles, y si se alcanza una notable elegancia por la perfecta simetría de las proporciones, sólo entonces la gloria recae sobre el arquitecto» (Vitrubio, cap. VIII, libro VI, p. 250). Hay que entender a los *architecti* –citados por primera vez por Herodoto en *Los nueve libros de la Historia*, III, LX– como un profesional técnico, hoy arquitecto o ingeniero (la distinción entre ambas titulaciones data de finales del siglo xviii), que no sufría el desprecio que las sociedades griega, romana y posteriores expresaron respecto de los trabajadores manuales, antes bien, era apreciado y cualificado pues, como justifica el propio Platón, poseía una ciencia teórica.

El concepto teórico que sustenta la disposición de cualquier obra romana es la *symmetria*, que no podemos confundir con lo que hoy entendemos por simetría, sino que plasmaba la adecuada relación entre las distintas partes de la obra, el *conveniens consensus*, por cuanto participan de un módulo de medida que hace que, en lugar de un conjunto de partes sueltas conformen un todo ordenado, *ex ordinatione*. Ello se logra gracias a la aritmética o la geometría «que resuelven intrincados problemas de las proporciones» y mediante las cuales se consigue la *eurithmia* (Vitrubio I, II, 17), que es la característica de las *elegans compositionibus*.

Evidentemente la construcción romana tiene predeterminado el módulo de partida *–ex ipsius operis sumptic–*, pues toda la obra se hace de sillares que presentan determinado tamaño. Como las diferentes partes del puente se forman por un número entero de sillares, todas resultarán en una cierta relación. Pero esto no basta, debiendo disponer «números convenientes de sillares en las dimensiones de los distintos elementos para conseguir una armonía entre todos ellos» (Fernández Casado 2008: 93). Son estas relaciones numéricas *–mensurarum rationes–* las que han de basarse en la aritmética o la geometría para los casos más difíciles. Vitrubio no concreta los métodos que logran la *eurithmia*, pero nos da algunos detalles sobre el proyecto –de una obra, no de un puente en concreto– y habla de la *cogitatio* y la *inventio*, propias del mismo, indicando que una obra correcta exige un estudio profundo del problema *–cura studii plena–* y un trabajo riguroso (*cum voluptate et rigore mobili*).

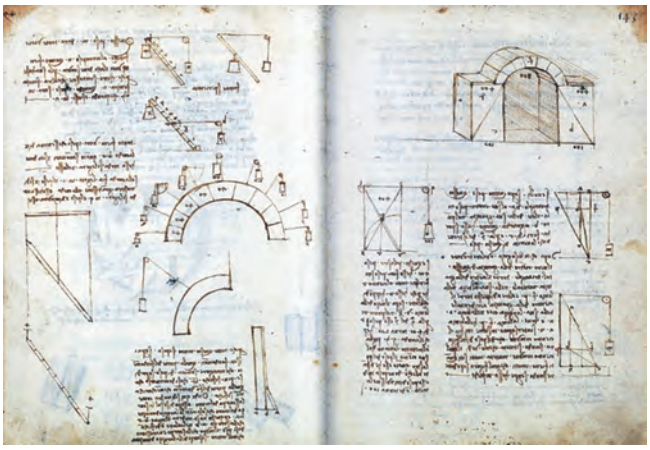
Aunque tampoco encontremos referencias en otros autores de época romana «parece evidente que una construcción tan estructurada y desarrollada como esta evolucionó gracias a la existencia de normas y recomendaciones recogidas en escritos, leyes y tratados que facilitaban su conocimiento y empleo» (Durán Fuentes 2005, p. 25) y, en efecto, a este convencimiento nos lleva observar una serie de coincidencias formales y constructivas de los puentes en el gran territorio del Imperio. El moderno trabajo investigador va descubriendo –con las dificultades inherentes al tiempo y las múltiples reconstrucciones– esas reglas ocultas, aritméticas o geométricas, de las que resultaría en exceso prolijo dar cuenta. Evidencian la *eurithmia* diferentes puentes romanos que nos han llegado, pudiendo ser ejemplo emblemático el de Alcántara (fig. 3), aunque quizá por ser tan conocido convenga remitirnos al Puente de Bibei (fig. 4), que con su número impar de arcos puede servirnos para recordar que los romanos supieron trabajar puentes de vanos pares e impares y cuyo «emplazamiento en una zona estrecha del río inmediatamente después de la unión de los tres cursos de agua de la zona, [...] evitaba la construcción de otros puentes» (Durán Fuentes 2005: 49).

Aunque importantes, la estética del puente no depende en exclusiva de sus proporciones. Vimos en el artículo anterior cómo los puentes primitivos basaban la suya en la ubicación y perfecta adaptación al entorno, tanto topográfica como respecto a los materiales empleados. En el caso de los puentes romanos son también aspectos que merecen una mención particular, dicho lo cual conviene señalar que para los romanos el puente es una construcción desornamentada, cuyo ornato ha de venir de su misma configuración funcional y estructural aunque el adorno de la obra con alguna edificación o edículo adjunto, cornisas, pretiles esculpidos u otros detalles pueda apreciarse en la mayoría de los puentes peninsulares. También se aprecia en los puentes romanos el carácter práctico de sus constructores, su gusto por las cosas sencillas, la rapidez y la economía en su ejecución (Choisy 1999, 12).

No todas las realizaciones romanas son iguales, pudiendo distinguirse una evolución que los especialistas señalan entre la etapa republicana y el Imperio. Inicialmente las estructuras revelan menor dominio técnico con arcos que estriban en pilas cuya dimensión oscila entre la mitad y los tres cuartos del vano lo que origina gran superficie de tímpanos, que con el tiempo condujo a la solución de los arquillos de aligeramiento, aunque esto supone discontinuidad entre la estructura resistente y la hidráulica. Estos arquillos influyen en la estética siendo su ritmo contrapunto al de los arcos principales y dando ligereza a los tímpanos. En los puentes españoles, los arquillos se ordenan coronando sus claves a un nivel más bajo que las de arcos principales y arrancando siempre a la misma altura (Fernández Casado 2008: 159).

Al afianzarse en el arte de construir, los ingenieros romanos crearán un segundo tipo de puente, que pudiéramos denominar de época imperial, en el cual desaparecen los arquillos, dando el alzado del puente menor proporción de macizo a vano. Se enlazan así las estructuras mecánica e hidráulica, introduciendo pilastras que prolongan las pilas hasta la coronación del puente; los tajamares se hacen triangulares y las pilas se destacan de los tímpanos en los paramentos de aguas abajo.

5. PUENTE DEL DIABLO O PONT ROMÀ SOBRE EL LLOBREGAT (ENTRE MARTORELL I CASTELLBISBAL). RECONSTRUCCIÓN DE 1963 DEL PUENTE DE 1295, EN <HTTPS://ES.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/PUENTE_DEL_DIABLO_(MARTORELL)>.



6. PÁG. 142-143 DEL CÓDICE DE MADRID CONSERVADO EN LA BIBLIOTECA NACIONAL DE ESPAÑA, EN HTTP://LEONARDO.BNE.ES/INDEX.HTML>.

Puentes medievales

La técnica en la construcción de puentes no conoció avance alguno tras la caída del Imperio romano, es más, a lo largo de la Edad Media siguieron utilizándose los puentes romanos, restaurados o reconstruidos cuando los desastres naturales o la propia acción humana causaban su destrucción parcial. Recordemos que «en la época medieval casi todos los puentes estratégicos debían tener cortado, por accidente o por destrucción voluntaria, algún arco. La continuidad de paso se restablecería fácilmente mediante una pasarela de madera de quita y pon» (Fernández Casado 2008: 130).

«Los puentes medievales no aportan más diferencias respecto a los puentes romanos que su configuración exterior, con tajamares que muchas veces llegan a la coronación del puente y la utilización frecuente del arco apuntado» (Manterola 2017: 40) y, aunque este elemento aporta cualidades estéticas, hay que mencionar que resulta inadecuado desde el punto de vista estructural. Pero, salvo esos cambios puntuales que permiten distinguir los puentes romanos de los posteriores, la similitud parece de conocimiento general, al punto que la nomenclatura *puente romano* se ha generalizado abarcando ejemplares que han sido reconstruidos y en los cuales poco –o incluso nada– queda ya de la primera construcción romana.

«Las estructuras arqueadas siguen impresionando al hombre que ha tardado bastante en acostumbrarse a su fenómeno resistente, prueba de ello es la frecuencia con que la leyenda achaca al diablo su construcción» (Durán Fuentes 2005: 43). Claro que si el Diablo es capaz de levantar un puente (fig. 5), también Dios podrá hacerlo, y así los hagiógrafos nos cuentan los esfuerzos que a Santo Domingo de la Calzada y sus colaboradores les costó levantar con sus pobres medios el puente sobre el Oja en lo que después sería el burgo de Santo Domingo, así como los milagros que hubo de hacer Dios para convencer a las poblaciones próximas de colaborar en la construcción (o, más probablemente, reconstrucción). Se trataba de una estructura con pilares de piedra y entramado de madera (Torán 2003: 62, tomado de *Las peregrinaciones a Santiago de Compostela*) muy diferente del puente de arcos que hoy vemos en el mismo lugar.

En cualquier caso, la importancia del puente para el hombre se evidencia en el carácter religioso que tuvo en épocas pasadas. «Para los romanos, el colegio de Pontífices fue una de las instituciones religiosas más primitivas y ha perpetuado su nombre en la más alta jerarquía de la Iglesia Católica. Para los musulmanes, también tienen carácter religioso estas obras de utilidad pública y "realizarlos o contribuir a ellos es acto piadoso". En la Edad Media destaca la existencia de los "monjes ponteros"» (Fernández Casado 2008: 25).

En los puentes medievales, los tajamares ascienden en muchos casos hasta la plataforma de paso constituyendo balcones, forma constructiva nueva en la Edad Media pues, como hemos visto, los romanos mantenían los tajamares solo hasta el arranque de los arcos. Este cambio morfológico con tajamares que adquieren una dimensión considerable, se mantendrá posteriormente. También coexisten el arco apuntado y el semicircular, a veces incluso en el mismo puente (Manterola 2017: 40-41).

En cualquier caso, como ocurría en la época romana, los diferentes elementos de los puentes: arcos, pilas, estribos..., se diseñaban y construían en base a reglas de buena práctica y criterios geométricos. Debemos recordar que se desconocía lo que era la fuerza de gravedad –mucho más conceptos como la descomposición de fuerzas– y se empleaban reglas empíricas basadas en proporciones, criterios bastante acertados como evidencia el elevado número de construcciones de esta época *pre-científica* que han llegado hasta nosotros. Eran unas reglas guardadas celosamente por los gremios y que constituían los secretos del oficio siendo transmitidas de generación en generación.

Entre los puentes de esta época en España debemos mencionar también el de puente la Reina, construido en el siglo XI como los de San Pedro y la Magdalena en Pamplona o el de Besalú, muy reconstruido. Del siglo XII es el de San Juan de las Abadesas; del XIII son el de San Martín en Toledo, el Puente Viejo de Orense sobre el Miño –con un arco de 38 m–, el de Frías, con sus nueve arcos: apuntados unos, semicirculares otros, y su gran torre central; y del siglo XIV es el de Céret, sobre el río Tech que, con sus 45,45 m de luz, ostenta el récord de los puentes medievales en España.

Puentes de la Edad Moderna

Como bien sabemos, el Renacimiento supone un cambio radical en la manera de pensar abandonando el hombre –en cierto grado– la omnipresencia religiosa y empezando a considerarse el principal actor de su propio destino. Aunque esto dará lugar al pensamiento científico, transcurrirán varios siglos hasta que lleguen –ya de forma reciente– avances en el cálculo estructural e hidráulico de los puentes que entretanto seguirán construyéndose mediante reglas sancionadas por la experiencia. «La técnica constructiva de los puentes de los siglos XV, XVI, XVII y XVIII no experimenta variaciones respecto a la de la Edad Media, pero las formas sí se modifican de manera significativa» (Manterola 2017: 45) y vamos a ver cómo también los puentes siguen la evolución de los estilos: gótico, renacentista, barroco y neoclásico, introduciéndose –aunque muy lentamente– algunos cambios formales que responden al aumento de los conocimientos científicos.

7. Puente de Almaraz, en <https://ventanasalaciudad.blogspot.com/2017/12/el-puente-de-almaraz.html>.

8. Puente de Ariza, en <https://es.wikipedia.org/wiki/Puente_Ariza#/media/Archivo:Jean_Laurent_-_Puente_>.

En esta época empiezan a difundirse sistemas de diseño en tratados de arquitectura. Alberti es el primer autor que establece en *De re aedificatoria* (1443-1452) las reglas para conseguir la estabilidad de un puente de fábrica; Palladio, en *I Quattro Libri dell'Architettura* (1570), recoge el dimensionamiento de algunos puentes romanos a modo de reglas prácticas; y Leonardo da Vinci fue quien primero intentó el estudio mecánico de los arcos y, aunque –como tantas iniciativas por él emprendidas– no pudiera culminarlo por carecer de las bases teóricas necesarias, de su interés son muestra los preciosos y precisos dibujos del Códice de Madrid[1] (fig. 6).

Si las técnicas constructivas mantienen en lo sustancial lo realizado en la Baja Edad Media, la estética cambia volviendo las formas regulares de época clásica y recuperando su protagonismo el arco de medio punto respecto del apuntado. Al considerarse el puente una obra de arte incorporó mayor decoración, añadiéndose esculturas en una búsqueda –quizá superflua– de elegancia y prestigio. Con un sentido más profundo, el Renacimiento nos trae la aparición de arcos rebajados para salvar los vanos de los puentes. Aunque este rebaje incrementa los empujes sobre las pilas, los valores estéticos hicieron que se empezaran a utilizar segmentos de arco y arcos de varios centros (*anse de panier*) como muestran el *Ponte Vecchio* y el *della Trinitá*, ambos en Florencia.

En España tenemos de época renacentista ejemplares muy interesantes, aunque –nos señala González Tascón– algo retardatarios, como manifiesta el diseño de los tajamares, frecuentemente elevados hasta la calzada donde forman apartaderos pues, según dicho autor, los maestros canteros se habían curtido reparando puentes romanos y medievales y seguían sus modelos.[2] Citar el puente de Almaraz (fig. 7) sobre el Tajo, terminado en 1537 con dos arcos de 38 y 33 metros de luz; el puente de Graus sobre el río Ésera; el de Montoro, iniciado bajo el reinado de los Reyes Católicos; el de Segovia sobre el Manzanares en Madrid, proyecto de Juan de Herrera; el de Ariza (fig. 8) en Úbeda (Jaén), obra de Andrés de Vandelvira y el puente-acueducto de Teruel.

Será el siglo xvii el que nos traiga los primeros estudios teóricos del arco, que podemos datar en 1676 cuando Hooke apuntó que funcionaba justo al revés que un cable colgado, trabajos teóricos que no tuvieron trascendencia en los puentes realizados. De esta época barroca hay en nuestro país obras muy significativas. El puente de Toledo (sobre el Manzanares en Madrid, fig. 9) puede servirnos de ejemplo aunque merecen citarse el de Medellín sobre el Guadiana y el de Puente Almuhey, de origen medieval pero reconstruido en esta época.

En el neoclasicismo debemos citar el Puente Largo de Aranjuez (fig. 10), que es el primer puente construido por la Ilustración en España, pero también el de Molins de Rei, desgraciadamente perdido en 1972 por la falta de sensibilidad ante una verdadera obra de arte; el cordobés puente de Alcolea históricamente unido a dos sangrientas batallas: la de la Guerra de la Independencia y la de la Revolución de 1868; y el emblemático puente sobre el tajo de Ronda, verdadera lección estructural, reconstruido tras el derrumbe del primitivo arco de 30 m de luz –que causó un gran número de víctimas– con uno central de 14 y dos laterales de 10,5 m.

El siglo xix

Solo muy modernamente el conocimiento sobre los arcos y los muros de un puente deja de ser proveniente del ensayo de prueba y error que rigió la construcción en las etapas anteriores. En el campo estructural el desarrollo teórico –de cuyo inicio con Hooke dimos cuenta– sería lento y, retomado por Coulomb en 1773 permitiría a Navier (1833) y Poncelet (1835) llegar a conclusiones prácticas aunque, solo muy avanzado el siglo xx, lo podemos dar por resuelto con la teoría del análisis límite que curiosamente confirma los procedimientos intuitivos de los maestros de la antigüedad: «En base a los conocimientos técnicos de la ingeniería del siglo xx, parece que la construcción en fábrica conduce precisamente a reglas numéricas de proporción» (Heyman, 1967: 114). Respecto de la capacidad hidráulica, es en el primer libro sobre puentes escrito por el ingeniero francés Henri Gautier (1716) donde, aunque se diga simplemente que las claves de las bóvedas deben estar tres pies por encima de la máxima cota alcanzada por la avenida extraordinaria, se relaciona por vez primera «el caudal de un río con la pluviometría del territorio, la superficie de la cuenca de aportación y la evaporación del agua que los vientos, el sol, las plantas, etc. pueden disipar» (Durán Fuentes 2005: 55) estimando que estas nuevas ideas frente al problema del desagüe pueden «servir a una persona que proyecta un puente, para determinar la abertura de los arcos» (Gautier 1716, 34 y ss.). Habrá que esperar a la segunda mitad del siglo xx para tener «formulaciones suficientes para diseñar con seguridad el desagüe de un puente para una determinada avenida» (Durán Fuentes 2005: 53).

Aunque el arco ha seguido siendo utilizado como base de los puentes modernos, se trata ya de realizaciones en otros materiales más recientes y combinadas con tableros de otro tipo, siendo escasas las realizaciones que, en este siglo xix podemos enmarcar en la categoría estudiada. Como ejemplo en la Península podemos mencionar el Puente de San Juan de Ortega sobre el río Ebro en Logroño.

[1] https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/vitruvio/

[2] https://victoryepes.blogs.upv.es/2017/09/11/puentes-renacentistas/

9. PUENTE DE TOLEDO (MADRID). FUENTE: TURISMO MADRID <HTTPS://WWW.ESMADRID.COM/INFORMACION-TURISTICA/PUENTE-DE-TOLEDO?UTM_REFERRER=HTTPS%3A%2F%2FWWW.GOOGLE.ES%2FZ>

10. PUENTE LARGO DE ARANJUEZ, EN <HTTP://WWW.PUENTEMANIA.COM/2984>.

CONCLUSIÓN

Aunque obviamente el puente es parte del camino y su ubicación viene condicionada por él, dada su importancia también aquél condiciona el camino en su cercanía. Ocurría así en la época romana, cuando arranca la consideración de los puentes como obras singulares, específicas y grandiosas que merecen –como viene ocurriendo hasta el presente– una consideración especial. El punto de encuentro de los trazados de las vías y las corrientes de agua que se debían atravesar determinaban una zona de relativa amplitud donde había que elegir el lugar más conveniente para la obra en sí, momento en que debían considerarse otras circunstancias más propias del puente que de la vía: topografía del lugar, naturaleza de las laderas, el propio caudal máximo a evacuar..., siendo obvia la maestría de los ingenieros romanos en estos campos, evidenciada por la perdurabilidad de sus obras. Algunas reglas prácticas nos ponen de manifiesto su gran intuición y han servido de guía para los ingenieros hasta hace pocas décadas, cuando los avances técnicos han hecho posible casi todo. Por ejemplo situar los puentes en los estrechamientos de los ríos y perpendiculares al cauce, pues así la obra será de menor dimensión –y por tanto coste– pero, sobre todo, el estrechamiento evidencia la solidez de las laderas y la perpendicularidad la transmisión de los esfuerzos de la futura estructura, garantizando así su durabilidad.

Todo ello permitía que, desde una curva del camino el viajero pudiera percatarse de la existencia del puente y apreciarlo con más y mejor detalle al irse aproximando a él, aspecto hoy perdido pues son las condiciones viarias las que priman merced al desarrollo técnico alcanzado por la ingeniería y los mayores presupuestos disponibles. Con esto se introduce una diferencia en la percepción del puente que deberemos tener en cuenta al abordar las tipologías más modernas. Al acercarnos a los puentes antiguos vamos apresando su materialidad, viéndolos como una realidad inserta en el paisaje. Es lo humano del autor, la demostración de la voluntad del hombre afirmándose en la naturaleza, la obra del hombre inserta en la de Dios. Ante esta relación el autor se basa en las características y en las medidas humanas: «Nuestra verticalidad juega con los pilares, nos erguimos con ellos y nos sentimos penetrados de impulso ascensional. Nuestra simetría corpórea tiene su paralelismo físico en la distribución simétrica de los arcos [...]. Nuestro carácter noérgico se exalta al solidarizarnos con los esfuerzos de la estructura y sentimos crujir nuestros huesos y estirarse nuestros músculos» (Fernández Casado 2008: 95-96), lo que conocían bien los constructores romanos cuya voluntad de simplificación, de eliminación de lo superfluo –categoría ingenieril de lo económico– y de sobriedad –no reñida con la riqueza expresiva y el cuidado de los detalles– siempre cumpliendo la norma de introducir el mínimo de formas nuevas en el paisaje nos son perceptibles aún hoy en día.

Desde el punto de vista estético, aparece en el puente la disputa mundo-tierra en que consiste para Heidegger la esencia de la obra de arte. Los puentes llevan «a cabo esta disputa levantando un mundo y produciendo la tierra» (Fernández Casado 2008: 26) y si –seguimos con Martín Heidegger– el arte es la concreción de la verdad es evidente que los puentes arco materializan la estética pues «la primera lección que nos dan los puentes romanos es la autenticidad» (Fernández Casado 2008: 97).

BIBLIOGRAFÍA

ALVARADO BLANCO, Segundo – DURÁN FUENTES, Manuel – NÁRDIZ ORTIZ, Carlos: *Puentes Históricos de Galicia*. Colegio de Ingenieros de Caminos y Consellería de Cultura e Deportes de la Xunta de Galicia. A Coruña. 2ª ed., 1990.

ARJONA CASTRO, Antonio: *Ingeniería hispano-musulmana* (cap. V). Colegio de Ingenieros de Caminos. Madrid. 2003.

DURÁN FUENTES, Manuel: *La construcción de puentes romanos en Hispania*. Xunta de Galicia. Santiago de Compostela. 2ª ed., 2005.

FERNÁNDEZ CASADO, Carlos: *Historia del Puente en España. Puentes romanos.* Colegio de Ingenieros de Caminos. Madrid, 2008.

GALLIAZZO, Vittorio: *I Ponti romani*. Ed. Canova, Venecia, 1994.

GONZÁLEZ TASCÓN, Ignacio: *Ingeniería civil en España. Precedentes, historia y técnicas*. Ediciones del Umbral. Madrid. 2008.

HAMEY, L. A. y J. A.: *Los ingenieros romanos*. Ed. Akal. 1ª ed. 4ª reimpresión. Madrid, 2017.

HEIDEGGER, Martín: *El origen de la obra de arte*. Traducción de F. Soler Grima en Cuadernos Hispanoamericanos (enero, febrero y marzo 1953)

HEYMAN, Jacques: Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica. Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo (CEHIPU). Madrid. 1995.

LEÓN TELLO, Francisco José – SANZ SANZ, Mª. Virginia: *Estética y teoría de la arquitectura en los tratados españoles del siglo XVIII*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid. 1994

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

PALLADIO, Andrea: Los cuatro libros de la arquitectura. Ed. Akal. Madrid. 2010.

TORÁN PELÁEZ, José: Ebro: Álbum de las aguas. Colegio de Ingenieros de Caminos, C. y P. Madrid. 2003, p. 62.

TORROJA Y MIRET, Eduardo: Razón y ser de los tipos estructurales. Colegio de Ingenieros de Caminos. Madrid. 2007.

VÁZQUEZ DE PARGA, Luis – LACARRA, José María – URÍA RÍU, Juan: *Las Peregrinaciones a Santiago de Compostela*. Escuela de Estudios Medievales. Madrid. 1948-49.

VITRUBIO, Marco: *Los Diez Libros de Arquitectura*. Versión española de Oliver Domingo, José Luis. Alianza Editorial. Madrid, 1995.

Webgrafía

https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/vitruvio/ (Universidad Politécnica de Valencia) [consultada en julio 2020].

https://victoryepes.blogs.upv.es/2017/09/11/puentes-renacentistas/ (Universidad Politécnica de Valencia) [consultada en julio 2020].