



PUENTE DEL TERCER MILENIO

ESCULTURA SOBRE EL EBRO

El 7 de junio de 2008 se abrió al tráfico el puente del Tercer Milenio, una infraestructura que sirvió como puerta de acceso rodado sobre el río Ebro a la Exposición Universal de Zaragoza. El joven puente tiene en su haber un récord mundial: el de ser el mayor viaducto de arco atirantado en hormigón del mundo. Su osado diseño hace honor a la tradición que avala a las muestras internacionales como palestras de innovación y oportunidad para hacer realidad proyectos singulares.

JULIA SOLA LANDERO



u diseño es escultural sin renunciar a la funcionalidad: concentra lo mejor de la arquitectura y utiliza las herramientas más punteras de la ingeniería para llevar su tamaño y esbeltez hasta el límite.

Situado al oeste de la ciudad, este puente es el séptimo con el que cuenta Zaragoza para cruzar el río más caudaloso de España. Después de haber sido noble pórtico de entrada de vehículos al recinto ferial, hoy da respuesta a la imperiosa necesidad de comunicar los barrios de Las Delicias y La Almozara con el de Actur, y se ha convertido en el tramo principal del tercer cinturón que circunvala la ciudad. Su amplísima estructura abre paso a los vehículos a través de seis carriles –tres para cada sentido–, además de contar con dos carriles bici y dos paseos peatonales, uno a cada lado, formando envolventes galerías de vidrio que permiten cruzar a pie el río a salvo de eventuales y heladoras rachas de cierzo.

El puente está firmado por el equipo del ingenie-

ro oscense Juan José Arenas, autor, entre muchos otros, del emblemático puente de la Barqueta, construido para la Expo de Sevilla 92 y todo un símbolo de la modernidad que inundó la capital andaluza veinte años atrás.

El puente del Tercer Milenio fue realizado por encargo de la sociedad pública Zaragoza Alta Velocidad, con la participación del Ministerio de Fomento. Ejecutado por la empresa Dragados S.A., con él se terminó el mencionado tercer cinturón –autovía Z-30–, que comenzó su andadura en los años sesenta del año pasado y que ha ido sumando tramos a lo largo de 2003 y 2006 hasta que finalmente, en 2008, con la inauguración del puente, alcanzó los 13,8 kilómetros que tiene en la actualidad.

Con ocasión de la Exposición Universal de Zaragoza, fueron 18 los puentes y pasarelas que se programaron en la región, dentro del Plan de Acompañamiento del Consorcio de la Expo Zaragoza 2008, para salvar los ríos Ebro, Gállego y Huerva, así como el Canal Imperial. De ellos, el del Tercer Milenio es el más estratégico, dado que es un nexa

de comunicación vital para la ciudad, y uno de los referentes arquitectónicos de la capital aragonesa. Y no sólo por su indiscutible funcionalidad, sino también gracias a un poderoso diseño que justifica el nombre del puente —tiene 270 metros de longitud, 48 de anchura, 36 de altura entre el tablero y la clave del arco, y 216 metros de luz— en donde cobra protagonismo el uso puntero del hormigón blanco de alta resistencia.

► Sistema constructivo

Para decidir el sistema constructivo, hubo que tener muy en cuenta las condiciones del terreno. En el tramo donde se ubica, el curso natural del Ebro zigzaguea sinuoso formando el llamado meandro de Ranillas. Sobre este meandro se imaginó un puente-puerta —así lo llama su autor—, que cruzara sus aguas a través de una estructura que salvara el caudal de un solo salto y que asegurara, con su gran luz entre ejes de pilas, un importante desagüe ante las imprevisibles crecidas del caudaloso Ebro.

El puente del Tercer Milenio es un eje de conexión vital para Zaragoza y uno de sus referentes arquitectónicos

La tipología elegida, la de arco atirantado por el tablero o *bowstring*, permite compensar la falta de solidez del terreno para responder a las cargas. Según este sistema constructivo, bajo dichas cargas de gravedad, y gracias a su forma curvada, el arco intenta abrirse y el tablero opone resistencia actuando como un gran tirante y transmitiendo al arco en cada extremo la fuerza que este necesita para funcionar como tal. Este juego de tensiones sustituye a la perfección el apoyo que podría encontrar si sus arranques estuvieran en tierra firme. El arco no es en este caso un elemento estético ajeno a la estructura, sino que es la pieza clave por la que viajan las cargas del tablero hasta los apoyos. Funciona como una gran viga de canto variable, apoyada en sus dos extremos sobre placas de apoyo que le dan la necesaria movilidad en sentido longitudinal. Necesita, por lo tanto, placas de apoyo horizontales y la reacción que transmite al terreno es vertical.

Una elección lógica: las condiciones de un terreno que convive con las poderosas aguas del Ebro

eran pésimas para la fijación de la estructura, puesto que no había modo de hallar la solidez de una roca. El lecho del río a su paso por Zaragoza está formado por mantos de gravas y arcillas sobre roca de yeso. La posibilidad de construir un gran puente sobre esa base era imposible, dado que, si bien la carga vertical se puede transmitir a la roca de yeso a través de pilotes de hormigón de gran profundidad, no hay manera de que ese suelo acepte la suficiente fuerza horizontal. La técnica de arco atirantado solventa los problemas de cimentación en terrenos inestables, ya que el arco minimiza la flexión del tablero y sus fuerzas horizontales son transmitidas por la tensión de los tirantes en lugar de incidir sobre el suelo.

Otro de los aspectos que condicionaron el proyecto fueron las bajas cotas a las que se encontraban los dos barrios que conecta el viaducto, y que obligaron a proyectar una rasante muy baja en el mismo. Además, se quería una rasante próxima al agua, de forma que fuera fácil conectar las aceras del puente con los paseos fluviales que se proyectaban en las márgenes del río.

Pero también se quería —las exposiciones universales son una oportunidad para la innovación— una moderna estructura adaptada al paisaje urbano y que estuviera a la altura del evento internacional que iba a tener lugar.

► Tecnología punta

El autor del puente ha construido otros con similar tipología: Oblatas (Pamplona), La Regenta (Asturias), El Barrial (Madrid), Morlans (San Sebastián), Hoznayo-Villaverde (Cantabria), sobre el Ebro en Logroño (La Rioja), del Congreso sobre el Tiber (Roma, Italia) o sobre el Coega (Port Elizabeth, Sudáfrica). Pero el puente del Tercer Milenio es el mayor y más complejo de todos.

Con respecto al más renombrado, La Barqueta de Sevilla, una de las diferencias más relevantes es el material, construido en acero el sevillano y en hormigón el de Zaragoza. El material utilizado para el aragonés fue elegido por la superior capacidad del hormigón para amortiguar la estructura ante posibles vibraciones producidas por el viento o el tráfico, por su alta resistencia, por la disminución del volumen y peso del mismo, por su ahorro económico, y también, y muy significativamente, por su estético color blanco, ideal para un puente que nace con vocación de poderosa escultura pétrea alzándose sobre el Ebro, sin costuras ni planos de corte.

El autor, según él mismo confiesa, a la hora de decidir el uso de este material, contempló los paisajes

áridos y terrosos de la depresión del Ebro, y también «los sillares del Puente de Piedra y las severas fachadas de ladrillo ocre oscuro que dan una personalidad paisajística tan definida a la capital de Aragón», y decidió respetar lo que él llama, rememorando a los antiguos, el *genius loci*, el genio del lugar. Y no lo quiso contrariar.

El puente aragonés tiene mayores dimensiones también que el sevillano –216 x 48 metros, frente a los 168 x 30 metros de La Barqueta– y por lo tanto, al contar con un tablero mucho más grande ha precisado un sistema de apoyo más complejo –el tablero descansa sobre cuatro puntos de apoyo, dos a cada lado, en lugar de uno a cada lado–.

Y otra diferencia: los pies o pórticos triangulares diseñados con una visible curvatura, a diferencia de los del puente de la Barqueta, cuyos pies son rectos debido a que en su caso no sustentan péndolas de cuelgue y su estructura de acero reduce considerablemente el peso.

► Flexibilidad

El generoso arco central, que marca su impronta singular, es flexible y consta de un ancho de 5,4 metros; su canto mide 1,8 metros en el eje y 1,2 en los laterales. Esta elección logra que el arco acoja las cargas sin que se flexione demasiado, consiguiendo así una menor inercia que el tablero, lo que proporciona rigidez a la estructura. La sucesión de los tirantes, situados en planos transversales y verticales al eje, sacrifican la rigidez torsional a favor del dinamismo de la estructura.

El puente cuenta con cuatro apoyos principales tipo POT y de libre desplazamiento en todas las direcciones bajo los pies inclinados, con capacidad para recibir una reacción vertical de hasta 82 500 kN en cada uno de ellos. El elevadísimo valor de esta reacción hizo necesaria la fabricación de apoyos específicos, que fueron ensayados en Suiza hasta su carga máxima para eliminar las deformaciones producidas por holguras entre elementos y definir su curva real de tensión-deformación.

En cuanto al cuidado por los detalles, se llevó al extremo en todo el conjunto, y son muy visibles en el diseño de las zonas peatonales que vuelan acristaladas sobre costillas de acero desde los laterales de la sección de hormigón del tablero; en el diseño del nudo de transición del arco y los pies inclinados, y hasta en la previsión y diseño de un carrito móvil para la limpieza de la galería acristalada y de su estructura metálica.

► Ejecución

El proceso constructivo, de una gran complejidad, se organizó, por una parte, ejecutando el tablero del puente mediante empuje desde una de las márgenes apoyándose en pilas provisionales; por otro lado, se construyó el arco mediante cimbra apoyada sobre el propio tablero empujado; y en tercer lugar, y tras haber posicionado los tirantes que sustentan al tablero, y una vez tensados, fue posible el desprendimiento del esqueleto metálico que sujetaba el arco y los anclajes provisionales ubicados en el agua, y la puesta en carga del sistema que hasta ese momento descansaba en apoyos provisionales.

El empuje del tablero resultó especialmente complicado, debido a la anchura excepcional de la sección de hormigón (alrededor de 35 metros, a los que hay que añadir posteriormente 10 metros más de voladizos peatonales), en dovelas de 24 metros y además con curvatura tanto en dirección longitudinal como transversal.

Una vez que el tablero fue totalmente ejecutado, y reposaba en los estribos y pilas definitivas, la superficie que posteriormente irá destinada al tráfico se utilizó para montar sobre ella una cimbra que sirvió para el soporte del encofrado que daría forma al arco. El ferrallado y hormigonado del arco se realizó también por dovelas, avanzando desde sus dos extremos hasta encontrarse en la clave.

Una vez hormigonado el arco y vinculado al tablero mediante las péndolas o tirantes, el sistema arco-tablero entró en carga mediante el sistema denominado apertura en clave. Para llevarlo a cabo fue preciso introducir, en una operación sin precedentes por su magnitud, una carga de 120.000 kN mediante seis gatos hidráulicos.

► Legado

El puente del Tercer Milenio es parte del legado de la Expo de Zaragoza –hace muchos años que las exposiciones universales no se conciben como acontecimientos efímeros–. Cinco años después de aquel evento internacional, la imponente estructura acompaña en su posteridad a la casi decena de puentes que salvan el Ebro a su paso por Zaragoza, una ciudad que nunca ha dejado de observar el ímpetu de su río y que ha tenido que construir y reconstruir –en madera, en piedra, en hierro– numerosos puentes y pontones a lo largo de su dilatada historia para conectar sus dos orillas. ◀

El puente más longevo de la ciudad

El Ebro, vía de comunicación y también barrera difícil de franquear, ha obligado durante siglos a la ciudad de Zaragoza a tender varios puentes sobre sus impetuosas aguas. Ya desde un remoto siglo I, cuando Zaragoza aún era la *Caesaraugusta* romana, existía un puente de madera frente a una de las puertas de la ciudad y alineado con su calle principal, y que también hacía las veces de acueducto para suministrar agua a la ciudad.

Aquel puente se incardinaba en la vía romana que recorría tierras aragonesas desde la Castilla y abría paso hacia los Pirineos y las Galias. Era el único puente sobre el Ebro existente en muchos kilómetros a la redonda y el que cruzó Alfonso I para conquistar la ciudad.

Su endeble estructura frente a las acometidas del Ebro hizo que tuviera que ser reconstruido en varias ocasiones. Roturas y reparaciones, no solo de aquel puente sino de los números pontones y puentes de madera que se construían constantemente para salvar el río, hicieron que fuera generalizado, ya desde el siglo XII, el empeño colectivo para que se construyera un puente que garantizara permanentemente el paso del río Ebro.

La construcción del Puente de Piedra, levantado en el mismo lugar que ocupó el romano, entre los años 1401 y 1440, culminaba aquel viejo deseo. De estilo gótico y porte extraordinario, cuenta con siete arcos, más de 200 metros de longitud y esbeltos tajamares. En su momento, fue una infraestructura clave para las comunicaciones del valle medio del Ebro. Y no solo a nivel regional; también tenía una enorme importancia estratégica a nivel nacional para asegurar las comunicaciones de todo el noreste de la Península.

En su proyecto participaron maestros de obras mudéjares, artesanos y obreros cristianos, un arquitecto alemán y un maestro italiano. El reto de salvar las aguas del Ebro era complicado para la época y se necesitaba mucha pericia técnica, y también

abundantes medios materiales. Tanto es así, que en el transcurso de la construcción, incluso llegó a intervenir el Papa, el aragonés Benedicto XIII, facilitando permisos para la extracción de la piedra necesaria de las canteras de su propiedad situadas en Fréscano, y el aporte, mediante cesiones de las primicias de las iglesias de la diócesis, recursos económicos para la obra.

El proyecto fue concebido como un elemento de prestigio y alto valor simbólico para la ciudad y vertebrador del espacio urbano. Se quería un porte extraordinario y una fortaleza a prueba de crecidas. De la importancia que se concedió a la construcción del puente da cuenta el inequívoco apoyo de los reyes desde que Alfonso I conquistara Zaragoza.

Se concedieron privilegios, se donaron rentas y bienes, se autorizó a la ciudad el cobro de impuestos de paso en beneficio de la obra, y varias localidades, como Longares, destinaban sus rentas al mantenimiento del puente. Hasta la propia Iglesia concedió indulgencias para las donaciones y limosnas hechas por los fieles con destino al Puente de Piedra.

Durante su longeva vida, tanto el ímpetu de la corriente del agua y las riadas del Ebro, como los daños sufridos durante la Guerra de la Independencia, han obligado en numerosas ocasiones a realizar

reparaciones tanto en arcos como en pilas y tajamares. Una de las crecidas, que en 1643 destruyó las arcadas centrales del puente, ha quedado inmortalizada en *Vista de Zaragoza* (foto contigua), cuadro atribuido a Juan Bautista Martínez del Mazo, en colaboración con su suegro y maestro, Velázquez.

En el año 1789, el arquitecto Agustín Sanz construyó el pretil de San Lázaro, que protegía a la ciudad de las crecidas del Ebro a lo largo de la margen izquierda, desde el Puente de Piedra hasta el convento de San Lázaro. Tanto la maciza muralla como el puente están declarados Bien de Interés Cultural.

El Puente de Piedra, varias veces reconstruido, fue el primero levantado sobre el Ebro para enlazar ambas orillas de la ciudad