

N.2

Febrero 2010

Cuadernos de diseño
Quaderns de disseny
Design notebook



Diseño Disseny Design

Ensanche de Barcelona-Ildefonso Cerdá

en la obra pública

Cuadernos de diseño en la obra pública

Colaboradores de este número

Miguel Aguiló
Joaquim Català
Raúl Escrivá
Santiago Hernández
Javier Manterola
José Luis Manzanares
Carlos Nardiz
Angel Simón

Comité de redacción

Modest Batlle
Emilio Cereijo
Pere Macias
Jordi Mensa
José Pablo Rodríguez-Marín
Javier Vizcaíno

Secretaría de redacción

Silvia Borges
silvia.borges@upc.edu
Tel. 93 401 73 45
Angy Palau
angy.palau@upc.edu
Tel. 93 401 58 08

Escuela de Caminos, Canales y Puertos
Jordi Girona 1-3
Módulo B1, despacho 303
08034 Barcelona

Editor

Sección de Proyectos ETSICCPB
Cercle d'Infraestructures
Càtedra ITER: Copisa, FCC Construcción,
Guinovart-OHL, Rubau
Red Univ. Iberoamericana de Técnicas
Municipales (RUIITEM)

Diseño y maquetación

Fabrizio Rodilossi
fabriziorodilossi@gmail.com

Impresión

Gràfiques Ossó
info@grafiquesosso.com

Depósito Legal: B-6.248-2009
ISSN: 2013-2603

La revista no se hace responsable de las opiniones
que corresponden únicamente a los autores.
Precio 1,5 €

Estos Cuadernos quieren ser una página en blanco para todos aquellos que tienen el deseo, y acaso también el deber, de opinar sobre algo tan esencial para el futuro de la Ingeniería de Caminos Canales y Puertos como es la percepción visual que la sociedad tiene de nuestras obras.

EDITORIAL

Decíamos en el primer número de estos Cuadernos de Diseño que empezábamos una aventura. Una aventura es un camino lleno de obstáculos a sortear y donde nunca se sabe qué pasará después de cada recodo.

El primer obstáculo lo hemos sorteado ya: en vuestras manos está el número 2 con más páginas y más contenidos gracias a la ilusión y al cariño a su profesión de los que han colaborado en el mismo, y que os ofrecen algo tan importante como es su pensamiento y sus ideas a través de la pluma.

También después del primer recodo nuestras esperanzas han crecido: el primer número, por razones presupuestarias, sólo pudo distribuirse en el ámbito de Catalunya, esta vez varias Demarcaciones del Colegio participarán de estos Cuadernos y sus colegiados recibirán este ejemplar y los sucesivos.

Pedíamos en el número anterior la colaboración de todos vosotros: sólo es necesario que nos enviéis una hoja con 2 o 3 fotos y vuestros comentarios como meros espectadores de la obra pública para seguir la aventura.

No hay que ser ni especialista ni experto, sólo tener, como muchos, la preocupación de que las infraestructuras no sean un mero artefacto en el territorio, sino que sean capaces de mejorar la perspectiva visual que el ciudadano tenga de aquel territorio sobre el que vive o se mueve.

Muchas gracias

**A Ildefons Cerdà,
Ingeniero de Caminos Canales y Puertos: investigador
pionero y luchador y lo suficientemente atrevido
para inventar una ciudad: Barcelona**



El proyecto de Cerdá.

Año Ildefons Cerdá

ANGEL SIMÓN

INGENIERO DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS, CONSEJERO – DIRECTOR GENERAL DE AGBAR
PRESIDENTE DE LA FUNDACIÓN URBS Y TERRITORIO ILDEFONS CERDÀ

Steiner data la modernidad, el fin de la mentalidad clásica, como aquel momento en que el teorema de la incompletitud de Gödel y el principio de incertidumbre de Heisenberg transforman todas las presunciones de verdad sólida. Cerdá forma parte inseparable de este conjunto de personas que con su ciencia nos introduce en la era moderna.

Modernidad implica la continuidad de un proyecto, su impacto e influencia en el futuro. Cerdá hoy está más vigente que nunca. Los principios básicos que fueron el fundamento ideológico de su obra, según el insigne geógrafo Joan Tortson: el ciudadano como referente, un pensamiento integral, el territorio como suma de urbe y del campo, universalidad, anticipación, complejidad, coherencia, interescalidad, justicia y equidad.

La clave de la celebración del 150 aniversario de la aprobación inicial del “plan de reforma y ensanche de Barcelona”, es mirar al futuro, siempre al futuro, y ayudar a transformar la sociedad para que estando el ciu-

“Cerdá trabajó para el presente que en su día fue futuro”

dadano en el centro de todo, trabajemos para mejorar las condiciones de vida de las generaciones que nos suceden. Cerdá trabajó para el presente que hoy tenemos, que en su día fue futuro.

Uno de los contenidos básicos que nos enseñó Cerdá, fue la pasión por el estudio, placer en el trabajo, convicción en la defensa, divulgación y comunicación de las ideas, incluso, si es necesario, desde la responsabilidad de los cargos políticos.

Cerdá, con sus ideas, mostró un carácter precursor y muy avanzado a su tiempo. Trabajó con placer, pasión y dedicación para llevarlas a cabo, a pesar de todos los obstáculos que encontró.

Durante la celebración del 150 aniversario, la cuestión es plantear un debate de ideas y aprovechar la celebración como una excusa para hablar de modelo de ciudad y, por lo tanto, de modelo de sociedad.

Ildefonso Cerdá era Ingeniero de Caminos Canales y Puertos, profesión ligada a esfuerzo, abnegación, dedica-



Ensanche del arquitecto Rovira i Trias que el Ayuntamiento de Barcelona apoyó en contra del Plan Cerdà.

ción, vocación de servicio público y, sobre todo, estudio para llegar al conocimiento en la ejecución del proyecto. Cerdà estudió en profundidad, de una manera técnica y científica, como nadie lo había hecho hasta entonces, las condiciones de vida de la clase obrera y todos los demás aspectos relacionados con su plan. Su profesionalidad fue clave en el éxito del ensanche.

La profesionalidad obliga a la transversalidad de conocimientos. Toda actividad profesional y por ende las empresas que estén relacionadas con la ciencia, la técnica y la ingeniería, deben captar, coordinar e integrar el know-how disponible.

Los tiempos han cambiado y hoy en día el ejemplo de Cerdà, a nivel profesional, sólo se consigue con la complicidad entre administración pública y empresa privada. La empresa privada debe aportar valor tecnológico, impulsar a la universidad, expandirse a nivel internacional y contar con una red de profesionales capaces de resolver cualquier problema de su especialidad en cualquier lugar.

El ejercicio de la profesionalidad otorga autoridad, que implica preemi-



Ildefons Cerdà.

“Trabajó con placer, pasión y dedicación, a pesar de todos los obstáculos que encontró”

nencia, prestigio, dignidad, jefatura pública y privada y especialmente la capacidad para influir sobre los acontecimientos por decisión, conocimiento, valentía y calidad y nunca una autoridad ligada a la soberbia, al dinero, a la estolidez o a la conciencia de coronar una jerarquía. Esta es la autoridad de Cerdà y es el camino que debemos seguir.

Cerdà nos ha dejado un gran legado que tenemos que continuar. Creó una nueva ciencia en la que hay que profundizar desde la transversalidad profesional, desde la perspectiva global, desde el estudio y la reflexión, con el tiempo necesario para tomar las decisiones adecuadas. Pero hay que tomarlas.

Cerdà es indudablemente moderno. Los principios y conceptos desarrollados por nuestro compañero nos deben marcar el camino. Superaremos los obstáculos actuales y tenemos que avanzar para transformar la sociedad en la del siglo XXI. Todos los “Cerdás” que existen en los diversos lugares, y que son muchos más de los que en apariencia se pueden ver, ya están trabajando en ello. ■

El puente de agua

JOSÉ LUIS MANZANARES

DR. INGENIERO DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS. CATEDRÁTICO DE ESTRUCTURAS E.T.S.A. DE SEVILLA. ESCRITOR

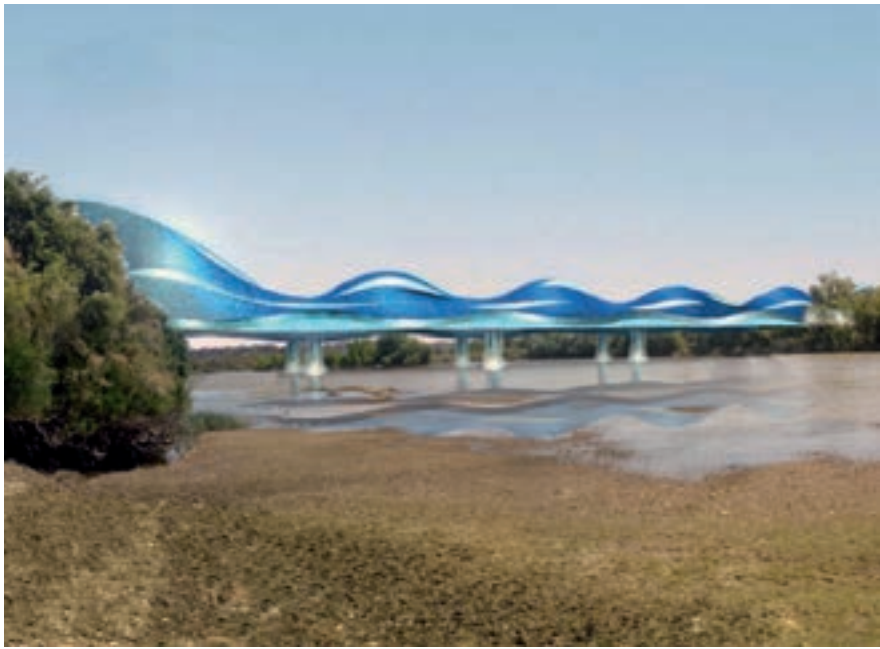
Este fue un puente presentado al concurso del pabellón puente de la Expo de Zaragoza. Obviamente no ganó. Pero su estilo formal está en la línea del vencedor. Uno no debe enseñar solo sus victorias. También es importante mostrar las derrotas, sobre todo si fueron a los puntos en la originalidad y sugerencia de las soluciones estéticas.

Desde mi punto de vista, esta alternativa era tan bella como la ganadora, más fácil de construir, más barata, con mejor aprovechamiento expositivo del interior y más posibilidades de utilización posterior a la Expo. En cambio resolvía peor la estética de las pilas. Zaha Hadid acertó con su potente basamento asimétrico que proporcionaba un objeto global más coherente y sólido. Mi solución estaba excesivamente condicionada por la autolimitación de no afectar a la hidráulica del Ebro. Los ingenieros seguimos atados a rígidas restricciones mentales que empobrecen nuestro diseño.

Con este pabellón puente, pretendí demostrarme a mí mismo que era capaz de diseñar en el campo de la arquitectura maluma, con formas amorfas desestructuradas, dentro del estilo personal que persigo de las estructuras épicas: aquellas que narran una historia o leyenda con el único texto que les proporciona su imagen. También quise resolver el reto de construir, en una Exposición del agua, un puente hecho de agua.

UNA LEYENDA NONNATA PARA UN PUENTE NONNATO

Las leyendas hablan de viejos amores de ríos y ciudades. Cuentan de urbes coquetas que se contemplan complacidas en los reflejos de las aguas que acarician sensualmente sus orillas. También narran episodios, atribuibles a la pasión, en que las orillas han debido protegerse de embravecidos amantes fluviales que



La ola cruzando el Ebro.

intentaban poseerlas inundando sus calles con el afán de fundir sus cuerpos en uno solo. Y cuentan de ríos callados que se infiltran quedamente por los cimientos de las urbes que aman y se quedan allí durante siglos escuchando arrobados el respirar de sus gentes.

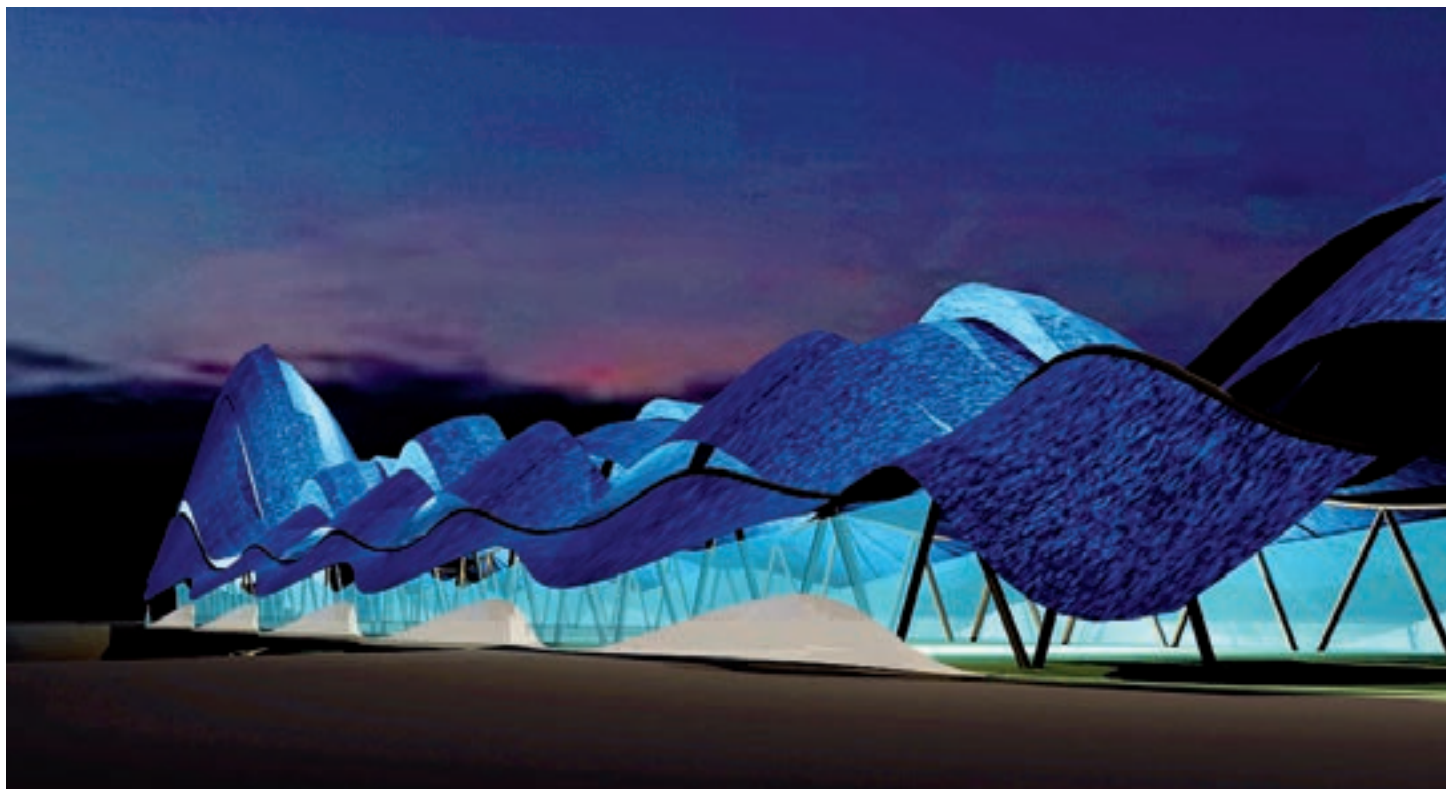
“... una historia o leyenda con el único texto que les proporciona su imagen”

Algunas de esas leyendas son antiguas, nacieron en los albores de los tiempos y han permanecido en los susurros y cuentos de abuelos a nietos para siempre. También existen otras que aún no han nacido, pero que lo harán en momentos mágicos para unirse al acerbo de fanta-

sías que cuajan de poesía la historia de un lugar. Los que piensan que los mitos han muerto no conocen la capacidad de fabular sueños del alma humana que puede alumbrar, cuando menos se espere, una epopeya increíble.

Por eso, el cazador de leyendas ha de estar atento en esos escasos instantes excepcionales de esplendor que a veces iluminan a las ciudades, para gozar del privilegio de ver nacer una y ser testigo del relato que será narrado después, miles y miles de veces, en las veladas nostálgicas que deparará el mañana.

Una Exposición constituye unos de esos hitos estelares que marcan un punto de inflexión en el devenir de una urbe. Nada será igual tras su paso, porque nada ni nadie podrá permanecer inmutable detrás del torrente de ilusión colectiva e imaginación que derrama sobre sus habitantes. Con ella, la magia empapa por unos años sus calles y cualquier milagro, por increíble que parezca, podrá suceder. Por eso, las exposiciones son madres de



Vista completa del puente.

leyendas, relatos fantásticos y mitos que se incorporarán de forma indeleble al patrimonio imaginario de la villa que tuvo la fortuna de albergarla.

Si se hubiera construido el puente de agua, cuando dentro de cientos de años algún niño preguntara a su abuelo por el secreto que lo alumbró, seguramente escucharía boquiabierto esta historia que con toda certeza nació, no se sabe muy bien cómo, entre los diversos prodigios que alumbró la muestra:

LA LEYENDA

“Cuentan los más viejos que existen dos Ebro. Uno de ellos, juvenil, casi un niño, discurre rápidamente desde su nacimiento hacia el mar y pasa cada día de largo junto a las ciudades permitiendo apenas que se contemplen en el espejo de sus aguas antes de decirles adiós en su ansiado discurrir hacia el Mediterráneo. El otro, maduro y recio, permanece infiltrado en el subsuelo de Zaragoza desde tiempo inmemorial, atado a las entrañas de su amada, testigo silencioso de su Historia. Jamás la abandonaría por ningún mar del planeta.

Dicen también que ese otro río, fiel y enamorado, oyó sorprendido a las gentes

decir que Zaragoza, su enamorada, iba a erigir una muestra donde pretendía exhibir ante todo el orbe el mundo del agua. Y muerto de celos, se estremeció al pensar que allí se pudieran mostrar otras distintas a las suyas. Narran los más ancianos en la plaza del Pilar que fue tanta la desazón del río subterráneo

“... que llame la atención y constituya por se un motivo de curiosidad”

que la contagió al río joven y, por aquellos días, lo vieron circular nervioso, con la superficie alterada por olas que agitaban con inquietud los remansos y teñían de lodo el verde dorado real que habitualmente lo bañaba.

Fue tanto el estremecimiento que sufrió la corriente que, el Ebro subálveo, incapaz de soportar los celos, decidió ser el único protagonista que ocupara el corazón de la capital aragonesa. E invocando a

la magia que sólo poseen los grandes ríos de la Historia, bramó de orgullo y lanzó sus aguas al cielo en pos de conquista.

La ciudad, asombrada, se maravilló al ver surgir a través de la tierra surtidores que parecían brotar desde lo más hondo de sus raíces. No eran otra cosa que chorros del viejo y fiel río profundo, que el gran enamorado hacía aflorar para que Zaragoza pudiera nutrir su exposición con el tesoro hídrico que él le regalaba.

Narran también, que las calles antiguas advirtieron al río de que la Expo se encontraba al otro lado del cauce y que difícilmente podría ser alimentada con las fuentes mágicas que brotaban en la plaza zaragozana. Pero el Ebro no se dio por vencido: con un esfuerzo sublime, lanzó hacia el cielo un inmenso torrente, una nube de espuma y agua que traspasó el suelo hasta generar una gigantesca ola que se lanzó hacia la orilla, buscando alcanzar, desde Zaragoza, al recinto de la muestra.

Para impedir que el caudal del río ancestral se desplomara por el talud y retornara al cauce, potentes chorros de agua surgieron de la lámina del río joven para mantener en el aire la ola gigante que iba a cruzar, lanzada por su propio impulso, de orilla a orilla.



Ambos ríos construyeron así, milagrosamente, un puente de agua, un acueducto mágico sustentado en columnas de surtidores, para nutrir a la Exposición Internacional del caudal que había permanecido oculto durante tantos siglos, y lo hacía volando a través del aire sobre la arteria fluvial que le daba el ser. Al saltar a la margen izquierda, la gran ola rompía feliz y con un torrente de espuma victoriosa caía en cascada para alimentar al gran lago de la Expo. En la muestra internacional de 2008 no se exhibiría más agua que la del viejo amante secreto de la capital de Aragón.

Y aseguran los más viejos del lugar que el cielo, conmovido por el esfuerzo supremo del gran tributario del Mediterráneo, que extraía de sus filetes líquidos hasta la última gota de energía para hacer posible tal escorzo, lanzó un rayo que convirtió la gigantesca ola voladora en una estructura rígida de metal, piedra y vidrio que inmortalizaría para la eternidad el amor del Ebro por Zaragoza”.

LA PROPUESTA

El éxito de una Exposición Internacional radica en gran parte en la notoriedad. La muestra debe convertirse en un foco de

atracción que congrege a un número importante de visitas, despierte el interés de propios y extraños y fije las miradas de todo el mundo en la ciudad que la erige. Y, para conseguir ese objetivo, es preciso lograr una elevada difusión mediática que divulgue por todo el orbe el interés de los contenidos y la originalidad de los

“... se va apartando del minimalismo conceptual de finales del XX”

continentes. En el siglo XXI el hombre no se asombra de casi nada y solo siente despertar su interés por lo muy original y singular.

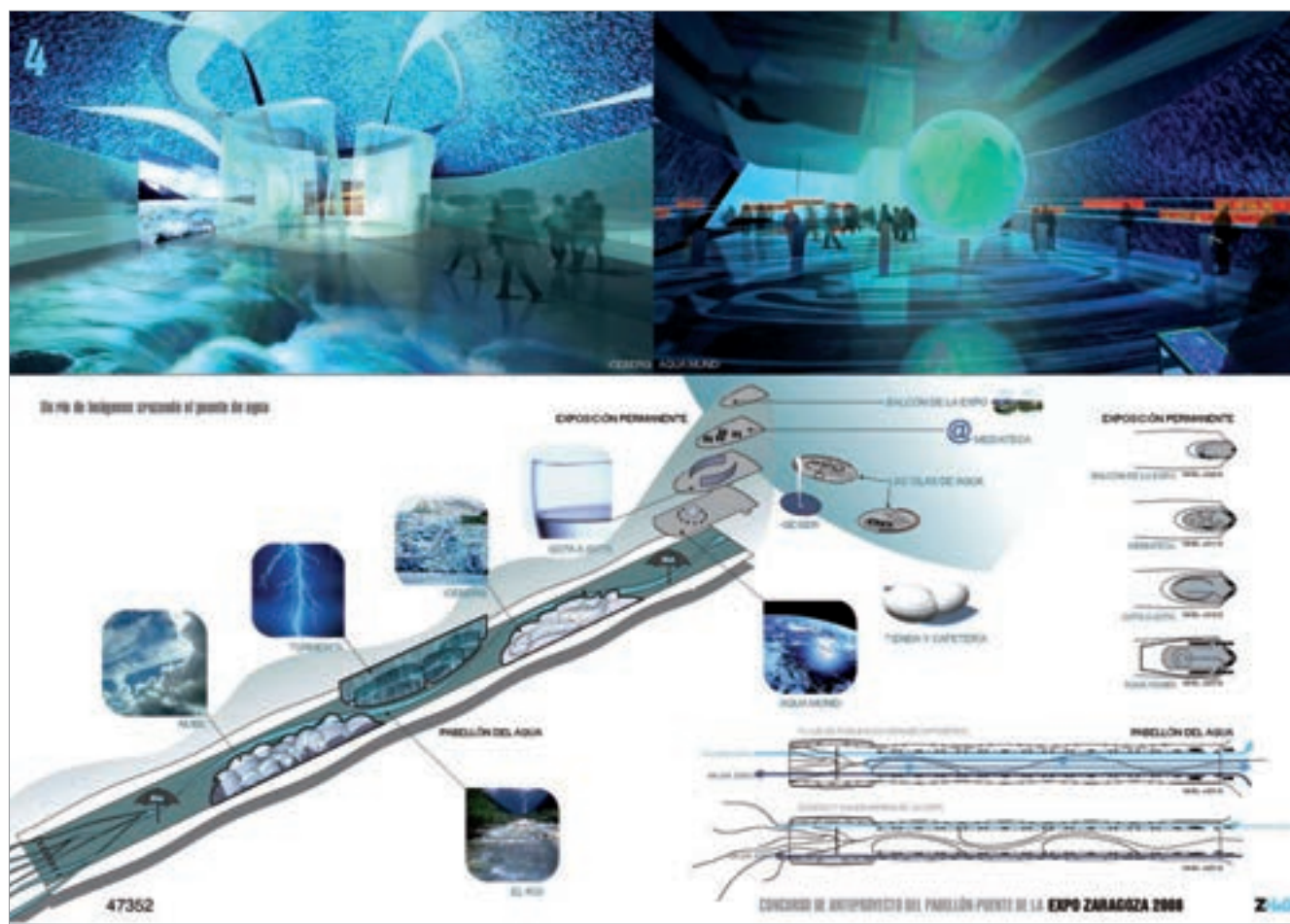
Por eso, la primera obligación de un proyectista al abordar un elemento arquitectónico para una Exposición es la de diseñar un objeto notorio, que llame la atención y constituya per se un motivo de curiosidad y atracción de visitantes.

Paralelamente a este condiciona-

miento se superpone otro, no menos importante y que, muchas veces, puede resultar contradictorio: la integración paisajística y el respeto medioambiental. De ningún modo la notoriedad ha de conseguirse a través de la estridencia y la ruptura con el equilibrio del paisaje. Y en ese sentido, el puente pabellón, se ubica en un bello tramo del Ebro, jalonado por un inmenso bosque de ribera, con isla arbolada y ausente de actuación antrópica.

La arquitectura de vanguardia juega con los objetos como expresión formal del proyecto. Las revistas del último grito muestran estadios convertidos en paquetes atados, piscinas cubiertas por cajas de agua, centros comerciales en el interior de babosas gigantes o estaciones marítimas ubicadas en olas de césped. La expresión arquitectónica del XXI se va apartando del minimalismo conceptual de finales del XX para decantarse por nuevas formas, la geometría difusa, y el empleo de elementos orgánicos combinando materiales de última generación con diseños que, más o menos, literalmente, nos recuerdan artefactos cotidianos.

La búsqueda de un objeto de esas características paisajísticas y que tuviera



Infografía y detalles.

la notoriedad que exigía la Expo, debía realizarse en el terreno de la coherencia. Se trataba de una exposición temática del mundo del agua y, por tanto, todas sus señas de identidad debían estar referidas a ese elemento vital. Al igual que la torre emblemática del recinto se denominó la Torre del Agua, de igual manera el pabellón puente debía constituirse como el Puente del Agua. Y no era solo un problema semántico, no bastaba con un nombre afortunado carente de expresión real, el puente había de ser identificado formalmente, y conocido como tal como un objeto inequívocamente relacionado con el recurso hídrico.

Y aquí es donde surge la inspiración del diseñador. ¿No sería posible construir un puente de agua, en el que el líquido elemento se erigiera en protagonista de la estructura? La contestación es obvia: solo el agua congelada proporcionaría la rigidez provisional suficiente para soportar los esfuerzos de un puente. Cabría construir una

estructura de hielo, pero su carácter efímero dejaría su empleo limitado a climas y dimensiones muy distantes del problema que nos ocupa. Por tanto un puente sólo puede usar el agua y sus formas como motivo ornamental, tanto con la presencia de fuentes y surtidores como con la simulación en sus colores y formas de elementos hídricos. Ambos recursos son lícitos si el resultado final es bello, funcional, encaja en el paisaje y le proporciona la notoriedad imprescindible que exigen las obras emblemáticas de la Exposición.

LA IMAGEN

El puente del agua pretendía ofrecer una imagen inequívoca, atractiva, inspirada en el tema de la Exposición, sugerente e integrada en un paisaje hermoso y libre. Para ello, nuestra propuesta, representaba una ola gigantesca que recordaba, en la forma y el color, a un haz de ondas naturales que partiendo de Zaragoza, cruzaba el Ebro

y desembocaba en la Expo rompiendo con estrépito para alimentar al lago de la Exposición.

Con el diseño se obtenía la imagen de un puente de agua en que el líquido elemento volaba sobre el cauce, sostenido por potentes surtidores que brotaban del río como géiseres de espuma para sujetar a la lámina hídrica y a la vez espiritual, portadora de sueños, que impulsaría la ciudad hacia una Exposición que pretendía alimentarse del alma de la capital aragonesa.

La cubierta del puente, la ola dinámica, desagregada en ondas paralelas longitudinales y transversales, que entroncaba con la arquitectura de la tendencia "maluma", de superficies amorfas y redondeadas y el último grito para los objetos reconocibles a escala gigante como medio de expresión formal, tenía la suficiente belleza y majestuosidad como para satisfacer los dos objetivos inicialmente planteados: notoriedad e integración paisajística.

Con esta solución la espectacularidad y popularidad estarían aseguradas. No existe en el mundo otro puente igual a éste, y tanto las revistas especializadas como los medios de comunicación generales hubieran enfocado su atención sobre él hasta convertirlo en otra seña de identidad para Zaragoza, en un atractivo de referente mundial. Muchos visitantes se hubieran acercado atraídos por la singularidad de la obra que hubiera podido caracterizar la imagen externa de la Expo y llegar a ser en un futuro aliciente turístico permanente para la capital de Aragón.

Y paralelamente se hubiera satisfecho la integración en el paisaje. El puente de la propuesta perdedora constituía un objeto natural, con colores suaves similares a los que lo rodean, que jugaría a ser agua sobre una lámina de agua y que tenía una imagen compatible con la arboleda de ribera y con el mantenimiento de la isla fluvial arbolada que el nuevo trazado salvaba por completo. Gozaba también del carácter monumental que justifica per se la integración con la naturaleza.

La ola, el puente del agua, era un objeto lúdico de parque, que no producía discordancia y que sería admitido intuitivamente como un objeto incardinado en el espacio natural. La ausencia de todo mecanicismo y el aire suave y redondeado, cuasi natural, ayudaría a una perfecta integración.

La cubierta ofrecía un orden subyacente en su aparente desorden. Hubiera

sido realizada a partir de una estructura metálica ligera espacial, modulada, sobre la que apoyarían placas alabeadas de panel GRC sándwich de espesor suficiente para darle rigidez y aislamiento. Cada panel iría completamente revestido de trencadis, teselas de azulejo esmaltado multicolor y brillante que permiten obtener la imagen que pretende transmitir al espectador.

La gran ola se dividía longitudinalmente en cinco bandas que dibujaban una secuencia de oleaje, y daban dinamismo y modernidad a la cubierta. El diferente ritmo sinusoidal de cada una de ellas, abría

“Una ola gigantesca que partiendo de Zaragoza cruzaba el Ebro”

ventanas transversales, ojales en la superficie coloreada, que serían cerradas con planos de pavés teñido de azul verdoso ligero que permitirían iluminar el interior durante el día, y traslucir imágenes luminosas al exterior durante la noche, de manera que se proporcionara movimiento y dinamismo a la perspectiva nocturna del puente. Eran también jalones de espuma vibrante que coronarían la cresta de las ondas en su camino hacia la Expo.

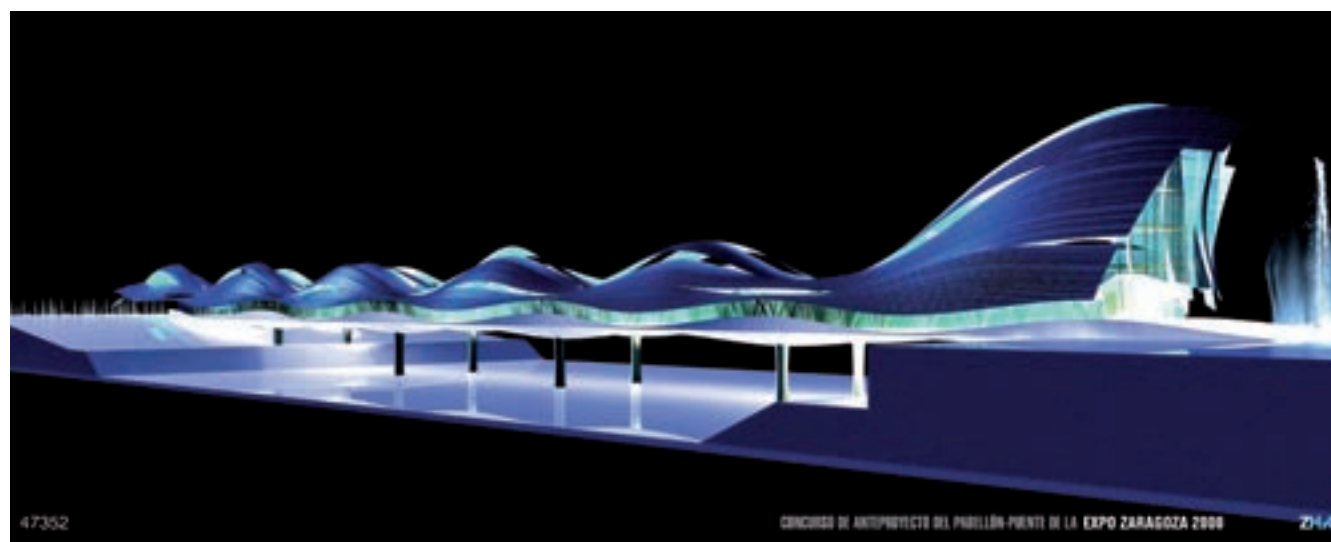
El tren de ondas rompía al llegar a la

Expo. Lo hacía con una ola gigante y una contra ola que estallaba al llegar al suelo en una nube turbulenta. Se conseguía así culminar la leyenda que lo inspiraba, ubicar una gran fuente en la entrada del recinto que simulara el resalto hidráulico y culminar el puente con una gran superficie expositiva vertical, una pantalla de leds que se convertiría en uno de los ejes del espectáculo nocturno. Las nuevas tecnologías se integrarían en el diseño permitiendo incorporar imágenes reales dinámicas a un edificio soñado por y para una imagen bella pero insólita.

La imagen no solo hubiera conformado el espacio construido sino que habría afectado también a la génesis del espacio abierto en la antesala del puente y en el desembarco en la Exposición. En la entrada, la afluencia de visitas se entretejería con fuentes de surtidores que parecerían brotar de las entrañas de la ciudad. Las colas se ordenarían bajo marquesinas ondulantes que constituirían el origen de la cubierta del puente.

En la salida, la gran ola alimentaría el lago de la Expo en torno al cual se dispondrían, como gotas gigantes de agua, los espacios necesarios para producir y contemplar, a modo de terrazas y gradieros, uno de los espectáculos con que la muestra debería sorprender al visitante en la magia de la noche.

Lo malo de diseñar puentes de agua es que, si pierden el concurso donde deben nacer, se diluyen rápidamente en las aguas del río que conduce al olvido. ■



La visión nocturna.

El diseño y la estética

JAVIER MANTEROLA

DR. INGENIERO DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS - CATEDRÁTICO DE LA ESCUELA SUPERIOR DE INGENIEROS DE MADRID – MIEMBRO DE LA REAL ACADEMIA DE LA INGENIERÍA.

La belleza de una obra es un resultado. Un puente bien diseñado es estético. Nada se Generalmente se confunde lo estético como algo añadido, que no sale del qué de la cosa, algo arbitrario y eso siempre es feo. Hay que encontrar criterios para excluir la arbitrariedad y esto se consigue, si se consigue, penetrando profundamente en la configuración de la idea hasta encontrar lo evidente.

También se piensa que determinadas morfologías, puente arco, puente atirantado, por ejemplo, son las que hay que utilizar para conseguir un puente hermoso. Falso de toda falsedad. Un puente arco puede estar muy mal diseñado, encajar mal en el sitio y ser feo y un puente de vigas prefabricadas puede ser hermosísimo.

Aun, otra confusión frecuente. Durante mucho tiempo se pensó que un puente cuyo diseño respondiese lo más ajustado posible a un comportamiento resistente perfecto, que tuviese lo justo para funcionar adecuadamente, obligatoriamente era hermoso. Pues tampoco, hay muchas cosas estrictas pero feas.

De donde se deduce que no hay reglas para la estética, ni siquiera para definirla, cosa obvia pues si se pudiese definir, todo estaría resuelto y ni siquiera existiría.

Pero hay otro punto fundamental y este estriba en la personalidad del diseñador. Hay distintas maneras de ver. Por ejemplo, la obra de Calatrava es lo más hermoso que hemos visto, dicen algunos. Otros aprecian especialmente lo monumental, la riqueza del tratamiento, su pintura o decoración de las superficies, lo exagerado. Otros, que sólo sienten la belleza a través de lo estricto, la diferencia que existe entre el Frontón de Recoletos de Torroja o los hangares de Orbetello de Nervi. La apreciación de la geometría pura o aquellos otros que necesitan el adorno.

Lo espectacular frente a lo contenido.

No quiero que mis calificativos presupongan una valoración superior de una manera de ver y entender sobre otra, aunque son evidentes mis preferencias. Y hay también preferencias en el receptor. Y existe también el talento del diseñador y del receptor. Pero hay que considerar también otra cosa. Nada es obvio. Estamos acostumbrados, de la tradición artística clásica, de la mala tradición artística, a tener una visualización inicial del puente que concluye inmediatamente en que nos gusta o no nos gusta. Esta impresión es inmediata como la que sacamos al

“Falso de toda falsedad, un puente de vigas prefabricadas puede ser hermosísimo”

ver una Inmaculada de Murillo. Y no es así, ni en los puentes ni en la apreciación del arte clásico. Lo que determina de éste lo artístico no es en absoluto evidente. Una buena educación estética, un buen conocimiento de su historia y una gran experiencia en el sentir es imprescindible para diferenciar una obra de arte de cualquier imitación. Una obra de arte en el mundo de los puentes, como es el puente de Esbly sobre el Marne de Freyssinet, no es obvio. Penetrar en él como nos ocurriría si pretendiésemos hacerlo con el Frontón Recoletos, nos encontraríamos que tampoco es obvio, no es inmediato. Los puentes de Calatrava, la obra general de Calatrava, lo peor que tiene, a mi entender, es que es obvia, que lo que ves

en primera impresión es todo lo que hay que ver y la obra te va a transmitir. Desde este criterio se deduce que Recoletos es mejor que el hipódromo de la Zarzuela de Torroja, es menos obvio.

Esa extraña propiedad que hace que un puente sea hermoso, sólo es posible aproximarse a ella viendo puentes hermosos, o que uno piensa que son hermosos, lo que también trae consigo que uno se retrata a sí mismo en dicho juicio, riesgo, que por otra parte, no me importa afrontar.

No voy a pretender definir qué es lo que, ni siquiera a mi parecer, hace que los puentes o las obras que voy a exponer, sean hermosas. Eso si voy a elegir y preferir una obra sobre otra. Para ello voy a coger una serie de diseñadores recientes, desaparecidos y buenos, voy a coger obras de Torroja, Freyssinet, Nervi, Fernández Casado, Candela, Maillart.

Empezamos a hacer la comparación entre tres obras similares, el Palacio de los deportes de Nervi en Roma, el de México de Candela, ambos para olimpiadas, y el mercado de Algeciras, de Torroja.

Si hiciésemos una encuesta entre el público general, la obra que saldría victoriosa creo que sería la de Nervi, es hermosa, completa, circular, simétrica. Probablemente, la clasificación última correspondería a Torroja. Y sin embargo el orden que yo establezco sería contrario, la mejor, el mercado, seguida por la de Nervi y por último, la que a mí me parece una obra equivocada, la de Candela.

El mercado de Algeciras, obra de 1933 está cubierta por una cúpula esférica de 47,8 m. de luz y 9 cm. de espesor y apoyada en 8 soportes. Torroja resuelve el problema del apoyo puntual sin más que plegar los 8 bordes libres y conduciendo naturalmente las cargas de la cúpula a los 8 apoyos. Una solución genial, simple

y que ha sido imitada por las construcciones posteriores de todo tipo de diseñadores, Heinz Isler, por ejemplo. Fig. 1. La obra es limpia, elegante y sencilla y si falla en los adornos exteriores, no sé si es debido al arquitecto Sánchez Arcas ó al propio Torroja ó a la época.

Como pocas veces, la profundización en la esencia del problema resistente desemboca en la máxima simplicidad formal y constructiva.

El Palacio de los deportes de Roma, obra de 1960, es una cúpula esférica apoyada en 48 puntos. Fig. 2.

La configuración resistente que quiere conferir Nervi a la cúpula es la de una serie de 144 arcos radiales que confluyen por una lado en el centro de la cúpula y por otro en 48 abanicos inclinados que transportan el efecto de las cargas a través de otros 48 nuevos pilares inclinados situados tras el gradierío, hasta el suelo.

Nervi olvida el mecanismo de trabajo circunferencial de toda cúpula, lo ignora

“No hay reglas para la estética, ni siquiera para definirla”

formalmente, aunque esté presente en la obligada cúpula continua de hormigón que cubrirá todas las piezas prefabricadas. Parece como si Nervi quisiese volver a la época del Panteón de Roma, a la de la cúpula de San Pedro donde el trabajo circunferencial no se desconocía pero no se sabía resolver.

La brillantez formal con que está resuelta la cúpula a través de las piezas prefabricada es formidable pero a mi entender no se debería haber olvidado la repercusión del trabajo circunferencial en el diseño formal de la cúpula. Es la amputación grave de un mecanismo resistente que siempre está presente.

Lo mismo le pasa al Palaceto de los deportes, Fig. 3, también realizado en Roma y también para la misma olimpiada. Las preciosas nervaduras que rigidizan la cúpula de hormigón no impiden ni configuran la canalización de los



Fig. 1. Mercado de Algeciras. Torroja.



Fig. 2. Palacio de los deportes de Roma. Nervi.



Fig. 3. Palacio de los deportes de Roma. Nervi.

esfuerzos hacia los apoyos puntuales, que de nuevo son recogidos por pilares inclinados, en lugar de resolver el paso de la carga inclinada a la vertical de las pilas sin más que zunchar circunferencialmente el borde.

No sé en realidad como está resuelto el problema, pero parece que su intención es evitar ese trabajo circunferencial al plegar, como en el gótico, el borde exterior de la cúpula. Pero en el gótico el plegamiento tiene sentido para la configuración general, Fig. 4, en el Palaceto, no. Además de la inconsistencia resistente, este plegado exterior produce un feo efecto estético.

Nunca he sabido si los conocimientos resistentes de Nervi eran grandes o pequeños. Por sus obras, por como las plantea y las resuelve, desde los hangares de Orbetelo, los fantásticos hangares de Orbetelo, al palacio de exposiciones de Turín, etc, etc, dan la impresión de que sabe poco. Va siempre a la solución resistente más simple, elementalizando su comportamiento, dejándolo cojo e incompleto.

Puede ser que su condición de empresario constructor le conduzca a estas simplificaciones, no lo sé, pero siempre ante su deslumbrante trabajo, me quedo un poco con la sensación de que se me está hurtando la forma de algo que conozco. Por muy brillante que sea su materialización lo que se recibe te deja un poco frustrado. Hay que exigir a los grandes formalizadores la totalidad del mensaje. Su diseño se resiente mucho. Otro ejemplo de lo mismo es Calatrava que, por cierto, imita mucho a Nervi. Calatrava no nos descubre nada, no nos ayuda a entender, simplifica lo que es complejo, pero gusta mucho.

Respecto a Candela, tampoco sé si sabía mucho o poco, mi impresión es que también sabía poco. Pertenece al mismo tipo de diseñadores que, como Nervi, es propietario de una empresa constructora de la que vive y a través de la cual se expresa. Su trabajo como diseñador de estructuras laminares, utilizando casi exclusivamente el paraboloides hiperbólico, es formidable, siendo además autodidacta y a todos, a mí el primero, nos aproximó al complejo mundo de las láminas, saltando por encima de la integración de las complejas ecuaciones dife-



renciales que resuelven el problema. Esa falta de sujeción a las matemáticas resolviendo los problemas con una mezcla de intuición y decisión le permitió la realización de láminas tan formidables como el restaurante Xochimilco o la iglesia de San José Obrero y nos ilustró de paso lo que es resistir por forma

Sin embargo, en el Palacio de los deportes de México, Fig. 5, se equivocó de lleno, según mi opinión. Una cúpula esférica truncada con vértices que incitan a apoyarse en ellos como ya había realizado Saarinen en el auditorio del MIT, el lo evita para simplificar el trabajo de la cúpula, reduciéndola a dos familias de arcos cruzados que al carecer de capacidad de trabajo superficial obligatoria-



Fig. 5. Palacio de los deportes de México. Candela.

mente deben ser soportadas por los puntales de hormigón exteriores, vengan o no a cuento con la forma de la cubierta.

La forma exterior de la cubierta debe ser la respuesta de la esencia del trabajo resistente. Aquí de nuevo se nos hurta algo y se nos añaden los puntales de hormigón que son ajenos a la forma.

La explicación que he dado a mis preferencias las he estribado en el trabajo resistente de la estructura, que nunca es suficiente para una definición cabal de la misma. Y sin embargo cuando se comentan errores como los que a mi entender ha cometido Nervi y sobre todo Candela, la claridad que uno busca en el diseño, lo que cabe esperar que los buenos nos lo den a manos llenas, está ausente.

Esas obras hay que entenderlas con claridad y así entender más sobre la formalización de lo resistente.

Vamos ahora a interpretar tres puentes, Los puentes del Marne de Freyssinet, los puentes de Maillart y los puentes primeros de Fernández Casado, los que él denominó puentes de altura estricta.

En buena lid ni son comparables, ni son de la misma época, ni tienen el mismo tamaño, pero transmiten bastantes cosas sobre el ser de los puentes.

Los puentes del Marne, Fig. 6, son obras geniales, del tipo de obra que aparece y te deslumbran, a la vez que te abre una nueva perspectiva del ser de los puentes, Realizados entre 1948 y 1950 se trata de cinco cruces del río Marne, al este de París, absolutamente nuevos, en concep-

ción, construcción y perfección. Sus luces oscilan alrededor de 75 m. salvo el puente de Luzancy, construido unos años antes, con 55 m. de luz.

Son puentes pórtico, en el más claro sentido de la palabra. Puentes que, en principio, su morfología, la de pórtico, es contraria a la utilización del pretensado (las deformaciones instantáneas y en el tiempo del hormigón pretensado son perjudiciales para el efecto pórtico). Entre la curva vertical de la calzada y la pequeña célula triangular consigue el brazo suficiente para optimizar los momentos en el centro del vano.

Son unos puentes que, a mi entender, van a ampliar el concepto de belleza de los puentes a ámbitos más sutiles.

Fernández Casado decía “que nadie se atreva a construir un puente si antes no ha pasado por el puente romano de Alcántara” parafraseado, yo extendería esa frase a los puentes de Marne, obras que hay que visitar y empaparse de su morfología. Todo lo que hizo Freyssinet (1879-1962) fue genial, pero este caso, a fechas tan tempranas, proyecta dirige y construye los cinco puentes, Annet, Trilbardon, Esbly, Ussy y Changnus-Saint Jean que junto con Luzancy constituyen una cumbre de lo que se realizó en el siglo XX.

Construyó una manera de hacer, de configurar, que luego utilizará en el puente de Saint-Michel de Toulouse y en la basílica S. Pio X de Lourdes, la misma manera de entender el pretensado asociado a la estructura pórtico. Es curioso considerar como todos los grandes constructores mayores, eran grandes constructores de puentes arco y eso no se lo pueden quitar de encima. Si no hacen arcos, por lo menos, hacer pórticos, que se parecen un poco.

Sin embargo hay un puente que no es un pórtico y que se atribuye a Freyssinet y que se diferencia claramente de su constante manera de hacer. De todas maneras, un puente formidable, inicial de lo que va a ser el paso superior de carreteras, me refiero al puente de Orly, Fig. 7.

Otro gigante en la construcción de puentes, anterior a Freyssinet y metido de lleno en el hormigón armado es Robert Maillart (1872-1940) y hemos elegido de él lo que para mí son sus obras punteras,



Fig. 6. Puente de Esbly. Freyssinet.

el puente de Salgina Tobel de 90,0 m de luz, Fig. 8, y el de Schwandbach. El primero es el puente por antonomasia, el que llevó a Giedion a alabar fuertemente a Maillart en su libro clásico de arquitectura, Espacio, tiempo y arquitectura, y que hizo a Maillart famoso en otros

“La belleza de una obra es un resultado. Un puente bien diseñado es estético”

ámbitos que los ingenieriles (por cierto sin tener la más mínima idea de los que veía, haciendo además interpretaciones equivocadas). Es sin duda formidable la relación entre la forma del puente y las montañas que une y lo soportan. Se ha convertido en lo que es un paradigma de lo que es la manera de saltar, de hacer un puente, entre dos paredes casi verticales.

Lo realiza a los 25 años de hacer el puente originario de esa familia, el puente de Tavanasa de 1905 y anterior a la saga de puentes que le sigue, de la misma morfología de arco de tres articulaciones, como el de Rassgraben (1932), Thur (1933), Arve (1936), Simme (1939-40) y Strassenüberführung de 1940, todos ellos, salvo Tabanassa, morfológicamente

equivocados. Todas esas pilas que pone entre el arco y el tablero no están en la morfología de lo que es resistir en ese arco tan grueso. Debía haber saltado como en Tabanasa entre los arranques del arco y la clave eliminando esas dos pilas intermedias que les unen ajenos al concepto de forma que determinan.

Incluso la invención formidable de la relación de la forma con el paisaje, que en Salgina Tobel es perfecta, la utiliza también en el caso contrario. El resto de los puentes de esa misma morfología son puentes muy bajos, sobre ríos normales, y resulta que también están bien encajados. De lo que se deduce que es difícil establecer una relación biunívoca, estéticamente única, entre el puente y el paisaje como está demostrado en estos y otros muchos puentes.

Pero todos los peros que he puesto a la familia de puentes triarticulados de Maillart los levanto con entusiasmo cuando vemos el puente de Schwandbach, Fig. 9,



Fig. 7. Puente de Orly. Freyssinet.

mucho más pequeño de luz 37,4 m, pero absolutamente maravilloso. Pertenece a la segunda familia de puentes que desarrolla Maillart, eliminar la rigidez del arco y la concentra en el dintel, en composición similar e inversa a la del puente colgante. Es un puente lleno de dificultades, el tablero es curvo y el arco es recto y simétrico, de ancho variable y la referencia entre el arco y el tablero, unos tabiques delgados, anchos y próximos.

Si se mira con atención, nada está mal, aunque no exista coincidencia vertical entre el eje del tablero y el del arco, que tanto molesta en los puentes arco clásicos con arco plano vertical y tablero curvo. Pero aquí Maillart resuelve ese problema admirablemente con tabiques delgados y asimétricos.

El puente no se ve como se estriba, sale entre los árboles y desaparece entre los árboles. Una experiencia plástica y resistente de primera magnitud.

En el caso de Fernández Casado (1905-1988) he elegido una familia de puentes que estimo en gran manera y que configuran perfectamente sus planteamientos conceptuales más profundos. Me estoy refiriendo a los puentes de altura estricta, desarrollados a lo largo de los años 1930-1940, Fig. 10. Su diseño recoge la estructura adintelada en su más clásica acepción. Su forma y proporciones se adecuan en condiciones exactas a la distribución de esfuerzos y a la simplicidad de ejecución, dando lugar a obras estrictas. Están formadas por una serie de vigas longitudinales en doble T, de canto variable con losa inferior en la zona de apoyos, lo que determina, en esa zona, con la losa superior y las almas una auténtica losa aligerada de gran rigidez a flexión y a torsión.

Son de luces moderadas, no mayores de 40 m. y están pensadas con espíritu de catálogo, a ser reproducido por otros diseñadores, de hecho se realizaron más de 50 puentes de este tipo en aquella época.

La naturalidad con que Fernández Casado enfrenta el problema del puente es asombrosa. Dice "Al imaginar el puente estamos en relación armoniosa con el mundo físico reforzada ahora por la tendencia a economizar en todas las direcciones. Que se arranque lo menos posible del mineral de la mina, que la menor cantidad de piedra y arena se desvíen de



Fig. 8. Puente de Salgina Tobel. R.

su proceso evolutivo, que se consuma el mínimo de combustible en transportes y se introduzcan las menos ideas nuevas en el paisaje". Todo un manifiesto que bien quisiera haberlo firmado el más empecinado ecologista. No sé si estoy de acuerdo con estas afirmaciones en toda la amplitud de su significado pero hay que reconocer toda una manera de enfrentarse con lo natural y la naturaleza que se refleja en la morfología de sus puentes de altura estricta.

La relación de la obra con el paisaje le importa mucho "El artificio del puente ha de quedar montado sobre lo natural del mundo físico, alterando el equilibrio existente con uno nuevo, que si ha de per-

sistir tiene que ajustarse también a las leyes naturales. En este ajuste de naturalidad y artificio rige lo económico para que la perturbación sea mínima".

Podría parecer que los puentes de una colección ajustan mal a esa especie de conclusión previa que surge cuando se habla de relación de obra con el paisaje en la que se entrevé una especie de relación única-biunívoca entre puente y paisaje.

Y sin embargo la colección se ajusta muy bien a cualquier paisaje. Y la razón es su diseño, un diseño horizontal, mínimo, estricto, con pilas verticales, geometría casi pura. Se ajusta muy bien, combina perfectamente cualquiera que sea la morfología del terreno donde se instala. Es una de las potencias de las geometrías simples. Puentes más sofisticados como se pueden hacer ahora y también se hacían antes, pueden tener algún problema estético serio de composición en muchos terrenos.

Y es que aquí se plantea un problema importante como es la configuración del nuevo entorno, puente + paisaje natural. Yo creo que ninguno de los tres ingenieros que tratamos en este apartado se preocupa especialmente, en los puentes comentados, por la relación de su obra con el paisaje y hay que decir que en los tres casos está bien. Ya hemos hablado de



Fig. 9. Puente de Schwandbach. R. Maillart.

los puentes de altura estricta de Fernández Casado pero casi lo mismo podríamos decir de los otros dos. Freyssinet hace unos puentes prodigiosos, mínimos, ajustados, estrictos, con una ambición ingenieril insuperable, todo un ejemplo de diseño ecológico, aunque esto no se le habría pasado por la cabeza, pero las obras mínimas funcionan muy bien en contacto con la naturaleza. Y lo mismo podríamos decir del trabajo de Maillart de los dos puentes expuestos. Nada que decir más allá de lo dicho del puente de Salgina Tobel. Pero si nos fijamos en el resto de los puentes construidos de esta familia, todos participan de una cualidad idéntica y buena. Todos son arcos inferiores al tablero y todos tiene una relación flecha/luz muy pequeña y esta es una propiedad esencial. Aunque se trata de arcos, cuyo defecto, a mi entender, ya he expuesto, se trata de arcos muy rebajados y esto siempre funcionan visualmente muy bien, tienen tensión, el hormigón se acopla a una geometría estricta que resiste produciendo grandes esfuerzos equilibrados.

Y hay un concepto sobre el que conviene insistir en la relación de la obra con el paisaje. Cuando acabo de decir que a ninguno de los tres ingenieros les preocupe su relación de la obra con el paisaje entraría en contradicción por lo menos con respecto a la manera de pensar de Fernández Casado que tanto y tan bien ha escrito sobre la relaciones de la obra con la naturaleza. Pero hay que ponerse en la mente de un diseñador. Cuando éste se enfrenta con un puente determinado en una determinada localidad es muy probable que ya tenga en mente el puente que quiere hacer. Cuanto más joven es el diseñador su interés en hacer un determinado puente, saltar una determinada luz, es más fuerte. Le impide hacerse otras consideraciones. Puede decir "nunca he hecho un puente atirantado y aquí tengo ocasión de hacerlo", y está ciego a otras consideraciones. Cuando ya se tiene más experiencia y las ansias han perdido intensidad y es capaz de contemplar todo lo que sabe ante un problema determinado, elige en función de mil otras consideraciones para él importantes.

Pero pararse a descubrir a que le conduce el terreno, su morfología, en el



Fig. 10. Puente del Pardo. Carlos Fernández Casado.

diseño del puente es muy difícil. Aunque hay formidables ejemplos de relación del puente con el paisaje, también hay soluciones esplendidas y distintas en paisajes similares. Tanto en arquitectura como en ingeniería encontramos en paisajes con fuerte personalidad y acentuados relieves, soluciones muy diferentes, hasta contrapuestas, las cuales están muy bien. Y esta

"A veces el puente está encajado en el terreno y a veces no. No hay reglas"

es la gran incógnita, a veces encontramos que el puente está formidablemente encajado en el terreno y a veces resulta que no. No hay reglas, no puede haberlas.

Cuando decía que tanto Freyssinet, como Maillart, como Fernández Casado no hayan expresado ninguna preocupación especial al diseñar sus puentes en la morfología del terreno es cierto. Ya hemos visto como el Salgina Tobel está repetido en terrenos absolutamente contrarios en puentes sobre ríos.

No me cabe duda que cuando Freyssi-

net enfrenta por vez primera en Lucancy, los puentes de Marne, su preocupación es hacer un puente pretensado en dintel recto que resolviese el difícil problema de realizar una gran luz sobre río, cuando las vías de acceso están en los bordes longitudinales, a poca distancia del agua. Era sustituir el puente arco con tablero inferior que era la solución habitual. Se podría decir que no levantar, casi nada, la estructura sobre el terreno era su interpretación del problema puente-paisaje. Sin embargo yo creo que no, su problema era hacer un puente pretensado, en dintel recto, y sus problemas de construcción y encontró, a la manera de encontrar de Picasso, una maravillosa relaciones entre puente-paisaje.

Y de manera similar podríamos argumentar sobre los puentes de altura estricta de Fernández Casado. Probablemente, de los tres, son los puentes más intelectuales, más estrictos. Menos pensados para un lugar con una morfología determinada.

De todas maneras hay casos que están claros. Desde luego entre dos laderas inclinadas, un puente de arco queda bien, es cierto, pero también un puente pórtico y una viga biapoyada recta con atirantamiento inferior o simplemente una viga biapoyada, Casi todas las morfologías, si están bien diseñadas, quedan bien. Sólo pondría yo "peros" a una solución atirantada por encima del tablero. ■

Proyectar desde la emoción

RAÚL ESCRIVÁ

INGENIERO DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS DE VALENCIA. PROFESOR COLABORADOR EN DISEÑO DE ESTRUCTURAS EN LA ESCUELA DE ARQUITECTURA DE LA UNIVERSIDAD DE NAVARRA.

En el proceso creativo de proyectar partimos de que toda obra debe ser bella e integrada. Creemos que toda obra debe transmitir una emoción.

A la hora de proyectar hacemos un planteamiento general desde los distintos campos (sociología, planeamiento urbanístico, entorno, paisaje, presupuesto etc.) En el planeamiento ya nos encontramos situados emocionalmente en el problema. Desde ahí enunciamos la función, cargada de muchos componentes que la condicionan. Sabemos que todos esos elementos implicados en el proceso se dirigen a resolver la función, punto de partida del proyectar. Sin embargo no entendemos el proyecto como herramienta para alcanzar un fin, la obra. Podríamos sustituir el diseño por la herramienta en la ingeniería, pero nos estaríamos alejando de nuestra auténtica tarea de proyectar. Por ello buscamos el diseño en el proceso creativo, para que la función sea resuelta de una manera óptima, nuestra única manera de materializar el objeto estructural.

Pensamos que la obra se diseña desde la emoción que genera el proceso intrínseco de proyectar. La emoción se suscita buscando la forma que enhebra los distintos componentes del proyecto. Nos acercamos a la forma a través de las muchas aproximaciones que asumimos, los numerosos tanteos, las pruebas, las versiones que van estrechando el cerco de la idea que suscitó nuestra emoción. A la expresión formal se le une la búsqueda del material para que forma y materia se acerquen y formen un todo único. En el proceso nos acompañan elementos, condicionantes que debemos ir adaptando en nuestro viaje hacia la idea y hacia la penetración de materia y forma en el objeto formando un todo único como punto de llegada. Vemos

el objeto final como resultado de una expresión de materia y forma.

Creemos que los condicionantes del proyecto no son obstáculos sino caminos por los que se viaja hacia la plasmación de esa emoción en la obra. Esos caminos muchas veces se convierten en premisas en las diferentes aproximaciones hacia el objeto. Son pistas que nos conducen hacia el desenlace del proceso creativo. No nos aproximamos a esos condicionantes desde el miedo al obstáculo, sino desde la confianza a seguir en el proceso creativo, resolviendo así las distintas fases del proyecto en su evolución.

Nos acercamos a la Pasarela de San Jorge con una longitud de 107 metros y dos vanos de 55,5 y 51,5 metros que se apoya en una pila central forrada con piedra calcarenita. Formada por dos vigas cajón paralelas de acero corten rectangulares que conforman también la barandilla. Estas dos vigas de trazado curvo en S están unidas entre sí de manera radial con perfiles de ese mismo material. Sobre ellos, se colocan los solivos de madera en los que se apoya el pavimento de tarima.



Pasarela de San Jorge.

Este diseño busca relacionar la tradición de los puentes medievales con una imagen de barandillas macizas, tajamares de piedra, y camino curvo mediante la innovación de una estructura tridimensional en acero cortén. Resolvemos la pasarela como un objeto en tres dimensiones, donde ninguna visual coincide desde ningún ángulo, ofreciendo diferentes vistas en su tránsito como si se trata de un móvil que cambia de forma con el movimiento de la gente. Se ofrecen distintos paisajes que fluctúan por las curvas de su trazado en el juego de calidez de colores que otorga el acero y la madera del pavimento. ■

*Toqué la madera de tu puente.
Rompía el aire y no era árbol.
De la fragua salió metal y rojo
Y fue a parar a tus manos
Sólo mineral.
Sacaste a la vida el acero
Flambeante como la llama
Que labra el aire
Y se curva insumisa
Hasta que el camino se trace.
Mil vistas
En una sola puesta de largo.
De niveles habla
El arte y la poesía
Y el puente serpentina
Reduce a todos
A un solo lenguaje.
Rojo sangre que se enciende
Con la lluvia.
Desde el camino encerrado
En los árboles primavera.
Como una O universal
Abre al caminante
Mil distintos de lo mismo.
Carpintero de madera metal sueño.
Al caminante ofrendas
Tu sangre de enamorado*

Usaria del puente



Estado actual.

La desnudez forzada del puente de George Washington en Nueva York

CARLOS NARDIZ

DR. INGENIERO DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS POR LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID. PROFESOR DE ORDENACIÓN DEL TERRITORIO Y URBANISMO, TRANSPORTE Y TERRITORIO, PAISAJE EN LA INGENIERÍA EN LA UNIVERSIDAD DE A CORUÑA.

El puente de George Washington sobre el río Hudson en Nueva York, decía Le Corbusier en 1947, era el puente más bello del mundo: "su estructura es tan pura, tan bien resuelta, tan regular que aquí la arquitectura del hierro parece un hazmerreir". De la misma opinión era Mies Van der Rohe, que a pesar de estar contruidos en esos momentos los principales rascacielos de Nueva York, consideraba este puente como su construcción favorita.

El puente, proyectado por el ingeniero suizo Othmar Ammann para unir Manhattan con New Jersey entre Fort Washington y Fort Lee, formaba parte del programa de Robert Moses, el gran constructor de Nueva York de las primeras décadas del siglo XX, para convertir las nuevas vías parque y las nuevas autopistas, en los elementos fundamenta-

les de expansión suburbana de Nueva York hacia la periferia (New Jersey, Long Island) más allá del crecimiento que se estaba produciendo en torno a Brooklyn. Los nuevos puentes de carretera

"... decía Le Corbusier que era el puente más bello del mundo..."

y ferrocarril sobre el East River, contruidos en las primeras décadas del siglo XX: Williamsburg (1903), Manhattan (1909) y Queensboro (1905) garantizaban la integración en Manhattan tanto

de Brooklyn como del barrio residencial de Queens, a mayores del crecimiento marginal del Bronx.

Con el puente de George Washington, terminado en 1931, Ammann había cumplido el sueño de su maestro Gustav Lindenthal, que ya en 1890 había realizado un primer diseño de puente colgante para el nuevo puente sobre el río Hudson, una vez superado el East River por el puente Brooklyn, terminado en 1883. A Lindenthal se le considera el autor del puente Cantilever de Queensboro (1909) y del puente arco de Hell Gate (1917), también sobre el río East en Nueva York. En este puente el arco aparece contrarrestado por dos estribos de piedra, rematados con cuatro pilonos, con los que se relaciona la cabeza superior, en cuyo proyecto fue ayudado por dos entonces jóvenes ingenieros, Ammann y Stein-

man que luego van a seguir caminos separados compitiendo entre ellos, precisamente en el proyecto de puentes colgantes. La fuerza de la ingeniería, caerá sin embargo del lado de Ammann con el puente de George Washington (1068 m de luz), aunque al mismo tiempo estuviese proyectando el Puente arco de Bayonna sobre el Kill Van Kul (503,55 m de luz), también en Nueva York, y consiguiese con estos dos puentes record de luz del mundo, superando incluso en este último caso la luz del puente de Sidney, terminado cuatro meses antes, pero con 63 cm menos de luz.

David B. Steinman en el libro "Puentes y sus constructores (1979, 1ª ed. 1941), hace una pequeña referencia a la vida de Amman diciendo que quería construir puentes y construirlos más largos que todos los anteriores a él. También en este libro Steinman hace referencia a que "artísticamente, el carácter de un puente colgante está fuertemente determinado por el diseño de las torres", defendiendo la torre oscilante, por ser el diseño más económico y científico para las torres de los puentes colgantes, que el había aplicado en su puente de Florianópolis en Brasil, frente a las torres rígidas de piedra del puente de Brooklyn, o de acero del puente de Williamsburg, ambos en Nueva York. Por el contrario en el puente próximo al de Brooklyn, el puente de Manhattan (1909), las pilas son flexibles, dando un paso intermedio hacia la reducción de los esfuerzos de las torres, suponiendo en esos momentos un paso muy importante respecto a la apariencia desafortunada de las torres de acero del puente de Williamsburg. Para Steinman, el puente colgante de Manhattan, arquitectónica y estructuralmente debe ser incluido entre las grandes obras de ingeniería del siglo XX. Del puente de George Washington en el mismo libro, Steinman nos cuenta el proceso de su proyecto y su construcción, atribuyendo el diseño y la construcción a la "Port of New York Authority", bajo la dirección de O. H. Ammann, con Cass Gilbert como arquitecto consultor.

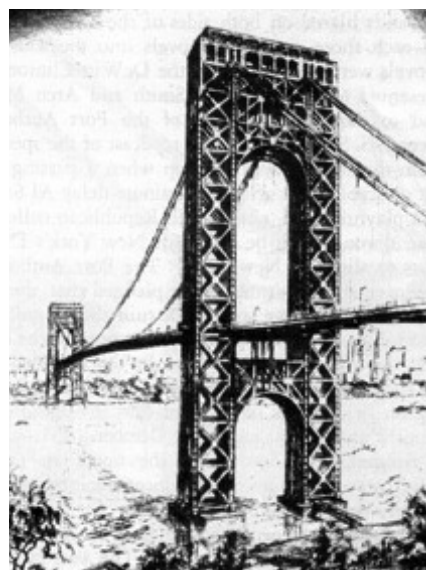
¿Quién era Cass Gilbert, y por qué un arquitecto tenía que acompañar en este caso a un ingeniero civil en el diseño del puente, con un tratamiento del revesti-

miento que luego no se construyó y que está detrás de la desnudez forzada de las torres del puente de George Washington en Nueva York? La historia nos la cuenta Sharon Reier en su libro "The Bridges of New York" (1977) y a ella también se refería Miguel Aguiló en un espléndido artículo en la Revista de Obras Públicas (septiembre 1983) sobre la "Función y diseño en las torres de los puentes colgantes" escrito pocos años después de haber traducido el libro de Steinman para el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

"le acompañaba un arquitecto que hacía de consultor de los problemas estéticos"

LA POLÉMICA SOBRE EL REVESTIMIENTO DE LAS TORRES.

Cass Gilbert era el arquitecto proyectista del edificio Woolworth en Nueva York, la segunda torre de gran altura levantada en Manhattan entre 1910 y 1913 después del Flatiron (1901, 1902), que coincidía con el anterior en la estructura metálica y el revestimiento de piedra, aunque en el caso del edificio Woolworth el "revival" gótico de su cerramiento en piedra (una



Propuesta sin revestir.

especie de muro cortina), y su mayor altura (55 pisos), le convirtió en la imagen de los nuevos rascacielos hasta finales de los años 20. La forma que le dio a este edificio, y al posterior de 1917 (edificio Studio) también con reminiscencias neogóticas, convirtió a este arquitecto en una referencia de los problemas estéticos antes de la Gran Depresión de 1929.

En los puentes, como ocurrirá con otros proyectistas después de los años 30, al ingeniero director (o jefe), aparte de los demás ingenieros civiles que le acompañaban en el proyecto, como ingenieros consultores, le acompañaba un arquitecto que hacía de consultor de los problemas estéticos. Esta práctica estaba generalizada entonces en América y en Europa, incluso en nuestro país en las primeras décadas del siglo (ver por ejemplo el artículo de Vicente Machimbarrera en la ROP, de enero de 1924, sobre "Arquitectura e Ingeniería") y se continuó después en el caso de los puentes urbanos o más singulares en Europa, como vemos en el proyecto reciente del viaducto Millau, proyectado por Vir-longeux y Foster, curiosamente con la intervención de Foster al igual que Cass Gilbert en las torres.

Ammann había proyectado de hormigón con esqueleto metálico las dos torres del puente de George Washington con el vano central de 1068 m los dos vanos laterales (de 186 m y 198 m respectivamente) para sostener los dos tableros de la carretera que en total albergaban ocho carriles. El cerramiento en hormigón y piedra de las dos torres se pensaba en construirlo después, una vez terminada la estructura metálica del puente, con sus torres, cables y tableros.

Cuando las torres metálicas estaban completas, cuenta Sharon Reier, sobrevino la Gran Depresión, y el coste del revestimiento hizo dudar a la Autoridad Portuaria de Nueva York la disponibilidad de fondos para el mismo, hasta el punto que varios periódicos e ingenieros comenzaron a admitir que las torres metálicas era un complemento magnífico del río, y que el revestimiento en hormigón y piedra no era necesario. Así se manifestaba León Moisseiff, que había actuado como consultor ingeniero de este puente y en el de

Manhattan, y que luego proyectaría el puente Tacoma. Por otra parte, los dos puentes anteriores en Nueva York sobre el East River, tenían torres con estructuras metálicas, desafortunadas como en el puente de Williamsburg (por ser la primera torre que se hizo totalmente metálica, en 1903) y afortunadas como en el puente de Manhattan, que mezclan sus silueta con las torres de piedra del puente de Brooklyn.

Miguel Aguiló (1983) que recoge también esta polémica, dice que la intervención de Moisseiff, respondía a una campaña del propio puerto de Nueva York a favor de la "nueva estética" para abaratar el coste, que consideraba incluso más barato el mantenimiento periódico de la estructura metálica que el revestimiento en hormigón y piedra.

El propio Ammann salió en defensa del revestimiento, con una carta en la que consideraba las torres formadas por el entramado metálico visto un buen diseño, pero creía que la apariencia de las torres resultaría realizada por un cerramiento con un tratamiento arquitectónico como el desarrollado por el arquitecto Cass Gilbert: "La cubrición de la estructura metálica no altera ni denigra su propuesta, más de lo que los muros exteriores de un moderno rascacielos destruyen la función del oculto esqueleto, excepto para los no iniciados" (citado también por Miguel Aguiló, 1983).

Pero no es lo mismo un rascacielos de los años 20 o 30, que se relaciona con otros edificios en aquellos espacios construidos también con revestimientos de piedra en una calle de Manhattan en Nueva York, que las torres metálicas del puente de George Washington, enmarcando el tramo central del tablero colgante, en las propias márgenes del río Hudson, debido a la menor longitud de los tramos laterales. Aunque esta visión solo se tiene navegando por el centro del propio río, como la imagen que reproduce Elizabeth B. Mock (1949) en su libro "Architecture of Bridges" (1949), el recorrido de la margen izquierda de Manhattan, desde la calle que discurre elevada sobre el Fort Washington Park, nos va acercando progresivamente a la fuerza visual que tiene la desnudez de estas dos torres metálicas

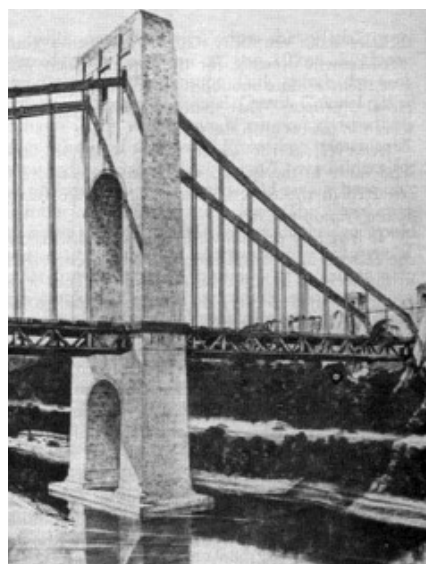
y que de forma acertada, aunque fuese forzada por la insuficiencia de recursos económicos, se dejaron sin revestir.

Esta fuerza visual, ya fue detectada por los propios habitantes de Nueva York, pues, como reproduce Sharon Reier y también recoge Elizabeth Mock, la propia población se opuso al revestimiento atraída por la ligereza del entramado metálico de las torres. Hay que estar por tanto en desacuerdo con la cita que recoge Miguel Aguiló de C. W. Condit *The American building art: The nineteenth century* (1960) en la que dice que

"La fuerza visual de las torres ya fue detectada por los habitantes de Nueva York"

"El desnudo esqueleto metálico de las torres es poco atractivo en sí mismo, sus proporciones carecen de gracia, no armonizan con el vano colgado y el encuentro del arco con los elementos rectos está muy mal resuelto".

Los dibujos de Cass Gilbert que se reproducen en el libro de Sharon Reier eran ya impropios de la época, aunque estaban condicionados por el propio revestimiento de hormigón del esqueleto



Propuesta con revestimiento.

metálico, defendido inicialmente por Ammann por precaución, aunque sabía que las torres no necesitaban el revestimiento de hormigón. Tanto es así que el propio Ammann, cuando proyectó sus siguientes puentes colgantes en Nueva York, el puente Triborough (inaugurado en 1936), el puente Bronx Whitestone (inaugurado en 1939) ambos sobre el East River, para dar continuidad a la red de autopistas planificadas por Robert Moses, utiliza torres metálicas flexibles sin ninguna concesión al revestimiento o a la decoración. Incluso las propias pilas de las estructuras del puente Bayonna habían quedado sin revestir.

A partir de este momento ya nadie volverá a reclamar el revestimiento de las torres metálicas como muestran los puentes que fueron record de luz a partir de entonces como el Puente de Golden Gate en San Francisco (1933-1937) de Joseph B. Strauss (en el que colaboraron como consultores los ingenieros Ammann y Moisseiff y como arquitecto Irving F. Morrow), el puente de Mackinac Straits (1957) de Steinman de 1158 m de luz, o el puente en el que el propio Ammann proyectó en la desembocadura del río Hudson en Nueva York, el Puente de Verrazano (1964), en el que las placas metálicas de las torres que le habían permitido en los años 30 construir las torres del puente de Bronx Whitestone, fueron la base para el diseño de las torres de un puente colgante de 1.298,45 m de luz que volvía a tener el record de luz del mundo. En la rivalidad entre Steinman y Ammann, de cuya biografía del primero se hace eco Miguel Aguiló en la introducción del libro "Puentes y sus constructores" (1979), y de cuya biografía del segundo se hace eco por ejemplo, Sharon Reier (1977) y más recientemente David Bennett "The Creation of Bridges" (1999), hay algo de la rivalidad entre Salieri y Mozart, pero esta historia que está también en la competencia de otros proyectistas de puentes, rebasa ya los objetivos de este artículo al igual que la polémica entre los arquitectos y los ingenieros, que viene ya del siglo XIX y que se manifestó aparte de en el proyecto de los puentes, en determinados edificios públicos o en el proyecto de las estaciones de ferrocarril. ■

Tipo y crítica para comprender lo construido

MIGUEL AGUILÓ

DR. INGENIERO DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS. LICENCIADO EN CIENCIAS ECONÓMICAS. CATEDRÁTICO DE ESTÉTICA Y PAISAJE DE INGENIERÍA CIVIL EN LA UP DE MADRID. PRESIDENTE-FUNDADOR DE LA FUNDACIÓN INGENIERÍA Y SOCIEDAD

Para comprender la ingeniería civil en su compleja plenitud no es suficiente referirse sólo a las obras. Desde luego, tampoco y mucho menos a las políticas y planes de actuación que las impulsan y ponen en práctica. Desde ese punto de vista, las obras se resuelven en su carácter instrumental como meras piezas de políticas de transporte o empleo que necesitan, precisamente, relativizar la importancia de cada obra para reafirmar su existencia de papel. Y no es que estos planes o políticas no tengan importancia: son fundamentales tanto en sí mismos por sus propios fines, como en su relevancia para la historia y la geografía de un país. Estos documentos contribuyen decisivamente a establecer las razones de necesidad que motivan la obra y a entender mejor su función.

Tampoco la vida y milagros de unos pocos ingenieros excelsos, por sí misma, arrojaría suficiente luz para entender la ingeniería. Desde luego, conocer su vida y circunstancias resultará útil para relacionar las obras con la cultura de su tiempo, tanto estética como tecnológicamente, pues hay estilos y escuelas que se impregnan en las obras y facilitan su reconocimiento.

Pero, como señala Hegel, las obras... no son más que lo que son para nosotros, bellos frutos caídos del árbol. No hay ya la verdadera vida de su existencia, no hay el árbol que las produjo, no hay la tierra ni los elementos que eran su substancia ni el clima que constituía su determinación, ni el cambio de las estaciones que dominaba el proceso de su llegar a ser. Con las obras de aquel arte, el destino no nos trae su mundo, ni la primavera ni el verano de la vida moral en la que florecieron y



Encauzamiento dentro la ciudad de Mallorca.

maduraron, sino sólo el recuerdo velado de aquella realidad.

La investigación de lo ocasional que complementa el significado de las obras de arte no está en condiciones de restituir éste: siguen siendo frutos arrancados del árbol... El principio de investigación de la historia del arte no es, como todo comportamiento histórico, más que un quehacer externo. Para Hegel, la esencia del espíritu histórico no consiste en la restitución del pasado sino en la mediación del pensamiento con la vida actual.

Pero todo ello sirve para abrir camino al establecimiento de relaciones de afinidad o discrepancia entre las distintas obras. Y es ahí donde esta la clave para penetrar en el conocimiento de la ingeniería. Pues, aunque las obras son la materia prima irremplazable para comprender la ingeniería, no bastará conside-

rarlas como entes aislados. Será necesario relacionar unas con otras y dar cuerpo por medio de esas relaciones al conjunto indiferenciado de entes. De ahí deberá surgir un origen de sentido que proporcione apoyo a lo que se intenta hacer, que sirva de ayuda para resolver el problema que se afronta en el momento del diseño.

Del lado tecnológico eso se logra por medio de la idea de tipo y del lado estético a través de la crítica que, en cierto modo, engloba también al tipo. Inmediatamente, es preciso recalcar que tipo y crítica no son instrumentos deterministas ni inapelables. El tipo no debe confundirse con la clasificación y la crítica no resulta de la aplicación de reglas precisas. La clasificación y la regla son instrumentos del conocimiento científico pero no permiten abarcar la compleja y diversa realidad de lo construido.



Dos soluciones para la misma función, en el Llobregat; el inferior de Fernández Ordóñez.

El tipo se constituye como destilado de un proceso de apreciación de similitudes y diferencias entre obras dispares.

La crítica se formula como discurso de profundización en el conocimiento de la obra e intenta penetrar en su sentido.

Indiscutiblemente, ambos son instrumentos de conocimiento pero se activan en estrecha vinculación con quien los utiliza. No son reproducibles por otros sujetos, ni siquiera por el mismo sujeto en otro momento. Por ello, tipo y crítica no pertenecen al método científico. Y esto no constituye una desventaja sino que es precisamente la clave de su pertinencia para el estudio de lo construido.

Pues la ingeniería no es el resultado de la aplicación de la ciencia a problemas concretos, como rutinariamente explican muchas meditaciones sobre la técnica. Por supuesto, utiliza los conocimientos científicos, como la cocina o tantas otras actividades humanas, pero en absoluto se agota en ellos y necesita otros saberes y actitudes.

Por el contrario, la ingeniería se relaciona con la ciencia desde una posición fundamentalmente activa, de planteamientos, preguntas y exigencias. Como cualquier técnica o actividad humana, la ingeniería civil utiliza conocimientos científicos, pero lo hace desde una clara vinculación a la solución de problemas.

A priori, los tipos concretan suficientemente el contenido tecnológico para que el diseño fije la forma única, individual e irrepetible de cada obra pues, en ingeniería civil, la copia no es posible por su dependencia del sitio. Aunque los tipos son abstracciones, se concretan como esquemas previos. Tienen, por así decirlo, una imagen y en ella acceden a su manifestación sensible y llena de sentido. Así,

“El tipo como destilado de un proceso de apreciación entre obras dispares.”

los esquemas previos que propone el tipo son configurados y conformados por el diseño en cada obra, de acuerdo con las sugerencias o limitaciones del contexto y según la creatividad del diseñador.

A posteriori, la crítica opera a tres niveles que funcionan como esferas concéntricas. El nivel tecnológico-hermenéutico desarrolla la interpretación de la obra, el nivel fisiognómico la sitúa tanto en los órdenes históricos como los naturales según las semejanzas detectadas, y

el nivel expresivo resuelve su totalidad en una imagen, un carácter, un gesto. Todo crítico auténtico transcurre a través de estos tres ámbitos, deteniéndose según su propia índole más o menos en cada uno de ellos. Así, los contenidos de la obra se relacionan con los de sus precedentes y coetáneas para desvelar lo que tiene de innovación tecnológica y formal. Y con ello vienen las pistas para encontrar su sentido.

Lo construido remite más allá de sí mismo en una doble dirección. La obra está motivada por el objetivo al que debe servir pero resulta claramente influenciada por el lugar que ha de ocupar en un determinado contexto espacial. Pero este condicionamiento no debe entenderse como limitación sino como posibilidad, en tanto que la obra no puede ser sin el sitio y será valorada no sólo por cómo cumple su función, sino por lo que aporta al sitio para convertirlo en lugar.

Cuando decimos de una obra lograda que es una solución feliz queremos decir con ello tanto que cumple perfectamente la determinación de su objetivo, como que aporta por su construcción algo nuevo al contexto espacial [urbano o paisajístico]. La misma obra [arquitectónica] representa por ésta su doble inordinación un verdadero incremento de ser, es decir, es una obra de arte. ■

La Nueva Poliorcética y la Estética en la Ingeniería Civil

JOAQUÍN CATALÁ

DR. INGENIERO DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS. CATEDRÁTICO DE PROYECTOS ETSICCP DE VALENCIA

Para que se entienda el objetivo que pretende el autor de estos párrafos, será necesario que los iniciemos con alguna definición.

Poliorcética es un término del ámbito militar aplicado, desde hace centurias, al “ataque y defensa de fortalezas”, si bien, en un principio, sólo se aplicase al ataque, a la fase de intento de toma de las plazas fuertes mediante métodos usados en épocas pretéritas: catapultas, torres de asalto, minas para alcanzar las bases de las murallas, etc.

¿Qué tiene que ver pues este término con el título de la exposición? Quizás no se entendería sin una definición adicional, una definición muy personal, que el autor ya ha aplicado a diversos y muy distintos ámbitos, por lo cual pide las pertinentes excusas, no tanto por aplicarla, como por el hecho de atreverse a intentar acuñarlo. Me refiero al “concepto” de “Nueva Poliorcética”, al término que abarcaría cualquier intento de ataque a cualquier bien de interés social y la correspondiente defensa que del mismo se ponga en práctica. Un ejemplo: los ataques que deben soportar los bienes patrimoniales (verbigracia, los puentes de piedra del viejo cauce del Turia a su paso por Valencia) y las acciones (u omisiones) que los responsables de aquéllos deberían acometer... y no acometen. Intentemos razonar aplicando este concepto, este término, a nuestro caso, el de la Estética en la Ingeniería Civil

Nos limitaremos a mencionar un par de casos, que intentaremos generalizar, dejando al lector, a modo de lista abierta, la posibilidad de añadir otras, que agradeceríamos pusiera en conocimiento de todos, especialmente de quien esto suscribe.

Nos preguntamos, para empezar,

sobre el planteamiento estético del nuevo puente del Arquitecto, e Ingeniero Civil, Santiago Calatrava en Valencia, el denominado Puente del Assut de l'Or. Observen ustedes las fotos que acompañamos, naturalmente elegidas a pulso para resaltar nuestras intenciones, nuestra idea.

Es curioso, pero, cuando iniciamos la búsqueda de información, y de fotografías de referencia, en la mayoría de éstas se veía el puente exento, sin que se viese afectado visualmente por las grandes obras adjuntas, inmediatas al propio puente. Como verán, hemos hecho lo mismo, de forma también sesgada, pero en sentido contrario.

Porque de eso se trata, no del valor estético intrínseco del puente, que no ponemos en duda (aunque uno, que aprecia, y ha defendido, ese parámetro, el estético, como uno de sus valores, ha debido escuchar otras opiniones contrarias), sino de la estética en relación con su entorno.

Surgió la idea cuando uno de nuestros alumnos extranjeros nos dio la clave: “me ha sido difícil encontrar una perspectiva para fotografiar el puente”, dijo. En las fotos adjuntas se puede apreciar parcialmente este aspecto.

Cuando se diseñó el puente, cuando (si) se consideraron diferentes alternativas, ¿el autor previó el efecto estético del entorno, la repercusión visual de las líneas arquitectónicas del Museo Príncipe Felipe, tan originales como agresivas, en el nuevo puente? Y, del otro lado, ¿se tuvieron en cuenta las líneas estructurales de la entonces futura, hoy hermosa realidad, del Ágora? Es evidente que las mencionadas líneas se entrecruzan visualmente, desde determinadas perspectivas, entre sí y con las líneas rectas de los cables del atirantado del puente. Si se pretendió tal efecto estético nada habría que objetar, ya que es, debe ser, potestad del autor, del diseñador, y a los demás sólo nos quedaría el derecho a disentir. Si no fue así...



La Ciudad de las Artes, el entorno.



La Ciudad de las Artes, el detalle.

Si no fue así ¿no estaríamos ante una Nueva Poliorcética, en este caso en claro ataque a la Estética? Y entonces cabría preguntarse la causa de tal ataque: ¿la preponderancia de otros parámetros sobre el estético, o su no consideración?, ¿el deseo del autor de usar determinada tipología estructural, sin más?, ¿el interés en realizar un elemento alternativo a la torre de comunicaciones que en su día se planteó?...

¿Por qué no se consideró (si así fue o no lo ignoramos), la estética del puente diseñado en relación con su entorno, en este caso con los edificios tan singulares y extraordinarios... y tan cercanos? Sin olvidar que, para cubrir las necesidades, los objetivos, tan importantes del puente como obra de ingeniería, quizás hubiese bastado con alguna tipología más sencilla, que no elevase su estructura por encima de su tablero, para no interferir visualmente con las estructuras colindantes mencionadas. Y seguramente hubiese sido menos cotoso.

Y en relación con la defensa ¿qué se podría decir?: ¿qué defensa, qué controles han podido establecerse para salvaguardar la estética del puente y de su entorno? Por ejemplo, ciertos pasos de los procedimientos administrativos (que en otros ámbitos pueden ejercer un valor poliorcético defensivo) quizás aquí han brillado por su ausencia (recuerde el lector que la omisión también la podemos considerar un ataque en el sentido polior-

cético). Nadie le puso el cascabel a este gato, o no se quiso, o no se pudo. O quizás nadie advirtió el "problema". ¿Qué es peor poliorcéticamente hablando?

Insistimos en la necesidad de generalizar el ejemplo, en el hecho de querer resaltar, no tanto el caso de puente del Assut de l'Or, como su generalización: la afectación a su entorno de las obras de Ingeniería Civil, bien se trate éste, el

"Nueva Poliorcética sería la defensa de un bien social"

entorno, de otras obras, como en este caso, o de paisajes naturales, por ejemplo.

Pero, al menos, comentemos otro caso, bien diferente, de Nueva Poliorcética actuando frente a la Estética en la Ingeniería Civil, el de la falta de formación, incluso de investigación, en el ámbito de la Ingeniería Civil.

Para ello debo remitirme, y pido nuevas excusas, al artículo suscrito por el autor en el anterior número de esta revista, y a su contenido y argumentos.

¿O no se podría considerar como Nueva Poliorcética, como ataque a la Estética en la Ingeniería Civil, precisamente la carencia de formación sobre

ella, o sobre creatividad o diseño, en los Planes de Estudio de nuestras escuelas?

¿Y el rechazo constante, insistente, de los responsables de su implantación, la de los Planes de Estudio, a su inclusión como materia obligatoria? Parece que sólo importan los cálculos, la base científica, los fundamentos técnicos... que se deben potenciar, ¿cómo no! (nunca "negamos la mayor"). Pero, es evidente, no parece que importe en demasía el que nuestros alumnos sean también artistas, en el sentido más noble de la palabra.

Releyendo, como cada año, las asignaturas para la planificación del curso siguiente, observamos unas hojas de la Escuela de Caminos, la de Valencia, con el horario de las mismas. La de "Arte y Estética en la Ingeniería Civil" estaba entre las asignaturas de "Libre Elección" (¡ni siquiera es optativa!)... justo al lado de, por ejemplo, la asignatura "Pirotecnia", muy valenciana, por supuesto. ¡Sin comentarios!

El entorno, la formación... ¿se atreve el lector, como le proponíamos al principio, a unirse a la causa y añadir otros casos de Nueva Poliorcética afectando a la Estética en la Ingeniería Civil? Nos atrevemos a sugerir algunos: la preponderancia de los aspectos económicos y la no consideración de la Estética en su adecuada dimensión, los escasísimos plazos para el proceso de realización del proyecto y por tanto para el diseño, la (evidente) escasa formación en la faceta estética de quienes gestionan el proceso Proyecto Construcción, la falta de interés (y de formación, por supuesto) en esta variable por parte de los políticos que toman las decisiones en nombre de los propietarios, de la sociedad, etcétera.

Confío en no parecer, tampoco ser, demagógico en mi argumentación. En cualquier caso nuestro objetivo sería, es, abrir un cierto debate sobre los ataques que sufre la sociedad a partir del ataque (la Nueva Poliorcética) a la Estética de nuestras obras, las de Ingeniería Civil, y, si fuera posible, que, al mismo tiempo, pensáramos, entre todos, en la otra vertiente de la Poliorcética, la defensa frente a aquéllos, empezando, ¿por qué no?, por la reconsideración de la Estética en la educación, en la formación universitaria, en los procedimientos de gestión y de toma de decisiones, etc. ■

El puente de Saltash. 150 años de un diseño innovador

SANTIAGO HERNÁNDEZ

CATEDRÁTICO Y PROFESOR DE PUENTES DE LA ETS DE INGENIEROS DE C, C Y P DE CORUÑA. HA SIDO PROFESOR VISITANTE EN UNIVERSIDADES DE UK Y USA. FELLOW DE ASCE - ORGANIZADOR DEL CONGRESO ESTÉTICA E INGENIERIA CIVIL (2006)

El río Tamar separa los condados de Cornualles y Devon en el suroeste de Inglaterra y cuando, a mediados del siglo XIX se decidió crear una línea de ferrocarril que terminase con el secular aislamiento de esa parte de la isla con el resto del país, su ancho cauce constituía un obstáculo de gran dificultad para esa vía de comunicación.

El entorno geográfico era de gran relevancia histórica y tecnológica: En la parte oriental del estuario del río, en el lado de Devon, se encuentra la ciudad de Plymouth, cuyo puerto era de gran importancia en esa época pues cabe recordar que de él había partido en su tiempo el barco Mayflower que llevaba a los primeros emigrantes ingleses que habitaron América del Norte, los llamados padres peregrinos; asimismo, en las cercanías del puerto se encontraba el arrecife de Eddystone, donde se emplazaba el faro construido el 1759 por John Smeaton utilizando por primera vez el aglomerante hidráulico que sería conocido posteriormente como cemento Pórtland y que más adelante pasaría a constituir el elemento fundamental de un nuevo material, el hormigón, que sería uno de los protagonistas principales de la construcción de formidables estructuras desde comienzos del siglo XX.

Dada la importancia del emplazamiento, puede entenderse que la definición de un puente para albergar el ferrocarril estaba sujeta a la opinión de varias administraciones, entre las que no faltaba el Almirantazgo británico, no en vano se estaba en plena época en que se decía *Britain rules the waves* y la iniciativa fue objeto de grandes deba-

tes. Finalmente se decidió que el puente debería tener una altura libre superior a 30 m. para permitir el paso de navíos bajo el tablero y como lugar se eligió las afueras de la ciudad de Saltash, situada en el lado occidental de la desembocadura del Tamar, en el condado de Cornualles

“Sabía conseguir la aceptación del público para sus propuestas”

En el año 1846 se designó como responsable del diseño a Isambard Kingdom Brunel, seguramente el más afamado ingeniero de esa época en el Reino Unido. Descendiente de familia francesa, su padre huyó de Francia tras la revolución



Isambard Kingdom Brunel.

y se trasladó a Inglaterra, donde trabajó como ingeniero civil. Su hijo, nacido en 1806, fue educado en ambos países y destacó muy pronto en facetas muy variadas de la ingeniería. En el curso de su ejercicio profesional construyó canales, puentes, líneas ferroviarias, barcos y un rango muy variado de obras de finalidades muy variadas. Con solo 24 años ganó el concurso del diseño de un puente colgante en Bristol, que conocido habitualmente como Clifton Bridge constituye otra gran obra y que debido a las vicisitudes de acaecieron fue tristemente concluido tras la muerte de su autor.

Brunel es uno de los más genuinos representantes del éxito de la ingeniería en la era victoriana británica, no solo era brillante resolviendo problemas tecnológicos, sino que era persuasivo en sus discusiones con quienes tenían que financiar sus proyectos y sabía también conseguir la aceptación del público para sus propuestas. Esa mezcla de eficacia técnica y liderazgo social ha hecho que se le haya definido como “el profeta práctico”. No es de extrañar que se echen en falta personalidades como esa en la actualidad.

Por todo ello la elección de Brunel para llevar a cabo el proyecto y la construcción del puente era algo natural. Tras estudiar varias alternativas decidió un diseño para el tramo principal del puente formado por dos tramos isostáticos de 130 m. de vano, constituidos cada uno de ellos por una estructura metálica lenticular que apoyaba sobre pilastras de sillería. El diseño de esas estructuras era tremendamente innovador y aunque se le ha buscado algún antecedente en otros puentes de Robert Stephenson esas analogías no son adecuadas.



Imágen del puente de Saltash.

En las figuras adjuntas aparece el puente y un croquis de la estructura. La geometría lenticular está formada arriba por un tubo de gran diámetro y abajo por un elemento inferior más fino, resuelto con cadenas. El conjunto del cordón curvo tubular superior, las cadenas parabólicas inferiores y los arriostramientos en aspa, situados todos ellos sobre el tablero metálico puede dar una cierta idea inicial de confusión. Pero el esquema estructural es asombrosamente simple. Observando las figuras se comprende que las cargas del tráfico son transmitidas tanto a las cadenas como al tubo a través de unos perfiles verticales. De esta manera la ley parabólica de flexiones asociada a una carga distribuida en una viga biapoyada se resiste en este esquema mediante dos fuerzas concentradas, una en el cordón tubular y otra en las cadenas, que desde la pilastra al centro del vano están situadas a distancias progresivamente mayores, tal como resulta necesario.



Detalle del puente de Saltash.



Vista general del puente del Firth of Forth.

Brunel era consciente plenamente de la diferente capacidad del acero para soportar las cargas de compresión y las de tracción y de ello da muestra el dimensionado de los elementos principales del puente. Debido a la forma de trabajo de la estructura las cadenas curvas inferiores van a trabajar a tracción, por ello no es de temer problemas de inestabilidades elásticas y el dimensionado resultante es muy esbelto. Por el contrario el cordón tubular superior va a trabajar a compresión y para protegerlo frente a efectos de pandeo el tamaño resultante es de gran potencia. Por su parte los arriostramientos en aspa aumentan la rigidez global.

Esa utilización conjunta de cables y elementos tubulares en una celosía, aprovechando la forma de trabajo de cada uno de estos elementos, era muy novedosa y fue posible debido a la experiencia de Brunel en puentes colgantes, que era un tipo estructural en progresiva implantación en esa época. De hecho la competencia entre los puentes colgantes y los de celosía, especialmente los tipo cantilever, fue en aumento en la segunda mitad del siglo XX constituyendo una auténtica rivalidad titánica, pero esa es otra historia....

La construcción de este tipo de puentes era muy complicada dado que impli-

caba la construcción en taller de la celosía completa, su traslado hasta el emplazamiento del puente, su alojamiento en barcazas en el cauce del río y su posterior elevación hasta la posición final. Las maniobras de trabajo eran tan espectaculares que solían atraer gran cantidad de espectadores para presenciarlas.

El cordón tubular metálico fue posteriormente muy utilizado en la ingeniería de puentes en el siglo XIX y quizás su máximo exponente es el cruce ferroviario del Firth of Forth, cerca de Edimburgo, terminado tres décadas más tarde, donde el tamaño de los elementos y su longitud total suponen el culmen de esta solución.

El puente de Saltash fue terminado el 2 de Mayo de 1859 y fue inaugurado por el marido de la reina Victoria, el príncipe Alberto, quien había aceptado que el puente llevara su nombre. Brunel, muy enfermo, no pudo asistir a la inauguración y su única visita a su última obra fue un viaje en tren que le fue ofrecido en un vagón abierto.

Murió unos meses más tarde, el 15 de septiembre de ese mismo año. Una inscripción con el texto I. K. Brunel, engineer, 1859, ha estado siempre expuesta en las inmediaciones del puente para dar público reconocimiento del autor de la

obra. Curiosamente, otro de los grandes ingenieros de su tiempo, R. Stephenson, murió un mes más tarde.

Las celosías formadas por perfiles tubulares desaparecieron durante buena parte del siglo XX y solamente en el último tercio de este volvieron a estar de actualidad, tanto en ingeniería de puentes como en el ámbito de la edificación, en lo que se dio en llamar arquitectura high tech, algunas de cuyas realizaciones son el Centro Pompidou en París y el Banco de Hong-Kong y Shanghai, en Hong-Kong.

El tablero del puente de Saltash ha sido reforzado en varias ocasiones para permitir el tráfico de convoyes ferroviarios más pesados y los arriostramientos en aspa han sido también aumentados, pero lo esencial de la estructura y su silueta, que permanece pareciendo moderna, es la que fue terminada hace ya 150 años.

En consecuencia en este año 2009, y en dos localizaciones muy próximas, se cumplen 250 años de la finalización del faro de Eddystone y 150 años del puente de Saltash. Aunque aquel ya no existe en la actualidad y los avances tecnológicos lo habrían hecho obsoleto, el puente sigue soportando diariamente tráfico ferroviario, dando un adecuado servicio y mostrando su resuelta figura que sigue pareciendo moderna, más vanguardista incluso que la del puente colgante que fue construido más recientemente en sus inmediaciones. Este año, en el pasado mes de mayo, se celebraron con gran pompa una serie de actos para celebrar tan señalado aniversario. Por ello cabe concluir que a los 150 años de la muerte de Isambard Kingdom Brunel sus obras victoriosas siguen glorificando su gloria como ingeniero. ■

Bibliografía

- Billington, D.P.: *The Tower and the Bridge. The New Art of Structural Engineering*, Princeton University Press, 1985.
 Hay, Peter: *Brunel: Engineering Giant*, B.T. Batsford Ltd, 1985.
 Kirby, R. H., Withington, S., Darling, A. B. and Kilgour, F. G: *Engineering in History*, Dover Publications, 1990.
 Pugsley, A. (ed.): *The Works of Isambard Kingdom Brunel*, Cambridge University Press, 1976.

Ejemplos modelos y antimodelos



Francia, pórtico.



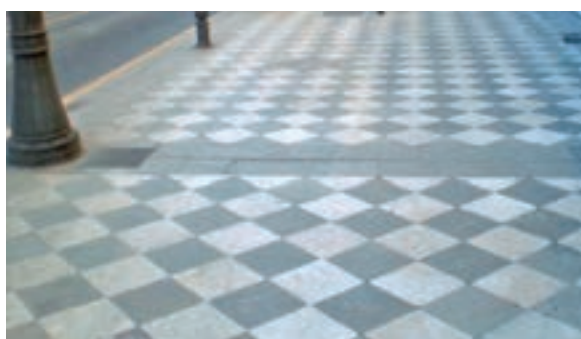
Nueva York, acera.



Alicante, barandillas.



Recife, pórtico.



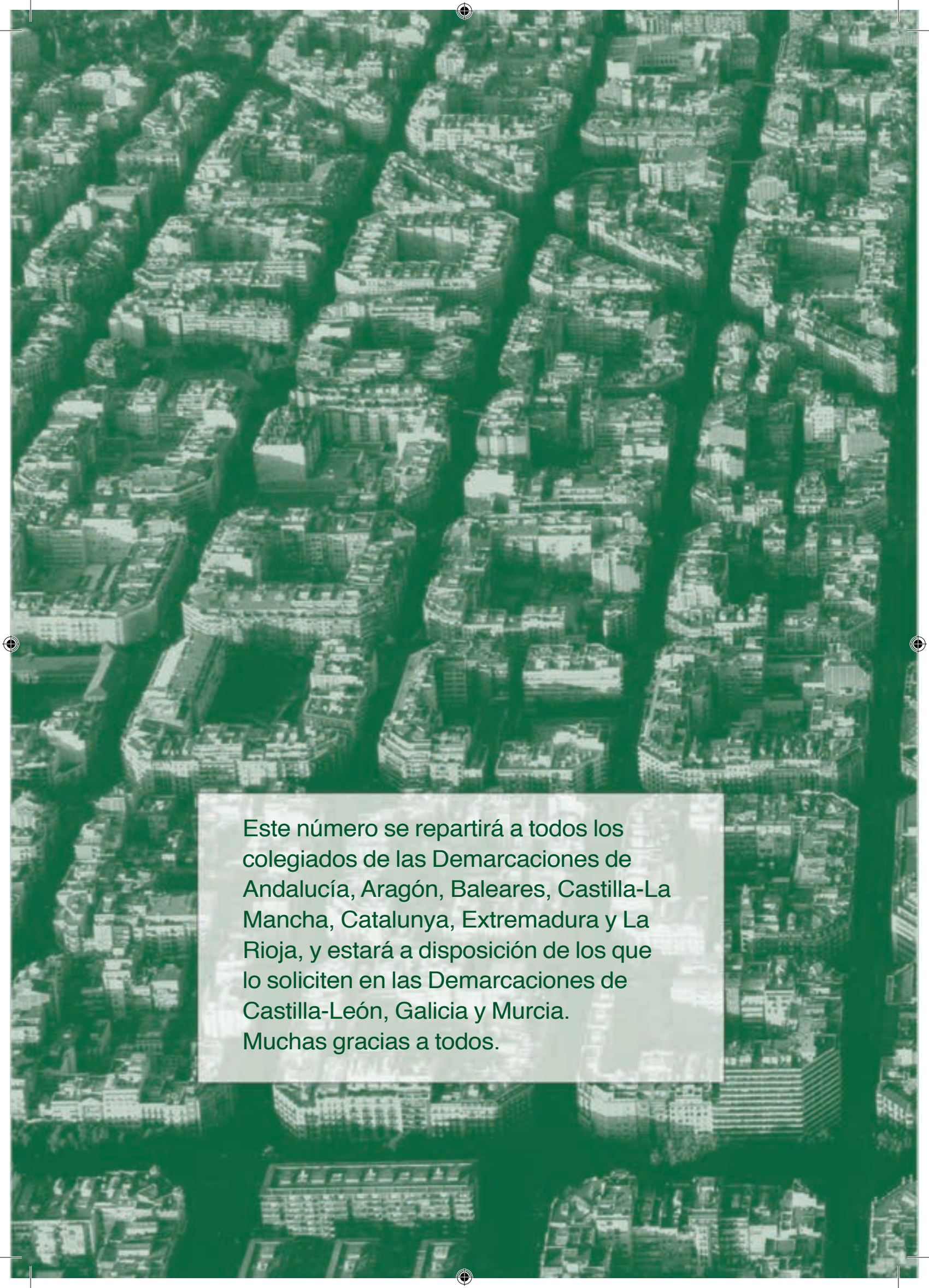
Granada, acera.



Alicante, puente.



Esta sección no pretende juzgar y mucho menos dogmatizar. Su objetivo sólo es la reflexión. Que el lector realice el apasionante juego de analizar y opinar sobre lo que ve, o, si ha lugar, comparar los homólogos. Unos ejemplos serán positivos, otros negativos y otros ni una cosa ni la otra. El lector decidirá.

An aerial photograph of a city grid, likely Madrid, with a semi-transparent green overlay. A white text box is positioned in the lower-middle section of the image. The text is in Spanish and provides information about the distribution of a document to members of various regional demarcations.

Este número se repartirá a todos los colegiados de las Demarcaciones de Andalucía, Aragón, Baleares, Castilla-La Mancha, Catalunya, Extremadura y La Rioja, y estará a disposición de los que lo soliciten en las Demarcaciones de Castilla-León, Galicia y Murcia. Muchas gracias a todos.