



La revista de los
Ingenieros de Caminos,
Cañales y Puertos

3583 ENERO 2017

REVISTA DE
OBRAS PÚBLICAS
ROP

REPORTAJE

Acciona y FCC participan en la construcción de la nueva terminal del aeropuerto de Ciudad de México

- La Torre Eiffel. Apogeo del hierro, símbolo de París.
Miguel Aguiló

COYUNTURA

La Operación Chamartín hoy.
Jesús Espelosín Atienza

CIENCIA Y TÉCNICA

Diseño sostenible en el desarrollo de la red de alta velocidad ferroviaria en Nueva España, EE. UU.
Luis Fort López-Tello y Carmen Fort Santa-María







Tras la dilatada etapa de provisionalidad política durante gran parte de 2016, el Gobierno ha aprobado y ha remitido el Parlamento los proyectos de ley de la nueva normativa sobre contratación pública, que resulta de la trasposición de las tres nuevas Directivas comunitarias de 2014, que sustituyen a las de 2004 (una de carácter general, otra relativa a la adjudicación de contratos de concesión y la tercera referente a la contratación por entidades que operan en los sectores del agua, la energía, los transportes y los servicios postales).

Dichas directivas, que debían haber pasado al ordenamiento español antes del 18 de abril de 2016, ya no centran la evaluación en el precio sino que señalan expresamente como criterios de adjudicación otros factores cualitativos: el valor técnico de la oferta; sus características estéticas y funcionales; la organización, la cualificación y la experiencia del personal encargado de ejecutar el contrato, en caso de que la calidad del personal empleado pueda afectar de manera significativa a la ejecución del contrato; el servicio de asistencia técnica, y las condiciones de entrega tales como la fecha de entrega, el proceso de entrega y el plazo de entrega o el plazo de ejecución.

El modelo de contratación español ha sido singular hasta ahora, ya que ha permitido licitar y ejecutar en plazos de tiempo muy cortos, aunque en detrimento de la seguridad jurídica y de la propia calidad de las obras. El recurso sistemático a la subasta, no sólo de las obras sino también de

los proyectos, ha permitido acortar plazos y aprovechar bien los fondos comunitarios a nuestro alcance, aunque, como contrapartida, el sistema ha mostrado irregularidades, especialmente grandes bajas en las licitaciones –hasta del 50%– que con frecuencia habían de ser compensadas más tarde a través de proyectos reformados y otras ampliaciones del coste que encarecían sustancialmente las obras en cuestión. Aquel sistema ha expulsado además de nuestro mercado a los competidores internacionales, que no estaban dispuestos a someterse a tales incertidumbres.

Este modelo no es sostenible y el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos ha decidido contribuir a realizar una apuesta decidida por la calidad, la seguridad jurídica y la transparencia, con lo que está impulsando los cambios mencionados en estrecho contacto con los grupos parlamentarios del Legislativo. Creemos, en fin, que el cambio de modelo de nuestro sistema de contratación debe ser radical y ha de virar desde la subasta pura, que ofrece numerosos inconvenientes, hacia modelos de precalificación y concurso restringido, semejantes a los que ya utilizan las grandes agencias mundiales de contratación, como la propia Unión Europea, el Banco Mundial o las agencias de las Naciones Unidas.

Este ejemplar de la revista, denso y variado, incluye también, y nos complace destacarlo, una transcripción de una conferencia sobre la Torre Eiffel pronunciada por el presidente de la ROP, Miguel Aguiló, en la Fundación March.

SUMARIO

EDITORIAL

COYUNTURA

-
- 6** **La Torre Eiffel**
Apogeo del hierro, símbolo de París
Miguel Aguiló
-
- 20** **La vida del ingeniero de Caminos, empleado público adscrito a la CAM, al servicio de una explotación ferroviaria metropolitana**
Juan Antonio Márquez Picón
-
- 24** **La Operación Chamartín hoy**
Jesús Espelosín Atienza
-
- 30** **Numancia: el valor de un patrimonio cultural universal**
Amalio de Marichalar
-
- 32** **San Telmo, tercer puente levadizo del Guadalquivir**
Marcos Pacheco Morales-Padrón

La revista decana de la prensa española no diaria

Director
Antonio Papell

Redactoras Jefe
Paula Muñoz
Diana Prieto

Fotografía
Juan Carlos Gárgoles

Publicidad
Almagro, 42 - 4ª Plta.
28010 Madrid
T. 913 081 988
rop@ciccp.es

Imprime
Gráficas 82

Depósito legal
M-156-1958

ISSN
0034-8619

ISSN electrónico
1695-4408

ROP en internet
<http://ropdigital.ciccp.es>

Suscripciones
<http://ropdigital.ciccp.es/suscripcion.php>
suscripcionesrop@ciccp.es
T. 91 308 19 88

Edita
Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
Calle Almagro 42
28010 - Madrid



CIENCIA Y TÉCNICA

- 38** **Diseño sostenible en el desarrollo de la red de alta velocidad ferroviaria en Nueva España, EE. UU.**
Luis Fort López-Tello y Carmen Fort Santa-María
-
- 50** **El puente-arco de San Miguel, magia en la Huesca de 1912**
Monumento modernista, pionero del hormigón armado, obra del ingeniero de Caminos Gabriel Rebollo Canales
Gabriel Muñoz Rebollo
-
- 74** **El hundimiento del puente de la carretera M-527 sobre el río Guadarrama**
Javier Parrondo
-

CONCURSO ROP

- 96** **Retos de la expansión de los sistemas de bicicletas públicas en las aglomeraciones urbanas metropolitanas**
Guillermo Zozaya
-

NOTICIAS DE LAS OBRAS PÚBLICAS

- 101** **REPORTAJE**
El consorcio del Grupo Carso, en el que participan FCC y ACCIONA, adjudicatario de la construcción de la nueva terminal del aeropuerto de Ciudad de México
-
- 105** **LIBROS**
-

Consejo de Administración

Presidente

Miguel Aguiló Alonso

Vocales

Juan A. Santamera

José Polimón

Vicent Esteban

Tomás Sancho

José Javier Díez Roncero

Francisco Martín Carrasco

Benjamín Suárez

José Luis Moura Berodia

M^a del Camino Blázquez Blanco

Comité Editorial

Pepa Cassinello Plaza

Vicent Esteban Chapapría

Jesús Gómez Hermoso

Conchita Lucas Serrano

Antonio Serrano Rodríguez

Pablo Otaola Ubieta



Foto de portada

Infografía de la nueva terminal del aeropuerto de Ciudad de México

La Torre Eiffel

Apogeo del hierro, símbolo de París



Miguel Aguiló

Director de política estratégica del grupo ACS.

Resumen

Durante el pasado mes de abril, la Fundación Juan March acogió un ciclo de conferencias en el que participó el ingeniero de Caminos y catedrático, Miguel Aguiló, con una disertación sobre la Torre Eiffel, cuya singularidad consiste en que, a excepción de la cúspide, no remite a una funcionalidad concreta. Controvertida desde su inauguración, esta obra de ingeniería civil que revolucionó la arquitectura moderna –junto a la desaparecida Galerie des Machines– ha acabado por convertirse en el símbolo de París. En su intervención, plantea la visión de la Torre Eiffel desde la perspectiva histórica, técnica y estética. A continuación, transcribimos dicha conferencia, aunque sin poder reproducir la secuencia fotográfica sobre la que se apoyó.

Palabras clave

Torre Eiffel, arquitectura, estructura, hierro, piedra, París

Abstract

Throughout April of last year the Juan March Foundation held a series of conferences in which the civil engineer and professor, Miguel Aguiló, participated with a paper on the Eiffel Tower, a structure that is unique in that, with the exception of its height, it does not serve any particular purpose. This work of civil engineering that has sparked controversy from the time of its inauguration and which has served to revolutionise modern architecture –together with the now defunct Galerie des Machines– has become the very symbol of Paris. In his conference, the author considered the Eiffel Tower from a historic, technical and aesthetic perspective. The conference is transcribed below in its entirety but without including the photographic images that served to support the same.

Keywords

Eiffel tower, architecture, structure, iron, stone, Paris

El pasado martes, muchos de ustedes asistieron a una conferencia sobre la Capilla Sixtina, el profesor Fernando Marías la definió como un monumento plural, una mezcla de arquitectura e ingeniería que es en realidad un edificio de piedra cubierto, recubierto de hermosas pinturas. Hoy vamos a ver una torre de hierro rodeada de aire.

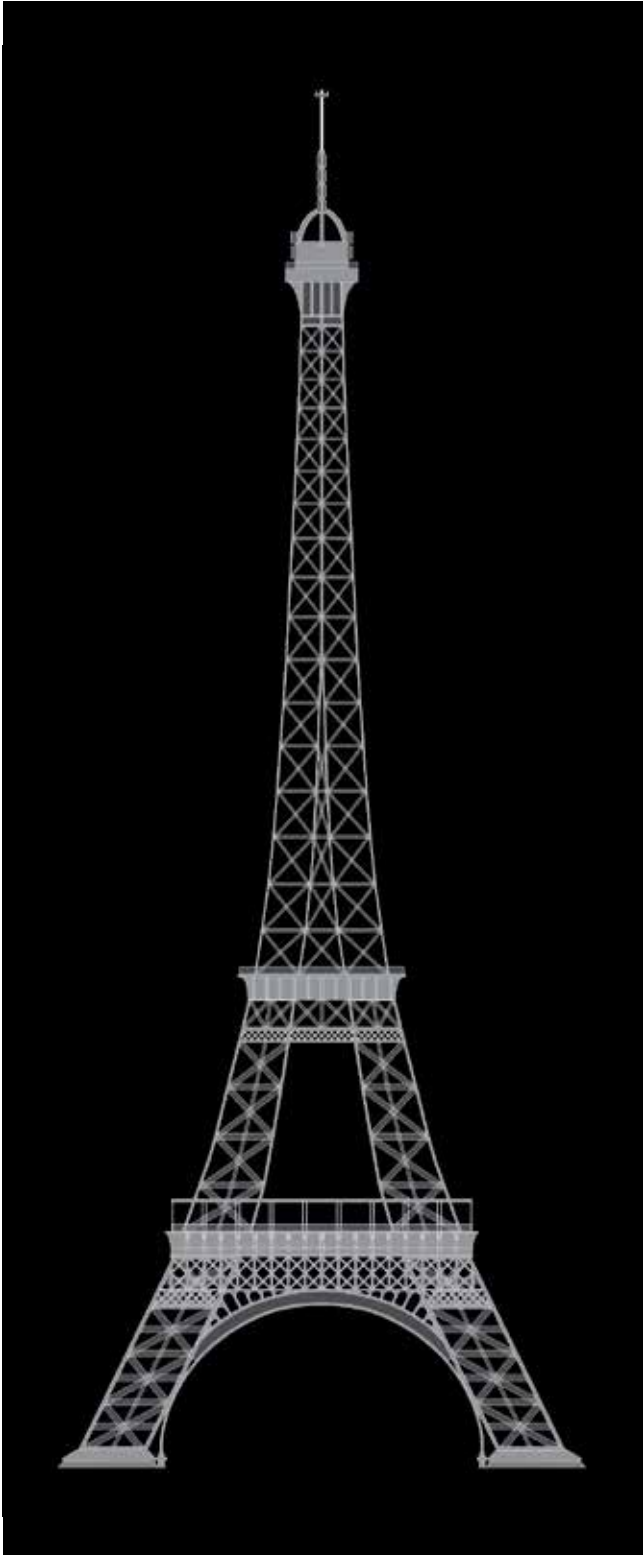
La arquitectura sixtina consistía, como explicó Fernando, en una caja de zapatos puesta de lado creando un espacio cerrado, policromado y concreto. Hoy vamos a ver todo lo contrario, un espacio abierto y vacío, monocromo, volcado sobre la ciudad y abierto a múltiples significados.

El espacio de la Capilla Sixtina es solemne, allí ocurren grandes cosas, grandes acontecimientos, es, como decía Fernando, horizontal y agobiante. Hoy vamos a ver todo lo contrario que supone un cambio, un cambio de cultura, un

cambio de siglo, un cambio de manera de hacer las cosas, hoy vamos a ver un espacio abierto, público, vertical, un espacio de vértigo. Un espacio que cambia por completo la manera de hacer las cosas y que lleva a la arquitectura y a la ingeniería por otros derroteros completamente distintos.

Para hablar del hierro es necesario empezar por el Puente de Coalbrookdale, un puente construido casi un siglo antes de la época, un poco más de un siglo de la época que hoy nos ocupa, 1779, por un fundidor, por Abraham Darby, es la primera construcción significativa del hierro, y de alguna manera origen y de alguna manera también camino para todo lo que se hizo un poco en el siglo XIX y ya definitivamente en el siglo XX.

Con el hierro la obra se desmaterializa, los problemas que toda la vida se habían resuelto de una manera ahora



Crystal Palace (Paxton, 1851)

tienen que ser resueltos de otra. Antes el tímpano macizo de piedra continuaba las dovelas del arco y cubría todo el alzado; ahora el arco, el tímpano, los nervios, las dovelas, el tablero, todo tiene que encontrar su propia morfología. Y tardará en hacerlo, tardará décadas en ir haciéndolo.

Algo similar ocurre en los edificios. Empezará a usarse el hierro en las estaciones, en los invernaderos y serán las exposiciones universales, sobre todo las de 1851 y 1889, los momentos culminantes del desarrollo y lo que podemos llamar, “el apogeo del hierro”.

El primer edificio significativo en utilizar el hierro para la construcción es el Crystal Palace y está construido por Paxton, un jardinero que construía invernaderos, no era arquitecto. Se presentó en última instancia, porque no daba tiempo, cuando se organizó la exposición, a construir un edificio tradicional, de ladrillo o de piedra al uso de lo que se hacía desde el mundo clásico. Había que hacer algo más rápido y Paxton eligió lo que él estaba acostumbrado a utilizar en los invernaderos, la construcción modular en hierro.

Consiguió un edificio magnífico que fue el asombro de todo el mundo. Fue un edificio construido muy rápidamente en un tiempo récord con unas holguras y unas capacidades de penetración y del paisaje de la luz en el interior del edificio, verdaderamente notables.

La exposición de 1851 y la exposición de 1889 fueron, sin duda, las mejores. La exposición de 1889 puede considerarse quizá como la entrada de la edad adulta de la modernidad, dando un paso decisivo hacia la tecnificación del mundo y su globalización, asuntos que se han mantenido durante más de un siglo.

La presentación, estructura y articulación de lo que es el contenido, de lo que es el continente, de lo que es el edificio que contiene la exposición, se impuso en su espectacularidad al contenido. Los contenidos eran maravillosos y fastuosos, pero lo que se construyó para albergarlo era absolutamente distinto de todo lo hasta entonces conocido.

La exposición era gigantesca: 50 hectáreas de extensión. Ahora no vale el metro, entramos en los territorios de la ingeniería de los caminos, de los canales y de los puertos, donde la dimensión, la escala, se miden con arreglo al territorio, no con arreglo a la escala humana.

Tenía dos espacios bien definidos, uno al lado del río y otro al otro. En un lado del Trocadero se colocaban el arte y la industria y la maquinaria pesada; los transportes, la electricidad y textiles estaban en el otro junto a los espacios dedicados a las colonias francesas y al Ministerio de la Guerra que fueron muy protagonistas de esta exposición.

La gran atracción de la exposición de 1889 fue la torre, la torre de los 300 metros, como la denominó el propio Gustave Eiffel. Sin embargo, la Torre, aunque lleva su nombre, no fue diseñada por el propio Eiffel. Eiffel era un depredador. Eiffel se apoderaba de los diseños de todos sus ingenieros y de sus arquitectos y, en el fondo, era un empresario, un grandísimo empresario que tenía una capacidad de influencia y de hacer cosas absolutamente increíble.



Exposición Universal de París, 1889 (Museo Carnavalet)



Exposición Universal de París, 1889 (Museo Carnavalet)

En las bases del concurso donde se incluyó esta torre se pedía estudiar la posibilidad de levantar sobre el Campo de Marte, “una torre de hierro con base cuadrada de 125 metros de lado y 300 metros de alto”. La obra se comenzó el 28 de enero de 1887 y en dos años, dos meses y cinco días estaba terminada. Yo dudo de que hoy se pueda construir a esa velocidad, la verdad es que constituye un récord en todos los sentidos.

La Torre, aparte de ser un gran hito en lo que supone la construcción y el apogeo de la construcción en hierro en particular, fue motivo de inspiración para muchos artistas que se veían de alguna manera movidos a crear en torno a ese tema.

Pero al principio generó también una enorme protesta de los artistas. En el periódico “Le Temps”, de 14 de febrero de 1887, los escritores, escultores, arquitectos y pintores aficionados, apasionados por la belleza, hasta aquí intacta, de París decían: “Queremos protestar con todas nuestras fuerzas, con toda nuestra indignación en nombre del gusto francés mal apreciado, en nombre del arte y de la historia franceses amenazados, contra la erección en pleno corazón de nuestra capital de la inútil y monstruosa Torre Eiffel. Pues la Torre Eiffel, que ni la propia y comercial América querría, es, no lo duden, la deshonra de París”. Y continuaban los artistas: “cuando los extranjeros vengán a visitar nuestra exposición exclamarán sorprendidos, ‘¿Cómo? ¿Este es el horror que los franceses han

encontrado para darnos una idea del gusto del que tanto presumen?”.

Este texto firmado, entre otros, por Ernest Meissonier, Charles Gounod, Charles Garnier, William Bouguereau, Alexander Dumas hijo, Françoise Coppée, Leconte de Lisle y Guy de Maupassant, generó una gran polémica. Maupassant era el más virulento de todos ellos. De hecho, desayunaba a menudo en el restaurante de la Torre porque era el único lugar de París desde donde no se veía la Torre.

También es muy importante que hablemos de la Galerie des Machines. Esta galería es una nave que tiene 110 metros de ancho por 420 metros de largo. Quizá los números no les digan nada y quizá no se den cuenta de que la longitud no tiene nada que ver con la anchura, que nosotros los ingenieros llamamos amplitud. Para conseguir longitud se van sumando diferentes pórticos, todos iguales. Se van poniendo uno tras otro y se pueden alcanzar kilómetros sin ninguna dificultad suplementaria ni de diseño, ni de cálculo.

La amplitud en cambio es otra cosa. Para cubrir espacios grandes hay que utilizar unos medios completamente distintos. Lo que funciona aquí es lo que los ingenieros llamamos la flexión, el momento flector y eso no es aditivo, depende del cuadrado de la luz, o sea, que es exponencial. Crecer un poquito en amplitud exige un esfuerzo gigantesco.

Y así, sin más, en esta gran exposición se construyó un edificio de 110 metros de luz libre entre pilares, la estructu-



Exposición Universal de París, 1889



Exposición Universal de París, 1889

ra de hierro más grande del mundo hasta su demolición en 1909. Se utilizó en la exposición de París en 1900 y luego fue demolida. Una enorme lástima porque era un edificio absolutamente fantástico.

Como bien dijo Walter Benjamin, después de todo esto, después de la Galerie y de la Torre Eiffel, la arquitectura dejó de ser inspiradora de la construcción y, de alguna manera, se separó completamente del arte.

Aquí se ubicaron todo tipo de máquinas, de procedimientos, de sistemas, una cantidad de objetos que constituyen en sí mismos un mundo fascinante del que podríamos hablar horas.

La exposición de 1889 supuso la entrada en la edad adulta de la modernidad, dando un paso decisivo hacia la tecnificación del mundo y su globalización.

Ahora vamos a concentrarnos en el legado constructivo que nos dejaron las exposiciones universales, tres tipos de elementos construidos importantísimos, que sólo fueron posibles gracias al hierro: el edificio, la cubierta y la torre.

El edificio fue aquel maravilloso Crystal Palace, creado por Paxton, en 1851, que dejaba entrar el mundo, la naturaleza, el paisaje dentro del edificio, todo el Hyde Park que tenía alrededor estaba allí dentro. En segundo lugar, la cubierta con esta Galerie des Machines, sobre cuya creación

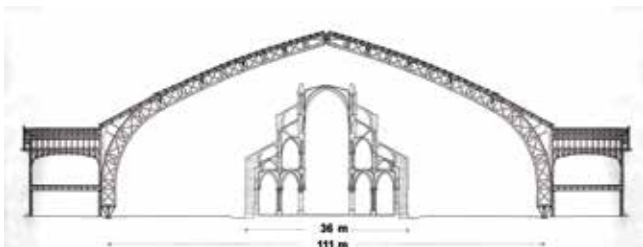
hay cierta polémica. El arquitecto se llamaba Dutert y el ingeniero Contamin. Hubo un gran esfuerzo por parte de los arquitectos en defender que el creador del edificio era Dutert y que Contamin no había hecho más que hacerlo prácticamente posible, pero los ingenieros sabemos que no es así, que, sin un enorme ingeniero detrás, este edificio simplemente no estaba al alcance de nadie. Y, casualmente, Contamin era un gran constructor de puentes y había conseguido estructuras en las que se inspiró para hacer esta.

Dutert es el artífice del aspecto más decorativo que hay en la fachada, pero no de la amplitud gigantesca que fue lo que transformó el mundo posteriormente. No quiero con eso ni minimizar a uno ni maximizar al otro, pero sí destacar que esa colaboración tan fructífera tiene papeles claramente diferenciados. La Torre, por último, sólo fue posible gracias a la llegada del hierro al mundo de la construcción.

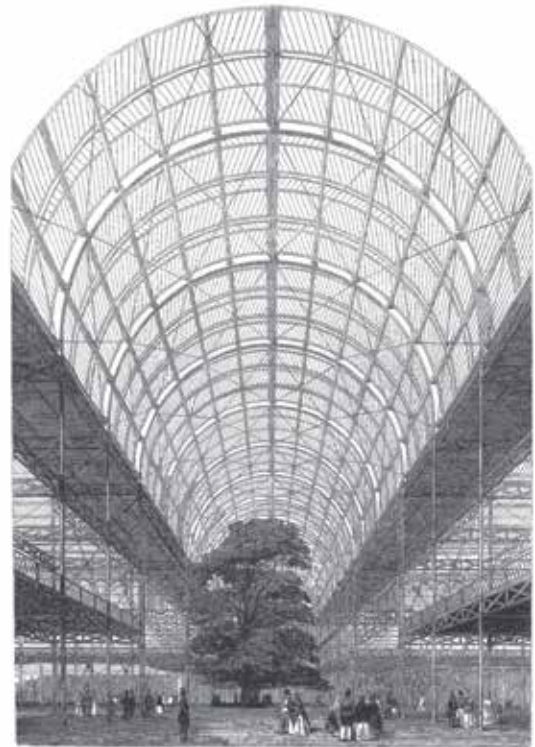
La protesta de los artistas, en definitiva, mostraba una fuerte indignación por la osadía de utilizar el hierro en la arquitectura, pero Eiffel simboliza, en efecto, el paso de la arquitectura a la ingeniería, la sustitución de la piedra por el hierro para edificar casas y ya no máquinas. Conlleva, además, como suplemento, todo un desplazamiento del imaginario asociado a la construcción.

Como materia telúrica, la piedra es símbolo del asiento y de la inmutabilidad, es el material mismo de la morada, es algo eterno. Por el contrario, la mitología del hierro es muy diferente. El hierro participa en el mito del fuego, no pertenece a lo pesado sino al orden energético, es a la vez fuerte y ligero.

Toda la obra en hierro (puentes, viaductos, estaciones, esclusas de Eiffel...) sirve a una misma idea: que los hombres se puedan comunicar entre sí eliminando los obstáculos



La Galerie des Machines, de 111 m de luz, frente a Notre Dame (de 36 m)



Crystal Palace de Londres (Paxton, 1851)

naturales, favorecer el movimiento de extensión con lo que son los puentes y las carreteras y el de ascensión con estas construcciones que nos permiten una visión completamente diferente del mundo.

Esta sustancia ligera que era el hierro permitía la soltura de los hombres al desplazarse, al atravesar ríos y montañas, anunciaba una victoria sobre la gravedad que Eiffel, gracias a sus conocimientos aerodinámicos, completará después con una victoria sobre el viento, porque cuando uno se adentra o se extiende en altura para alcanzar los 300 metros, el obstáculo principal es el viento. Se abre así el camino hacia otra circulación de los hombres en el siglo XX que es, indudablemente, la del avión.

Estas nuevas grandes estructuras se hacían articuladas con tres rótulas que pueden girar. Esta era la manera de tener certeza de conseguir calcularla. Sin ello, el cálculo se hacía indeterminado y era mucho más difícil saber de verdad qué pasaba en la estructura. Por eso, se introducían estos elementos que eran propios de los puentes.

Pero lo importante de verdad es la comparación de los espacios; en este caso los términos de la comparación eran la Galerie des Machines (1889) y Notre Dame (1345). Así podemos imaginar el asombro que debió producir esta estructura en el público. Y el asombro aún sería mayor si consiguiéramos abstraernos en lo que se siente cuando uno entra en la nave principal de Notre Dame o de cualquier otra iglesia gótica. Cuando se penetra en esos espacios uno está en algo muy alto y muy estrecho, del orden de los 12, 13, 16 metros. En la Galerie, estamos hablando de 111 metros, ocho veces la amplitud. Y eso proporciona una sensación completamente diferente de lo que es el espacio, una sensación nueva, rompedora, revolucionaria.

La sensación es, cuando menos, sobrecogedora. Esas enormes cerchas que se repiten longitudinalmente y que cobijan la amplitud producen el asombro y la admiración y se configuraron como verdaderos símbolos iniciadores de la modernidad.

Los detalles constructivos y los procedimientos que se emplearon en la Galerie des Machines tienen su origen en los puentes. Como uno que construyó el propio Eiffel cinco años antes. Tiene 165 metros de luz, que en los puentes era una luz normal. Ya se empezaban a usar este tipo de diseños con estos materiales metálicos roblonados, llenos de refuerzos, concentrando los esfuerzos en unos puntos muy concretos, que daban la idea de un juego de tensiones que circulan por la estructura, absolutamente diferente a lo que nos trasladaba la piedra.



Exposición Universal de París, 1889



Viaducto de Garabit (Eiffel, 1884. 165 m de luz, 120 m altura)

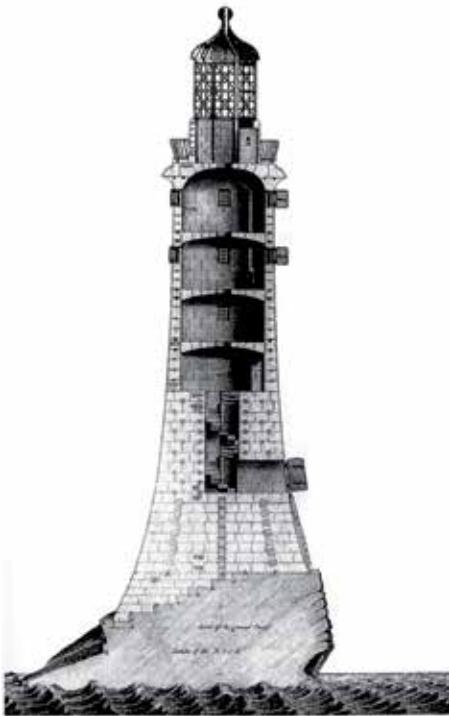
Eiffel construyó cuatro o cinco puentes muy parecidos entre sí. Uno de ellos es el puente de Garabit. En todos se repite la misma idea: un gran arco triarticulado, que es el origen de la estructura de la Galerie des Machines.

Contamin trabajó en la construcción del arco del puente de Garabit. De ahí salió el germen de una gigantesca estructura como era la Galerie des Machines.

El mito del puente ha sido siempre capital para la humanidad. El puente es el símbolo mismo del vínculo, es decir, el símbolo de lo humano en cuanto a que es plural. Y la vista de los puentes que, tan a menudo han sido representados por la pintura, es lo que da una sensación intensa de la propia humanidad. Por eso, el puente es el gran símbolo de la ingeniería, la gran obra que todo el mundo aprecia en esa voluntad de salvar obstáculos que se oponen al desarrollo o al desenvolvimiento de nuestra vida.

Gustave Eiffel era un hombre poderoso donde los hubiera, muy empresario, muy creador de infinitas cosas, muy activo, que tenía intereses en miles de frentes y que tiene un currículum absolutamente espectacular.

Vivió 89 años y trabajó mucho y fue al ritmo de la técnica. Su última preocupación fue construir un prototipo de un aeroplano. Hablamos de 1917. Estuvo trabajando en el Canal de Panamá, donde se arruinó. Esta etapa le costó la salud y muchísimo dinero.



Faro de Eddystone
(John Smeaton,
1759)



**Viaducto de Neuviat sur la Sioule (Proyecto: Nordling;
Constructor: Eiffel, 1869)**

Pero volvamos a la Torre. ¿De dónde viene esa forma estrecha por arriba y que va abriéndose hacia abajo? Un poco, como dicen los modistas, evasé. ¿De dónde viene eso? Pues viene de algo que los ingenieros, más prosaicamente, llaman la forma isorresistente. A medida que se está yendo más abajo del edificio, hay más edificio arriba. Por lo tanto, cada franjita de edificio recibe más peso, y para que todos trabajen con el mismo tipo de tensiones, se requiere que el edificio se vaya ensanchando.

El Faro de Eddystone, construido por John Smeaton en 1759, fue la inspiración para Eiffel. Smeaton fue el primer hombre que se autodenominó ingeniero, ingeniero civil, en contraste con lo que eran los ingenieros militares o los ingenieros al servicio del rey, que se ocupaban de las batallas y de las fortificaciones. Este hombre se ocupaba del público, se ocupaba de las obras públicas. Esta es una de sus obras más significativas, una obra fantástica, que adopta ese criterio de buscar esa forma abierta progresivamente hacia abajo.

De alguna manera Eiffel también se inspiró para su torre en unas pilas de una serie de puentes que se erigieron sobre

el río Sioule. Fueron proyectados por otros ingenieros, como Nordling, en el año 1867, quien ya utilizó la forma de estas pilas que se abren por abajo. ¿Para qué se abren? Para resistir mejor la acción del viento. El viento empuja el edificio y cuanto más abierto esté de patas mejor puede resistir las presiones laterales. Por eso esta pila hizo mella en Eiffel y él participó después en la construcción de un segundo viaducto, en la misma vía férrea sobre el río Neuviat. Este ya fue construido por Eiffel, aquí no diseñó pero sí construyó un diseño de Nordling, muy parecido a los anteriores, porque Nordling actuó como ingeniero en toda la línea. El viaducto de Rouzat sur la Sioule fue el que de alguna manera inspiró con esta forma tan esbelta y tan potente, tan ascensional, por decirlo de alguna manera, la forma de la Torre.

El primer croquis fue un pilono de 300 metros de altura, no es en absoluto una forma arquitectónica, no tiene ninguna aspiración simbólica y responde estrictamente a los objetivos del concurso, un pilono de 300 metros de altura con una base menor de un cuadrado de 125 x 125.

Eiffel lo dividió en una serie de pisos equidistantes, para ir poco a poco construyendo por segmentos. Estos seg-

mentos sirven para rigidizar las dos patas, estas evasés, y las unen entre ellas para que la estructura sea más rígida.

Más adelante se fueron produciendo las primeras transformaciones que sufre la Torre. En este momento, empieza a haber una labor de humanizar, de alguna manera, esas formas tan puras, tan técnicas y colocarlas en el sendero que habían marcado los antiguos con los estilos, con los elementos de ornato de la arquitectura hasta que apareció el hierro.

En los diferentes momentos de diseño se ven perfectamente los cambios que se produjeron hasta llegar a una forma un poco más abierta, más estable y a la vez con menos arriostramientos.

Al enfrentarse a la Torre, cuando uno se ve allí delante de ella, lo primero que choca enormemente es la proliferación de formas que dejan pasar el aire en direcciones aparentemente inconsistentes. Estamos en un edificio fundamentalmente vertical y todo lo que se ve es curvo, inclinado, oblicuo y además transparente, no hay interior, como decía al principio, es un edificio, una especie de jaula ligerísima que encierra el aire, el vacío.

Las cuatro grandes patas del edificio se apoyan en unos macizos de piedra. La piedra es aquí algo suave, es acariciadora, es otra cosa. Estamos en el mundo del hierro, es un adorno del tipo de lo que hacían los romanos, escaificar un poco la superficie para dar la sensación de que era una piedra más natural. Tiene todos los juegos de las molduras, de las bases, de estos elementos arquitectónicos con sus curvas.

Y en estos elementos diseñados a lo antiguo se engarzan unas formas de piedra completamente nuevas, por medio de unos gigantescos pernos. Son dos mundos que se ponen en contacto necesariamente: el de la piedra, más cerca, más próximo a la tierra, que es de donde ha de surgir la Torre y que debe a la vez resistirla y lo que surge hacia arriba, lo que es ligero y etéreo y es lo que da la altura.

El diseño de las propias patas de esas bases está lleno de anécdotas. Como el arco que marca la parte de abajo de la Torre, ajeno por completo a la pata que realmente resiste los esfuerzos. Se trata de un arco colocado ahí para dar la sensación de apertura, un arco que da la dignidad monumental y arquitectónica clásica a un pilono supermoderno y que lo convierte en algo muy asumible por

la gente. Naturalmente esa piedra no es completamente maciza, da la apariencia de ser maciza para que el edificio no parezca que se pincha en el suelo, pero no lo es.

Y entramos dentro de la Torre, que es el mundo de la oblicuidad, el mundo donde encontrar la vertical es muy difícil y la vertical a veces se encuentra simplemente porque se ha utilizado para colgar algo completamente suplementario a la estructura. El resto es una geometría que parece en principio completamente ajena a la verticalidad que supone la Torre.

Antes de convertir en símbolo la Torre hay que vivirla como un objeto, pues no hay visita sin que se penetre en su interior, sin poseer su enigma. Para ello, el visitante se reúne con otros y recorre en apretadas filas un camino interior lleno de pasillos, de escaleras, de ascensores...

La Torre se revela como un objeto ciertamente paradójico. No se puede encerrar uno en ella porque es una forma abierta y no tiene profundidad alguna. Presenta una serie de cosas que no dejan de ser chocantes: cuatro pedestales cuya enormidad sólo se aprecia cuando uno está cerca



Gustave Eiffel

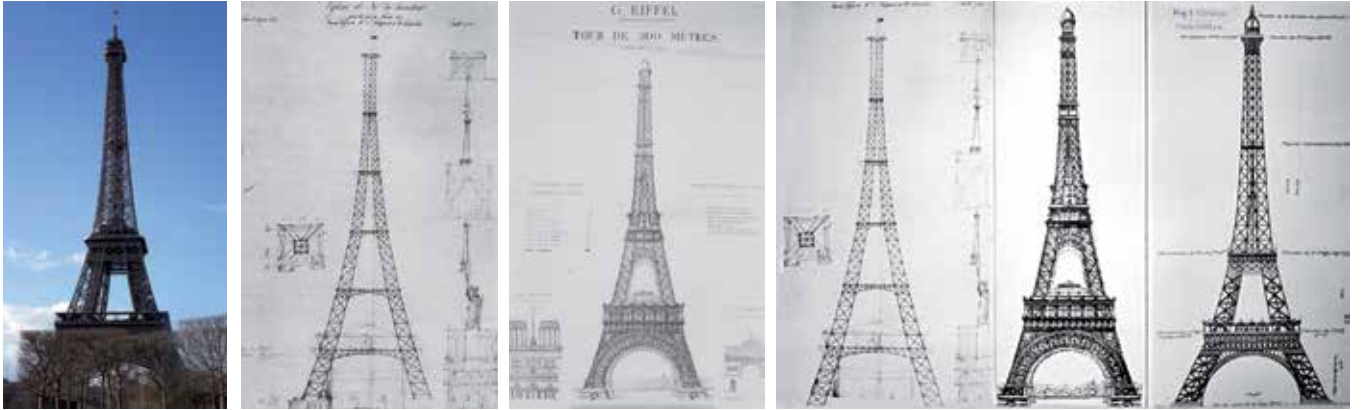


Imagen real y planos de la Torre Eiffel

de ellos, porque están proporcionados perfectamente con la altura de la Torre, pero cuando uno se aproxima, se da cuenta de lo importante que es aquello; el contraste entre la pulida y curvada masa de la piedra y las oscuras rectas de laminados del hormigón; la inserción oblicua de los pilares metálicos; unos ascensores sorprendentes por su oblicuidad, frente a la costumbre que tenemos de ascender siempre en vertical; unas escaleras situadas en el interior oblicuo de esas grandes patas que muestran todos los detalles de la estructura de hierro, con planchas angulares, viguetas, pernos, uniones y todo tipo de cosas que siempre se cruzan y que son divergentes en celosías oblicuas, frente a esa apariencia recta, firme y rotunda de la Torre vista de cualquier punto de París, que al aproximarse se revela como otra cosa...

Esta altura, esta enormidad que tiene la Torre, cuando uno está pegado a ella o subido en alguna de sus plataformas, se vuelve algo sorprendente. Cuando uno está ascendiendo se percibe el viento que mueve de tal manera la estructura que esta puede hasta vibrar. Incluso en la cúspide esta estructura se puede mover un metro de un lado a otro.

Penetrando en su interior, como le gusta decir al profesor Manterola, uno se queda prendado de este juego enorme de diagonales, barras que nos llevan a estéticas diferentes y desconocidas cuando uno se asoma por las grandes cuatro patas inclinadas; hay maquinarias que se mueven, gente que sube y que baja, ascensores que ascienden, vehículos que van, que vienen, hay sombras de pájaros que entran, que salen, que pasan, está uno en un mundo absolutamente palpitante de cosas. Y siempre con el rugido del viento. De alguna manera, a esas alturas

siempre hay viento y el paisaje se desvela también con una especie de operación de desvelamiento, de apertura que poco a poco va ascendiendo como si fuera algo que se nos muestra de una manera diferente.

La Torre surge como una especie de forma simple que une el cielo y la tierra. Cuando miramos la Torre es un objeto, cuando la visitamos se convierte a su vez en mirada, o sea, que es a la vez objeto y mirada. La Torre es un objeto que ve y una mirada que es vista, es a la vez algo activo y algo pasivo.

Esa dialéctica hace de la Torre un monumento singular, porque los monumentos normalmente suelen ser pasivos, suelen ser funcionales, están dedicados a ver las cosas que hay dentro. La Capilla Sixtina era un contenedor de unas gigantescas pinturas maravillosas y actuaba como un receptáculo funcional para albergar a las pinturas. Aquí no, aquí estamos en otra cosa. Está destinada a ver las cosas sin ofrecer nada, o sea, que no está entregado al espectáculo de lo visible de otra cosa, sino que permite ver sin ser visto, en definitiva, y eso da una especie de predestinación o de propensión a lo que es el sentido. Esta torre atrae la cuestión del sentido como si fuera un pararrayos; todo el mundo busca sentido a esta torre.

La Torre es lo que los semiólogos definirían como un significativo puro, una forma en la que los hombres no dejan de colocar sentido sin que ese sentido logre fijarse. No sabemos qué será la Torre para la gente del día de mañana, pero será siempre alguna cosa y alguna cosa que tenga que ver con ellos mismos. Porque la Torre es, como hemos dicho, mirada, objeto y símbolo y eso le permite ser la Torre Eiffel, pero a la vez ser algo distinto de la Torre Eiffel y mucho más que la propia Torre Eiffel.

Según se asciende en el ascensor, la Torre que era un objeto para ser visto se convierte en mirada, se convierte en balcón o en púlpito de lo que es la percepción del paisaje, con esas interrupciones de los pisos, de las superficies ciegas, pero el paisaje está ahí, está acompañándonos, está surgiendo de alguna manera de lo que es nuestra visita, de lo que es nuestra atención. Y dura mucho, porque se tarda tiempo en subir hasta arriba. Y se ven estas perspectivas. Más que perspectivas, de pronto se asoma uno al propio París. Es como una puerta hacia la ciudad y asistimos a una especie de rito iniciático de apoderarnos de París.

Con esta plenitud, con esta manera de abrirse al mundo, demuestra la Torre su propia inutilidad. En sí misma no sirve para nada, es una especie de monumento total porque se trata de un monumento que es plenamente inútil, esa inutilidad al principio se percibía como un escándalo, como algo inconfesable y bastaba para condenarla, para pensar que no se debía construir. Al principio, Eiffel defendió esta torre porque dice que tiene usos científicos, que sirve para tomar medidas del viento, aerodinámicas, que sirve para estudiar la resistencia de materiales, que sirve para estudiar la fisiología del escalador, que permite hacer investigaciones sobre la radioelectricidad, que permite investigar problemas de telecomunicaciones, que permite



Imagen de la Torre Eiffel vista desde abajo



Detalle de una de las patas sobre las que se asienta la Torre

hacer observaciones meteorológicas, pero al final, aunque esas utilidades sean indiscutibles y todo eso sea naturalmente verdad, es irrisorio al lado del sentido mítico que ha adquirido para el mundo entero. Las razones, en definitiva, utilitarias, lo que es la simple función, no son nada al lado de lo que significa ese gran imaginario que todos llevamos dentro y sabemos construir nosotros mismos.

Eiffel veía la Torre como un objeto serio, razonable y útil, pero la humanidad se la devuelve como un gran sueño, un gran sueño en los límites de lo irracional. Al principio, Eiffel quiso hacer un monumento, un templo de la ciencia, pero eso era sólo una metáfora, como dice Roland Barthes. Pues de hecho la Torre no es nada, no participa de nada sagrado, ni siquiera del arte, no es un museo, no hay nada que ver en la Torre, pero es el monumento que recibe ocho millones de visitantes al año, es el monumento de pago más visitado del mundo, un monumento que no enseña nada, que es puro aire.

La Torre mira a París y permite percibir, comprender y saborear esta cierta esencia de lo que es París. Convierte en paisaje el hormigero de los hombres, la circulación de los coches, añade una dimensión quizá romántica al mito urbano y supone entrar en contacto con el espacio

propiamente humano, con el espacio del hombre, mucho más allá de la dimensión, del urbanismo, del trazado de las calles y de lo que sea.

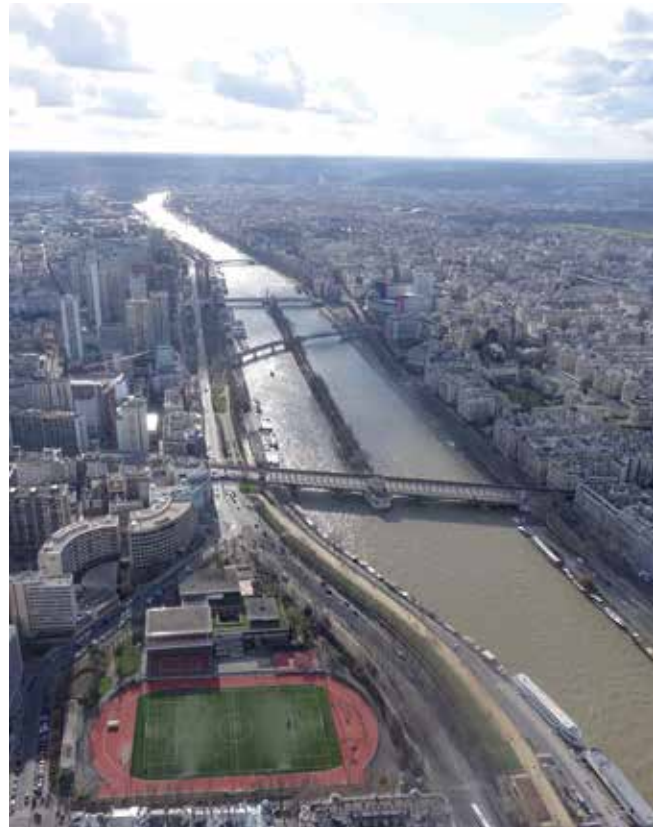
Al final, esa vocación parisina de la Torre vino reforzada por su propia inutilidad. Cualquier otro monumento, iglesia o palacio remitía a un uso concreto y sólo la Torre no es más que un objeto de visita y su propio vacío es el que la destinaba a convertirse en símbolo. Y el primer símbolo que había de suscitar, por una asociación lógica, solamente podía ser lo que se visitaba al recorrerla. La Torre se convirtió en París, por eso que los retóricos llamaban metonimia.

Esta reflexión de pensar en el continente y contenido, conduce a un verdadero desciframiento de la ciudad, donde la Torre es testigo y la mirada, capaz de fijar la estructura geográfica, histórica y social del espacio. Y ese desciframiento, eso que el profesor Manterola llama “penetrar en el monumento”, actúa como una especie de iniciación, tiene algo de procedimiento iniciático.

El río es el sustrato más estable de todo lo que allí acontece y desde la Torre adquiere una especie de dimensión infinita, se estira hacia el horizonte y se convierte en una vía de prolongación de alguna manera de la propia ciudad, cruzado por sus 27 puentes.



Jardines de Trocadero



El río Sena

En lo alto de la Torre, a 300 metros de altura, hay un pequeño despacho, como una especie de urna donde está Gustav Eiffel sentado en el despacho, está su hija Clara Eiffel y está Thomas Edison que fue de visita a la Torre y que terminó llevándose muy bien con Eiffel y haciendo proyectos concretos de desarrollo. Es como una especie de museo de cera en pequeñito, cuya gracia principal es estar situado nada menos que a 300 metros de altura y desde donde se puede contemplar el paisaje que se transforma. A través del asombro que producen esos espacios gigantescos se sumerge en el misterio del tiempo, todo se hace infinito desde ahí arriba, el tiempo se detiene, el barco tarda en pasar bajo los puentes, tarda y tarda y tarda y no acaba de moverse, no acaba de pasar.

La duración misma de esos acontecimientos se vuelve de alguna manera panorámica y permite ir viendo todos los momentos históricos de lo que es la ciudad: el río como elemento prehistórico, con sus bosques y colinas, el Montmartre, el Mont Valérien, el periodo medieval donde sale

la torre de Notre Dame, una especie de contrapoder de la Torre como el polo opuesto de tensión articulado, el polo religioso contra el polo científico y completamente ajeno a ese mundo que es la Torre.

También el polo histórico, la monarquía hasta el imperio, con los Invalides, el Arco del Triunfo, todo el recorrido que nos enseñan en los colegios, y luego se ve también el mundo contemporáneo con las residencias burguesas, Unesco, la radio, la Défense... Y se llega a la cúspide. La cúspide es una especie de anticlímax, porque todo está lleno de trastos, hay trastos por todos lados, trastos científicos, trastos de comunicaciones, sólo en la cúspide de la torre alcanza esa voluntad funcionalista que tenía Eiffel y todo el mundo hemos siempre minimizado. Se ven cosas que no se sabe muy bien para qué sirven, hermosas también, porque tienen unas formas curiosas, todo enjaulado para que los pájaros no lo destrocen, todo curioso.

Y hay que bajar, pero al bajar la sensación es completamente diferente de lo que ocurre al subir, porque el paisaje está fijo y lo que se mueve es la estructura. Es curioso pero no es lo mismo, antes se iba desvelando un paisaje y cuando se baja, quizá porque el paisaje se ha quedado acumulado en la retina, se queda fijo ahí y de pronto la estructura sube. Es una cosa curiosa pero indudablemente es así. También tarda y tarda, otra vez el tiempo se detiene, ahora en el movimiento, ahora en esa voluntad de penetración que sólo está interrumpida por unos cruces con los famosos diafragmas de que hablaba al principio, donde la estructura se maciza y deja de penetrar el aire.



Vista desde la Torre



Campo de Marte

Se llega a una plataforma donde, de pronto, aparecen superficies horizontales. Estamos otra vez en el mundo de los humanos, la inclinación se estrella contra una plataforma pisable, plana, donde empiezan a aparecer cosas, barandillas ornamentadas, pilares más rectos... De pronto se ven las líneas inclinadas pero se ve a la gente, y es el único espacio de la Torre donde la verticalidad se manifiesta al paso de la gente y se empiezan a ver ya los monumentos más próximos. Ya empieza a haber una proximidad con Les Invalides, con todas las cosas que hay cerca, las calles, de pronto, las chimeneas, las casas, las ventanas, los coches, todo está al alcance. Al descender estamos ya iniciados en la ciudad, la ciudad nos devuelve al rito que hemos hecho de subir y bajar, la ciudad nos entrega su esencia, ya formamos parte de ella, hemos cruzado el umbral o la puerta, el *quai* Branly, Trocadero... Siempre que hay peligro de que se pueda superar una barandilla, hay mallas que hacen todavía más atractivo lo que hay detrás, a veces diseñadas, a veces no.

Y empieza a haber cosas raras, rarísimas, por ejemplo una maqueta maciza de la Torre y de pronto uno descubre que hay una pista de hielo, esto es curioso pero es cierto, claro. Hay una maquinaria antigua, hay una escalera antigua, hay una especie de paneles deslizantes que hacen como un diorama donde hay profundidades, sombras, reflejos que se van mezclando, la Torre que sube, el paisaje que baja, las sombras de los demás.

Cuando uno baja se vive uno de los momentos cumbre. Al bajar del todo la última pata, se entiende de verdad qué es estar encerrado en esa enorme jaula, rodeado de aire por todos lados, con el paisaje abajo donde se refleja el azul del cielo, el verde de los campos, la cantidad de artefactos que hay pegados a la Torre por todos lados,



Detalle del friso de la Torre

se van viendo las escaleras, se llega a esos cilindros gigantes que son donde están alojados los contrapesos de los ascensores.

Eiffel quiso honrar con este monumento a una serie de científicos cuyos nombres situó en un friso: Navier, Flachet, Chevreul... Pero la presencia del símbolo es tan superior que eso de que se vea desde cualquier sitio de París por encima de cualquier paisaje supera todo lo demás y al final la Torre define París. ¿Qué sucede cuando se quita? Pues que eso no es París, ya no es París; es otra cosa, cualquier cosa donde salga la Torre es París, sin la Torre no hay París.

Y además entramos ya en el problema de la miniaturización, del *souvenir*, porque más allá de su singularidad técnica, la Torre como objeto también construye un pequeño mundo de productos, servicios, postales, recuerdos, baratijas, restaurantes, atracciones... La Torre ha sido y es incansablemente copiada, multiplicada, simulada y esa multiplicación de pequeñas torres Eiffels, la fantasía de miniaturizar la Torre la coloca a disposición del mundo entero, la multiplica y la proyecta hacia todos los hogares y todas las gentes. Todo niño tiene su Torre Eiffel y la tiene junto a sus libros, junto a sus cosas porque ha querido ir allí, ha querido visitarla y es el trofeo que se trae. Es un trofeo que puede ser de cualquier material, puede ser de hierro, puede ser de porcelana, puede ser de cáscara de

huevo, de cualquier cosa, pero con esa proliferación sin freno se proclama que la Torre de alguna manera pertenece a todo el mundo y mejor aun a todas las imaginaciones. La Torre en definitiva es pública, no es como pasaba con la Capilla Sixtina que era privada y solemne y podemos tenerla en casa.

Vemos asimismo que la Torre está en la obra de muchísimos pintores modernos, como Chagall, Seurat, Delaunay, Staël... No podemos decidir si la Torre es bella o no, pero indudablemente sí que se sustrae a las normas tradicionales de la plástica porque es su necesidad técnica la que provoca las formas que hace que la obra se aparte del arte y que a partir de aquí, de alguna manera, la arquitectura, lo que se construye ya es ajeno a esto.

En definitiva, Torre es mirada, es objeto, es símbolo, es todo lo que el hombre pone en ella y ese todo es infinito. Es un espectáculo mirado pero a la vez es mirador, es un edificio inútil pero a la vez irremplazable, un mundo familiar a todos, pero a la vez también símbolo heroico y testigo de un siglo y monumento siempre nuevo, objeto inimitable y reproducido, sin embargo, sin cesar. Es el signo puro, abierto a todos los tiempos, a todas las imágenes y a todos los sentidos. Es la metáfora sin freno.

Con todo lo dicho no cabe si no concluir con el hecho cierto de que la Torre es un gran monumento. Es uno de esos edificios que cambiaron el mundo. **ROP**



Torre Eiffel por Chagall



Vista lateral de la cúspide de la Torre

La vida del ingeniero de Caminos, empleado público adscrito a la CAM, al servicio de una explotación ferroviaria metropolitana



Juan Antonio Márquez Picón

Doctor ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Arquitecto técnico.

Area de Consultoría de Proyectos e Innovación. Metro de Madrid

Resumen

Estar al servicio de una explotación ferroviaria metropolitana, que mueve dos millones de pasajeros diarios, requiere alta entrega y dedicación. Fuimos entrenados duramente durante años adquiriendo los conocimientos necesarios, que junto a la experiencia que acumulamos, conformaron la profesionalidad suficiente para desarrollar nuestro trabajo de la mejor manera posible. Cuando el trabajo que se desarrolla es apasionante, deja de haber una frontera clara entre la vida personal y profesional, lo que no deja de ser extraño en otras profesiones, como cirujanos, cocineros, etc. Tiempo, esfuerzo y entrega hacen de cada uno grandes profesionales, que tienen como recompensa el saber que han realizado una labor muy importante para la sociedad. Me gusta usar este símil: “Esto es como mi casa, yo vivo aquí, se lo que necesito y lo que funciona. No me vale cualquier cosa”.

Palabras clave

Ferrovio, ingeniero, metropolitana, especialización

Abstract

Working at the service of a metropolitan railway operator that transports some two million people every day requires a high level of commitment and dedication. We have received intensive training over the years to obtain the necessary knowledge and this together with our accumulated experience gives us the professional background necessary to perform our work to the best possible degree. When a person's work is deeply engaging, there is no clear boundary between professional and private life, much in the same way as other professions such as surgeons or chefs, for example. Time, effort and commitment can make everyone a great professional with the accompanying reward of knowing that one is performing a very important role for society. I like to use this comparison: “This is like my home, I live here and know what I want and what works well. Not everything goes”.

Keywords

Railways, Engineer, Metropolitan, specialisation

“El trabajo ferroviario es de alta especialización”. Estar al servicio de una explotación ferroviaria metropolitana requiere una dedicación y entrega especial, sin dejar de lado el conocimiento y experiencia que se va adquiriendo y sumando a lo largo de la vida profesional. Existe una especie de “fusión” entre la vida personal y la laboral, formando parte la una de la otra y la otra de la una, como sucede en la vida misma y en otras especialidades como: cirujanos, cocineros, etc., todos ellos, acaban adorando su profesión e integrándola en sus vidas, no existiendo una frontera clara.

“Siempre se tiene presente, qué implica nuestra actividad en el marco de la explotación ferroviaria metropolitana”. La responsabilidad de transportar dos millones de viajeros dia-



Nuevos Ministerios



Mirasierra

rios no puede tomarse a la ligera, hay que estar ahí debiendo realizar cada tarea de forma cuidadosa y óptima, además debemos ser conscientes de que todo el trabajo de gestión, mantenimiento, operación se realiza con capital público y, en definitiva, dinero de todos los ciudadanos.

¿Cuál es el objetivo fundamental?, el objetivo fundamental es el servicio al ciudadano, buscando en cada momento, no solo ofrecerle un servicio continuo, sino conseguir que ese servicio continuo sea de calidad aportando un valor añadido, que demanda la sociedad de bienestar en la que vivimos. La búsqueda del elemento diferencial que nos hace mejorar el viaje de nuestros pasajeros, la evolución de la idea en sí misma, que se realiza con ahínco, día tras día, se materializa en la gestión de un sistema que se encuentra en evolución constante, sin detenerse: hay que ofrecer siempre lo mejor, y hay que estar pensando en ello constantemente.

Ni que decir tiene que cuando las administraciones disponen de mucho dinero público, se pueden permitir “ciertos lujos”, pero cuando nos encontramos inmersos en un periodo de baja asignación presupuestaria a los transportes y las infraestructuras, es decir, de “vacas flacas”, es el momento de reinventarse seriamente; como ocurre en la realidad que rodea a personas y también a empresas, la filosofica es idéntica; optimizar esos recursos en la medida de lo posible siendo más eficientes en los procesos y priorizando con rigor, simple y llanamente “apretarse el cinturón”.

Un día de trabajo cualquiera en el contexto que acabo de describir sería el siguiente:

“Son las 5:45, y el despertador suena para acercarse al trabajo”. Se suele madrugar bastante porque el grueso del trabajo que se puede denominar como “activo” se realiza por la mañana, dejando la gran mayoría de las tardes, espacio para el trabajo “pasivo”. La explotación es continua, 24 horas de servicio mañana, tarde y noche, lo que requiere disponibilidad total por parte de las personas que componen los equipos de la empresa a todos los niveles. No se cierra la instalación, salvo para mantener de forma nocturna, con una franja de trabajos que no alcanza las tres horas, lo que lo hace altamente complejo (requiere una alta planificación que siempre antepone la seguridad).

“No se puede olvidar revisar la agenda, el día anterior”. Suele haber alguna reunión por la mañana, revisiones de trabajo con los superiores, alguna visita a obra que esté en marcha, y algo de espacio para trabajo de oficina: administrativo, organizativo, etc. Pero el día no siempre se desarrolla exactamente según lo previsto: te han llamado por problemas en alguna línea, hay que ir a revisar algo con carácter urgente, o simplemente se han puesto a construir junto al túnel sin las precauciones y permisos necesarios: ¡es increíble! Total, aquello planificado para hacer por la mañana se traslada, en parte, a trabajos a realizar por la tarde, cuando existen menos “interferencias”.

“Los modernos somos así, valemos para todo”. La primera vez que lo escuché por parte de mis mayores no paré de reír. Se tiene disponibilidad total; asistimos a reuniones de todo tipo: técnicas, corporativas, de apoyo; representamos a la empresa frente a otras administraciones u organismos; empresas públicas y privadas; asistimos a foros nacionales e internacionales; participamos activamente en másteres, en



Chamartín



Paco de Lucía

la Universidad, etc.; todo un mundo: “Nos gusta, en el fondo, es parte de nuestra vida”.

“El día a día lo tenemos siempre presente”. La operación y el mantenimiento ocupa el grueso actual de los trabajos. Se sabe perfectamente cada cuanto se deterioran los sistemas y en qué manera lo hacen, lo que se traduce en una especie de “fijo” en las actuaciones que se realizan específicamente en este campo. Es cierto que las innovaciones tecnológicas, reingenierías, etc., ayudan a mejorar y optimizar estos procesos. Esta labor, independientemente de situaciones externas, es un trabajo que se realiza de forma continua. Lo que uno aprende de vivir/sufrir ciertas situaciones, alimentan nuestra forma de diseñar y plantear las cuestiones de cara a futuro: “experiencia”. Aquí entra todo un compendio de situaciones y trabajos: reunión a primera hora con vigilantes, evaluación de situaciones y tomas de decisiones (no siempre son arreglos sencillos), planificación de trabajos (nocturnos y diurnos), revisiones presupuestarias, etc.

“La ingeniería es lo que nos gusta realmente, para los que fuimos entrenados duramente durante años”. Es gratificante ver como algo que se pensó y plasmó en un documento, toma vida y sirve de forma muy útil a la sociedad. En algunos casos se realiza directamente y en otros empresas externas colaboran con sus recursos materiales, aunque

los responsables últimos siguen siendo los ingenieros, bien sea en proyectos de pequeña envergadura (10.000 euros) o macro proyectos (1.500 millones de dólares). La pasión y dedicación es la misma.

“Realizados los proyectos, quedan los pasos finales: la ejecución”. Cuando lo proyectado hay que materializarlo, aparecen una serie de cuestiones que deben dar paso al entendimiento, negociación y consenso: se hace necesaria una pequeña flexibilidad y un gran espíritu de dialogo. Los proyectos de obras,



Chamartín



Príncipe Pío

no son proyectos industriales, donde hasta el último detalle queda definido. El trabajar de forma subterránea implica un cierto grado de indefinición (factor que hay que añadir al tipo de proyecto de obra) donde podrían ponerse sobre la mesa algunos factores como: sistemas generales de suministro, afecciones a edificaciones colindantes, aparición de restos arqueológicos o paleontológicos, etc.; además de los condicionantes puramente técnicos que puedan darse y que son predecibles hasta cierto punto (hidrología, geología, etc.).

En resumen, ya que enumerar todas las tareas que implican dirigir y redactar proyectos y obras sería aterrador, en ese día a día nos encontramos con la necesidad de: priorizar actuaciones y estudiar parámetros económicos, redactar y aprobar pliegos de contratación, valorar técnicamente concursos de proyectos y de obras, tramitar certificaciones, velar por el cumplimiento presupuestario, supervisar la buena redacción de proyectos y hacer un correcto seguimiento de la ejecución de obras, etc.

“Estamos muy en contacto con la realidad que nos rodea, dentro y fuera de nuestro país. ¡No dejamos de estudiar, actualizando, en unos casos, o implementando, en otros, nuestro *back up!*”. Como detalle, hay que tener presente que en España el trabajo se realiza de una forma altamente eficiente, frente a otros países de todo el mundo. Digo bien: de todo el

mundo. Como ejemplo citar que en reuniones con colegas de una administración extranjera, se ha puesto de manifiesto claramente que los procesos y los tiempos desde que deciden acometer una infraestructura hasta que la ejecutan totalmente, se materializa en 15 años de trabajos. ¡No puede ser! ¿Cómo trasladar a los ciudadanos de a pie que se necesitan esos años desde que se planea una infraestructura hasta que se ejecuta? No tiene sentido. El control no debe ser excusa para dilatar en el tiempo la ejecución de los trabajos, no son cuestiones antagónicas, es cuestión de buena organización.

“Aunque pueda parecer menos apasionante, no es menos importante otro tipo de trabajos a los que se dedican muchos compañeros”. De fondo quedan cuestiones de soporte y trabajo económico, administrativo y organizativo, tales como realizar planes de inversión futuros, procesos de gestión interna, reuniones con departamentos jurídicos, de recursos humanos, de organización empresarial, *benchmarking*, no menos importantes, debiendo dedicarlas la atención y el tiempo que precisen y siempre de la mejor forma posible.

“Siempre tengo presente que cuando uno siente la profesión entonces la vive, el día que deje de sentirla dejaré de vivirla, quedando a merced de otros intereses”. Me gusta usar este símil: “Esto es como mi casa, yo vivo aquí, sé lo que necesito y lo que funciona. No me vale cualquier cosa”. **ROP**

La Operación Chamartín hoy



Jesús Espelosín Atienza

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Autor del libro "Operación Chamartín. Historia de una realidad virtual"

Resumen

La Operación Chamartín se ha puesto al día. Después de 23 años perdidos, ha hecho falta que Renfe se llame Adif, DUCH, sea ahora DCN, que la propia actuación se conozca como Distrito Castellana Norte y, sobre todo, que el Ayuntamiento de Madrid, la administración competente, defina por primera vez, lo que hay que hacer desde el punto de vista del urbanismo de la ciudad, algo obvio pero que, por novedoso, ha causado estupor. Por fin, si el resto de las administraciones aceptan este hecho, puede arrancar la Operación Chamartín.

Palabras clave

Larga historia, economía y urbanismo, iniciativa municipal, veracidad informativa, acuerdo necesario

Abstract

The Chamartín Operation is back on track. After 23 lost years, the Railway Infrastructure agency ADIF, an offshoot of the Spanish Railway Company RENFE, and the Madrid City Council, as competent authority, have finally defined for the first time what needs to be done from a town planning perspective with respect to a project that has successively been rebranded as DUCH and now as the North Castellana District or DCN. While this was patently obvious, this sudden announcement after all this time has caused something of a stir. If the other authorities now accept this fact, the Chamartín Operation can finally begin.

Keywords

Long history, economy and town planning, municipal initiative, transparency, necessary agreement

Hace más de veintitrés años que Renfe, hoy Adif, intentó poner en marcha lo que luego se conoció como Operación Chamartín.

Era 1993 y Renfe acababa de terminar una actuación conocida como el Pasillo Verde Ferroviario que había cerrado una herida urbana en el distrito de Arganzuela, mediante la cobertura de las vías que cruzaban el barrio y la transformación del espacio en suelo urbano que fue utilizado para construir viviendas, oficinas, hoteles, equipamientos y zonas verdes. En definitiva, ciudad.

Un consorcio entre Renfe y el Ayuntamiento de Madrid fue capaz, obviamente después de que el Ayuntamiento definiera urbanísticamente lo que había que hacer, de ejecutar ese planeamiento en menos de cinco años. Y, sin embargo, y de manera sorprendente, Renfe no utilizó el mismo procedimiento para desarrollar una nueva actuación en el norte de la ciudad para encajar el haz de vías que parten, y atraviesan, la Estación de Chamartín. En su

lugar, Renfe encargó a la mercantil "Desarrollo Urbanístico de Chamartín SA" (DUCH) la gestión de la recalificación del suelo y su posterior ejecución del desarrollo urbanístico. Hoy, esa mercantil, participada en un 75% por el banco BBVA, tiene otro nombre, "Distrito Castellana Norte SA" (DCN), pero el mismo grado de ejecución de la Operación Chamartín que hace 23 años cuando le fue adjudicada.

Les remito a mi libro "Operación Chamartín. Historia de una realidad virtual" (Ediciones Irreverentes 2013) para conocer el cómo, que no el porqué, desde el pecado original de no partir de un planeamiento previamente aprobado por el Ayuntamiento de Madrid, han pasado esos veintitrés años sin que DUCH, la empresa a la que Renfe encargó la ejecución de la Operación Chamartín, haya sido capaz de ponerla, siquiera, en marcha. Y, eso, que durante este tiempo hemos conseguido una burbuja inmobiliaria en la que, parafraseando la célebre expresión, el más tonto hacía casas.



En la actualidad

Pero estamos en 2016 y la historia debería servir para evitarnos la condena de tener que repetirla.

En el mes de mayo de este año el Ayuntamiento de Madrid, por primera vez, ha tomado la iniciativa para definir qué es lo que debe hacerse en esa zona de la ciudad desde su punto de vista, es decir desde criterios urbanísticos. Hasta ahora, la administración municipal se había limitado a fijar parámetros de planeamiento general y a recibir las diferentes propuestas de planeamiento de detalle proporcionadas por la empresa encargada por Renfe. Todo ello, eso sí, en el más noble espíritu colaborador a pesar de que nunca hasta ahora las propuestas llegaban a gozar del beneplácito de los servicios técnicos municipales.

Bueno, hasta este punto he tratado de describir una situación real. Ahora, me gustaría dar mi opinión de como deberían evolucionar los acontecimientos para que la antigua Operación Chamartín llegue a ser una realidad, le pongan el nombre que le pongan.

Para empezar, diré que no me voy a meter en consideraciones urbanísticas que no me conciernen ni como promotor, ni como administración ni como árbitro. Ya se han ofrecido suficientes. Me limitaré a dar la visión de esos mirones que, detrás de una valla de obra comentan la marcha de esta. Y, como hacen esos mirones, con varias obviedades que, sin embargo, no parecen serlo tanto a la vista de lo acontecido hasta ahora.

En primer lugar habría que señalar que el entorno económico ha cambiado desde que en 2008, en el punto álgido de la burbuja inmobiliaria, se desbloqueó, por enésima vez, la Operación Chamartín. Eso sirvió para que el promotor presentara, en 2011, un Plan Parcial que era el que ya habían presentado en 2004 pero corregido y muy aumentado. Después, aunque las sentencias judiciales lo han adelgazado, creo que la última propuesta tiene más que ver con el deseo de buscar inversores que con las posibilidades reales de llevarlo a cabo. Incluso el promotor propuso, y Adif y Renfe Operadora aceptaron, a finales



Proyecto Madrid Castellana Norte

de 2014, un plazo de veinte años para pagar el suelo a Adif, lo que significa que ambas instituciones piensan en que les van a hacer falta más de dos décadas para llevar adelante la Operación. Concretamente, hasta 2036. Ello fue el objeto de un llamado “Acuerdo para la modificación no extintiva del texto refundido del Contrato suscrito el 23 de junio de 2009 por Adif, Renfe Operadora y Desarrollo Urbanístico de Chamartín sobre adjudicación preferente de los derechos de las primeras en relación con el desarrollo urbanístico de los recintos ferroviarios de Chamartín y Fuencarral” que fue ratificado por el Consejo de Administración de Desarrollo Urbanístico de Chamartín SA, promotor de la Operación Chamartín, con fecha de 30 de enero de 2015.

Efectivamente, da la impresión de que ni el mercado inmobiliario, ni las posibilidades crediticias para ese mercado hacen pensar que en el corto plazo pueda desarrollarse una Operación Chamartín modelo king size, aunque, en todo caso, este es un asunto que concierne, exclusiva-

mente, al promotor y él sabrá lo que más le interesa desde el punto de vista de su economía.

Pero es que el asunto no puede analizarse solo desde esa perspectiva. El que Adif consiga unos importantes beneficios por la recalificación de sus terrenos o el que una entidad financiera obtenga plusvalías extra bancarias, por muy legítimos que sean esos intereses, no pueden ser el motor de una actuación urbanística en Madrid y si el que la ciudad pueda desarrollarse con la lógica de un urbanismo armónico.

Por eso, debemos celebrar que, además de hablar de cuánto dinero le hace falta a Adif para resolver sus problemas económicos, una vez que el promotor privado se lleve su parte, se hable de urbanismo, pero del que se levanta en el suelo y no del que se construye en el aire. De una edificabilidad que no sobesature la zona, de unas comunicaciones que resuelvan el actual déficit de las mismas y de unos equipamientos que no se queden en el papel

por su imposibilidad de construirlos. En definitiva, de un urbanismo hecho desde la realpolitik y no desde la mera especulación del suelo.

Y si hablamos de urbanismo hay que recordar otra obviedad, reflejada en el artículo 25, apartado e) de la Ley 7/1985 Reguladora de las Bases del Régimen Local. Es el Ayuntamiento de Madrid la administración competente para definir el urbanismo de su ciudad, por muy importantes que sean las demás administraciones públicas que tengan algo que hacer en la misma. Hasta ahora el Ayuntamiento, de Madrid, se había limitado a fijar, y cambiar, los parámetros de planeamiento general que fueran más favorables para la Operación Chamartín y a admitir las diferentes propuestas de planeamiento de detalle que se le han hecho. Pero algo se ha debido hacer mal para que estemos donde estamos.

Mi impresión es que, hasta ahora, los servicios técnicos de la Gerencia Municipal de Urbanismo de Madrid (se llame como se llame ahora) nunca han estado de acuerdo con las propuestas que le hacía el promotor y solo las decisiones políticas hacían posible la, aparente, aprobación de las mismas. Dos ejemplos: Uno, en 2004, ¿porqué no aprobó el Ayuntamiento de Madrid el Plan Parcial presentado y esperó a una nueva propuesta del gobierno de Rodríguez Zapatero que no se produjo hasta 2008?. Otro, en 2015, ¿Porqué no aprobó el Ayuntamiento de Madrid el nuevo Plan Parcial que, a bombo, platillo y cohetes anunciaron en febrero de ese año?. Pueden dar las respuestas que mejor expliquen su posición personal al respecto pero el caso es que, en ninguna de las dos ocasiones se aprobó ese Plan Parcial.

Hay un caso entre esos dos que fue el de 2011, ese que el TSJ de Madrid calificó como ilegal. Realmente, ¿alguien puede pensar que los rigurosos funcionarios de la Gerencia Municipal de Urbanismo (o cómo diablos se llame ahora) no eran conscientes de lo que estaban aprobando bajo indicaciones muy precisas de la superioridad?.

Ahora, el Ayuntamiento ha tomado, por primera vez, la iniciativa y ha definido en unas criticadas dieciséis páginas del mes de mayo, que es lo que hay que hacer. Creo que es el momento en que más cerca ha estado la Operación Chamartín de llegar a ser una realidad física.

Hay otra obviedad que, sin embargo, no puede dejar de reseñarse: la igualdad ante la ley de todo el mundo. Si el planteamiento de Adif, eso de recalifíqueme usted mi terreno hasta que pueda conseguir la plusvalía que necesito, pudiera valer para cualquier propietario de suelo, la verdad es que nos ahorraríamos los departamentos urbanísticos de los ayuntamientos pero también las posibilidades de corrupción que, por esos motivos, suelen producirse. Incluso se podría sustituir todo eso por unas máquinas expendedoras de edificabilidad en la puerta de los ayuntamientos españoles. Bastaría introducir el título de propiedad del terreno y señalar en el display de la máquina la edificabilidad deseada. La propia máquina podría emitir, junto con el certificado de esa edificabilidad pedida, la justificación adecuada para la misma. Realmente, ¿Alguien puede imaginarse a cualquier otro propietario de suelo exigir a su ayuntamiento una recalificación del mismo hasta que satisfaga sus necesidades, o sus deseos, de plusvalía económica?

Bien, pues si ese planteamiento parece un disparate, ¿porqué el planteamiento de Adif-Renfe basado en su necesidad económica no merece ese calificativo?. Pues, posiblemente, por la consideración de su carácter de institución pública que, a los efectos urbanísticos es irrelevante mientras pretenda competir con la actividad inmobiliaria privada mas allá de su dedicación ferroviaria.

Y, por último, habría que reclamar una política de comunicación más adecuada con la consideración de la opinión pública como adulta. No voy a pedir que se diga la verdad, siempre relativa y más en el ámbito de la política. Voy a pedir solo que se digan cosas que parezcan coherentes. Veamos algunos ejemplos de lo que digo.

Primero. Esa propuesta del Ayuntamiento del mes de mayo se ha interpretado por algunos medios como una paralización de la Operación Chamartín pero, ¿cómo puede pararse algo que lleva parado desde hace veintitrés años?. De ninguna manera. Esa expresión tiene como única finalidad, muy posiblemente, desprestigiar la propuesta municipal.

Incluso habría que recordar que el programa electoral de Ahora Madrid, el grupo político que hoy gobierna la ciudad, contenía, en la página 21 de sus “Propuestas Programáticas Ciudadanas de Distrito”, el propósito de “Impulsar la paralización de la Operación Chamartín” (sic). Bueno,

pues no han hecho esa cosa lingüísticamente tan rara sino todo lo contrario, cosa que le puede venir muy bien a la Operación Chamartín si logran entenderse los distintos protagonistas de la historia.

Segundo. La propuesta del Ayuntamiento de Madrid no ha impedido la creación de cientos de miles de puestos de trabajo ni ha supuesto la pérdida de miles de millones de euros para el Ayuntamiento en los próximos tres o cinco años como algunas estimaciones optimistas vertieron en los días siguientes sobre un documento que, además, se criticó por su parquedad ya que se contenía en tan solo 16 páginas. No. La propuesta aprobada en el Consejo de DUCH-DCN de 30 de enero de 2015, ya citada anterior-

mente, extendía hasta 2036 el plazo de ejecución de ese remozado Distrito Castellana Norte y, además, estaba planificado por quien lleva veintitrés años haciendo eso, planificando plazos. Hay que recordar esa frase hecha de “Ahora sí: Arranca la Operación Chamartín” repetida hasta el aburrimiento por los medios durante estos años cuando se hacían eco de las pretensiones del promotor. Y, si, ahora si sería posible el arranque de la Operación si se respetara el estado de derecho y la competencia municipal en el urbanismo madrileño.

Tercero. El Ministerio de Fomento planteó, en mayo de 2016 después de la propuesta municipal que, debido al compromiso del Ayuntamiento de Madrid de febrero de



Propuesta del Ayuntamiento de Madrid

2015, había incurrido en un gasto irrecuperable de 900 millones de euros que, naturalmente pensaba reclamar al Ayuntamiento. Pues bien, alguien podría pensar que si ese supuesto compromiso vinculante tiene fecha de febrero de 2015 no era posible que el Ministerio dispusiera de partidas de gasto hasta el presupuesto de 2016, ese que le hubiera permitido, desde el 1 de enero de ese año, hasta el mes de mayo cuando hacía la reclamación, concursar, licitar, adjudicar, contratar, realizar, certificar y pagar nada menos que 900 millones de euros. Seguro que es así, pero debería explicarlo mejor.

Una última nota sobre otro problema que, hasta ahora, tampoco han sabido resolver. Cuando se produzca la desafectación del uso ferroviario de los suelos de Adif-Renfe, deberá ofrecerse a sus antiguos propietarios, o a sus causahabientes, la reversión de la expropiación realizada en su momento en aquellos suelos expropiados para usos ferroviarios y que ahora van a tener un uso lucrativo distinto. No hacerlo supondría retrotraernos a finales del siglo XVIII cuando las últimas patentes de corso expedidas por el rey Carlos III permitían a determinados capitanes de barco robar a terceros siempre que dieran una parte de la “presa” a la Hacienda Pública.

Ni las campañas de desprestigio social de los reversionistas, ni las decisiones de los tribunales que, hasta ahora, no han podido entrar en el fondo de las reclamaciones por no estar desafectados los terrenos, van a impedir que se produzcan esas reversiones. A no ser que la administración admita la incapacidad del promotor para resolver ese problema a pesar de que tenía el compromiso contractual de hacerlo. No lo ha hecho. Simplemente ha procrastinado.

La Operación Chamartín se encuentra, hoy, como hace veintitrés años: como un objeto de disputa entre dos administraciones, la central y la autonómica de un signo político y la municipal de otro. Exactamente como en 1993 pero con los signos políticos cambiados. De esas tres administraciones depende el que no pasen otros veintitrés años igual pero, ahora, hay una ventaja sobre la situación anterior: el Ayuntamiento de Madrid, la administración competente, ha fijado las condiciones urbanísticas.

Ojalá hagan que el urbanismo sea un arma cargada de futuro para la Operación Chamartín. **ROP**



Numancia: el valor de un patrimonio cultural universal



Amalio de Marichalar

Conde de Ripalda.

Presidente de Foro Soria 21 para el Desarrollo Sostenible.

Miembro del Consejo de la European Environment Foundation (EEF).
Freiburg, Alemania

Resumen

Numancia es el primer sitio declarado monumento nacional en España y Numancia debió ser la primera que encabezara la lista de patrimonio mundial en España; al igual que lo fue el primer parque nacional de Yellowstone, por parte de los EE. UU.

Palabras clave

Numancia, monumento, patrimonio, Roma

Abstract

Numancia was the first site to be declared a national monument in Spain and should have been the first site heading the list of international heritage in Spain, much in the manner of the first national park of Yellowstone in the United States.

Keywords

Numancia, monument, heritage, Rome

Hace 2.150 años, Numancia sucumbió ante el poder de Roma. No se rindió jamás, pero tras veinte años de sucesivas batallas y diez Cónsules romanos vencidos, y después de más de cien años de guerras celtíberas, Roma logró la dominación de la península Ibérica, y por tanto, consolidar sus dominios en el extremo Atlántico de Europa.

Desde entonces, Numancia ganó lo más importante e imperecedero, lo que distingue los hechos históricos más relevantes de la humanidad. Ganó el reconocimiento universal, de un pueblo que quiso morir antes de entregarse, que quiso anteponer los valores de la libertad, del honor y de la dignidad, y llamar así a las conciencias del mundo conocido, en defensa de estos principios y valores supremos, que han sabido traspasar la frontera de los tiempos, hace ya más de veintiún siglos.

Escipión, y la propia Roma, fueron los que rindieron honor a ese pueblo numantino, y trasladaron ese reconocimiento que se hizo desde entonces universal. Autores clásicos y modernos como: Strabon, Plutarco, Apiano, Polibio, Cicerón, Ovidio, Seneca, Ptolomeo, el anónimo de Ravena, Antonio de Nebrija, Ambrosio de Morales, Mosquera de Barnuevo, Miguel de Cervantes, José Martínez Ruiz Azorín, Johann Wolfgang von Goethe, Antonio Machado, Gustavo

Adolfo Becker, Gerardo Diego, han recogido en sus obras literarias, la gesta, el mito y la leyenda de Numancia, y es verdaderamente un tesoro inmaterial lo que nos han transmitido, una profunda lección que cincela nuestras conciencias, en el permanente recuerdo de los valores de la gesta.

Debiéramos tomar hoy buena conciencia de lo que representan las virtudes numantinas, y como nos dijo el propio Parlamento Europeo, Numancia, es uno de los símbolos más importantes de la historia y cultura común europea. El símbolo del valor de la libertad, y por tanto antecedente único de lo que nos han legado Grecia, Roma y el Cristianismo, cuyo crisol de culturas, han devenido en los valores constitutivos de nuestro continente, alrededor de la libertad, los derechos humanos y de la propia democracia.

Hoy Numancia, está recibiendo los apoyos de muchísimas instituciones, a las que desde aquí quiero agradecer, como son el Colegio de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos de España, La Real Academia de Ingeniería, la Real Academia de Doctores, la Fundación Antonio Machado, la Fundación y la Universidad Antonio de Nebrija, la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, la Universidad San Pablo CEU, la UNED, la Academia Portuguesa

da Historia, entre otras muchas adhesiones y casi 13.000 firmas, para que Numancia pueda ser Patrimonio de la Humanidad de la UNESCO.

La suma de Instituciones y personas es incesante, y es un clamor general, que este reconocimiento pueda ser una realidad, tanto por la epopeya histórica única que supuso junto a la intervención del General más prestigioso de Roma, Escipión el Africano, o mejor, Escipión el Numantino, -así le rindió su mayor honor Roma- ; como por la resistencia heroica de un pueblo en defensa del supremo valor de la libertad, que ha sabido cincelar y transmitir Numancia como símbolo reconocido en las conciencias de todos, a través de las generaciones.

Numancia es además, el símbolo inequívoco del origen más remoto de la historia de España, es el alma de nuestra Nación, el germen más antiguo de la lucha en común , de los valores que nos unen, de los pueblos que confluyen por la causa de todos, es el comienzo, hace mas de

veintiún siglos, del más profundo significado de lo que es nuestra patria.

Numancia, representa, asimismo, como bien dice el maravilloso respaldo de la Academia Portuguesa de la Historia “ Essa persistencia na defesa do seu territorio traduz hoje um conjunto de valores que nao so testemunha a sua longa historia como último bastião de defesa ao dominio romano na península ibérica, como evoca o principio da liberdade de um povo que, resistindo ao invasor, teimou em preservar os seus costumes e valores mais profundos”.

Rindo emocionado homenaje a esa gran Nación que es Portugal, agradeciendo su ayuda, para que este hito tan importante de nuestra historia común que es Numancia, pueda convertirse, como esencia que es de la mejor herencia moral de la humanidad, en pilar inequívoco de la cultura que ha de presidir un desarrollo inteligente y sostenible, basado en principios y valores sólidos, en bien de las presentes y futuras generaciones. **ROP**



San Telmo, tercer puente levadizo del Guadalquivir¹



Marcos Pacheco Morales-Padrón²

Graduado en Historia por la Universidad de Sevilla

Resumen

El presente artículo intenta realizar un repaso histórico por la construcción del puente de San Telmo, así como su contexto e incidencia en el panorama portuario de la capital hispalense. Relación con esta que se mantendría hasta que su maquinaria, que le dotaba de su capacidad móvil, fuera retirada a principios de los años sesenta; trasladándose así la actividad portuaria lejos de los históricos muelles del Arenal.

Palabras clave

Guadalquivir, San Telmo, Sevilla, Puente

Abstract

The present article provides a historical overview of the construction of the San Telmo bridge, describing its background and impact on the inland port of Seville. This relation with the port remained intact until the machinery used to raise the bridge was removed at the start of the nineteen sixties and port activity was moved far away from the ancient wharves of the Arenal.

Keywords

Guadalquivir, San Telmo, Seville, Bridge

Estamos en 1912, han transcurrido sesenta años desde la construcción del puente de Isabel II (1852). Sevilla ha pasado de tener 112.529 habitantes en 1857 a 158.287 en 1910, de los cuales 30.000 viven en Triana. El tráfico de este barrio, así como el procedente de Extremadura y Huelva, que ha de circular por la dicha infraestructura como única vía de comunicación con Sevilla, su puerto y las estaciones de ferrocarril. Los otros puentes construidos, el ferroviario de Alfonso XII y la peatonal Pasadera del Agua, no estaban destinados a tal uso. Por lo que se observa, la capacidad del puente trianero a todas luces ya resultaba insuficiente; en especial a partir del uso de los tranvías de sangre y eléctricos.

Éstas, y otra muy importante que veremos después, fueron las razones que el por aquel entonces alcalde Antonio Halcón presentó al Ministro de Fomento solicitando la construcción de un nuevo puente sobre el Guadalquivir. La otra razón, tan poderosa como utilizada a lo largo de su vida, era la del estado de conservación del propio puente de Triana.

La Administración Estatal, más preocupada por acondicionar este último que por construir uno nuevo, y el Ayun-

tamiento, inmerso en el debate y gestión de la Exposición Iberoamericana con importantes problemas financieros, hicieron que a corto plazo la petición municipal no fructificase.

En el largo proceso hasta la inauguración del puente, el primer paso concreto fue el estudio de su emplazamiento, realizado en 1917 por el ingeniero de la Jefatura Provincial de Obras Publicas de Sevilla, Antonio Ibarra Miró. Aunque el tramo de río que interesaba quedaba limitado entre el puente del ferrocarril a Huelva y el inicio de la futura corta de Tablada, desde el principio se descartó la zona aguas arriba de Triana por considerarse que ello supondría ir contracorriente de la ciudad, cuya expansión hacia el sur, donde se situaría el futuro puerto y la Exposición, no dejaba lugar a dudas.

Con la ubicación concreta del puente junto al palacio de San Telmo, de donde toma su nombre, se consiguieron dos objetivos:

1º. Permitir la utilización de los magníficos terrenos de la margen derecha del río como futura zona residencial de calidad.



2º. Establecer un nuevo punto de conexión entre las carreteras de la margen derecha –Coria, Huelva y Mérida– con las de la margen izquierda –Madrid, Cádiz y Málaga– en el borde sur de la población; punto a la vez muy próximo a la zona portuaria e industrial anexa –fábricas de gas, electricidad, abonos minerales y fundiciones militares–.

El inconveniente de esta situación, que era la inutilización para la navegación del tramo comprendido entre el puente de Triana y la Torre del Oro, se salvaba diseñando un puente movable. Se citaban varias posibilidades como puentes giratorios, levadizos y levantables, proponiéndose como el más adecuado el sistema basculante americano “Scherzer”.

Con esta obra quedó definida la alineación de la actual avenida de la República Argentina, ya que se trazó una carretera desde el puente hasta el barrio de la Pañoleta, en Camas, recogiendo con ella los caminos de Coria, Huelva y Extremadura.

Para la feliz ejecución de la obra, la Jefatura de Obras Públicas consideró que lo mejor sería convocar un concurso público, y procedió a preparar un proyecto de bases que definiera las dimensiones y características del futuro puente. Al evento se presentaron dos propuestas, una con tramos metálicos en toda su longitud de la reputada casa francesa Schneider y Cía., con un presupuesto de 11 millones de pesetas, y otro de la constructora española Compañía de Construcciones Hidráulicas y Civiles

(HIDROCIVIL), con proyecto del ingeniero José Eugenio Ribera y un coste de 8 millones.

La Dirección General eligió el puente de Ribera, si bien reduciendo su anchura de 20 a 15 metros y desglosando la parte decorativa, que se consideró como suntuaria y cuyo gasto no correspondía al Estado, sino más bien al Ayuntamiento. El presupuesto resultando fue de 5.821.318 pesetas.

El puente tenía tres vanos; los dos laterales eran arcos de hormigón armado de 44 metros de luz y el central, metálico y levadizo, de 48; éste estaba constituido por dos ménsulas de 25 metros que alojaban un sistema de contrapesos (patente americana de “Scherzer”). Este tramo levadizo fue proyectado y montado por la reputada empresa La Maquinista Terrestre y Marítima de Barcelona³.

En lo que a la evolución del diseño se refiere, durante los años transcurridos desde su planteamiento hasta su construcción, la tendencia artística cambió, persiguiéndose entonces la sencillez de líneas y la sobriedad en la decoración. Por ello, cuando se comenzó la construcción del puente, los mismos arquitectos colaboradores se opusieron a que se realizaran aquellas ornamentaciones, que con tanta complacencia se presentaron en 1920. Así pues, se suprimió casi todo quedando el puente con una sencillez extrema, donde las únicas concesiones formales fueron el apilastrado de los tajamares y los arquillos de medio punto en el arriostramiento longitudinal de los tabiques de los tímpanos.



Una vez que en octubre de 1920 se resolvió el concurso a favor de la ya mencionada constructora española, el expediente sufre un parón hasta principios de 1925. Durante este periodo, aparte de los problemas administrativos y de falta de materiales, se presentaron otra serie de circunstancias que no ayudaron a agilizar el proyecto; como por ejemplo el desastre del Rif o el golpe de estado del general Primo de Rivera, además de otras más locales como los continuos retrasos en la Exposición y el reciente ensanche del puente de Isabel II, que había mejorado la comunicación entre Sevilla y Triana.

Para la construcción del puente de San Telmo, dadas las características del río Guadalquivir, los procedimientos empleados fueron decisivos. El importante calado en bajar y el riesgo de crecidas hacían imponer sistemas independientes, en lo posible, a estas variables. Por todo ello, para la cimentación de la obra, que fue a 18,3 metros de profundidad, por primera vez se emplearon cajones de



hormigón armado en lugar de los tradicionales cajones metálicos.

La obra principal del puente se concluyó en agosto de 1931, realizándose la prueba de carga en la mañana del día 13. Esta la protagonizaron bidones de agua, camiones y apisonadoras. No obstante, la apertura a la circulación se pospuso hasta el lunes siguiente.

Por fin, y tras seis años de obras, Sevilla contaba con un nuevo y magnífico puente. Obra, por cierto, que acabó con el tradicional servicio de barcas que cruzaban de una a otra orilla. Por orden, fue el sexto puente de la ciudad y, actualmente, el tercero de más antigüedad.

La construcción de este paso permitió la futura expansión del barrio de los Remedios a finales de los años cuarenta. De esta manera, nació la tan terrible especulación urbanística.

En 1964 el puente se vería afectado por una profunda reforma que cercenaría su capacidad levadiza. El tráfico viario se impuso al marítimo/fluvial. Con su inmovilización, los barcos, o al menos los comerciales, dejaron de arribar a la Torre del Oro. Así, se rompía el histórico maridaje portuario entre el Arenal y el Guadalquivir como vía comercial. Un divorcio del cual Sevilla aún no ha levantado cabeza, pues ya los sevillanos no conocen tan bien su río como antes. **ROP**



Notas

- (1) El primero es el puente de Alfonso XIII (1926) y el segundo el de San Juan de Aznalfarache (1930).
- (2) Actualmente desarrollando los estudios de Doctorado sobre el puerto de Sevilla en la Universidad Pablo de Olavide (Sevilla).
- (3) Unos años antes había participado en la construcción de la monumental Plaza de España del recinto de la Exposición (1929), además del tramo metálico del otro puente levadizo del Guadalquivir, el de Alfonso XIII (1926). Más tarde, formaría parte de la construcción de la esclusa del Guadalquivir (1934).

Referencias

Archivo Histórico Provincial de Sevilla, Delegación Provincial de Obras Públicas, Servicio de Carreteras, Legajo 13426 (Unidad 349), Número de registro 1178.

RIBERA DUTASTE, José Eugenio. "El puente de San Telmo sobre el Guadalquivir, en Sevilla", en Revista de Obras Públicas, 1922, 70, tomo I (2375): 25-28.

RIBERA DUTASTE, José Eugenio. "Puente de San Telmo, en Sevilla, sobre el Guadalquivir", en Revista de Obras Públicas, 1931, 79, tomo I (2581): 372-377.

SALAS, Nicolás. Sevilla y sus puentes. Sevilla: Guadal-turia ediciones, 2009.

TORROJA MIRET, Eduardo. "Botadura y fondeo de los cajones de cimentación del puente de San Telmo", en Revista de Obras Públicas, 1926, 74, tomo I (2447): 110-112.

VV.AA. (Coordinación Eugenio Alonso Franco). Los puentes sobre el Guadalquivir en Sevilla. Sevilla: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1999.

VV.AA. (Coordinación General Javier Rubiales). Historia Gráfica del Puerto de Sevilla. Sevilla: Junta del Puerto de Sevilla y Equipo 28, 1989.

VV. AA (Coordina Leandro Álvarez Rey). Historia de Sevilla. La memoria del siglo XX. Sevilla: Diario de Sevilla, 2000.

+ desarrollo sostenible

Más que agua

Talento, conocimiento y compromiso.
Aportamos respuestas adecuadas
para una gestión más eficiente.
Compartimos conocimiento
y generamos innovación.
Trabajamos por un futuro basado
en el compromiso y la cooperación.

www.aqualogy.net



AQUALOGY
Where Water Lives

SOLUCIONES INTEGRADAS
DEL AGUA PARA UN
DESARROLLO SOSTENIBLE

Diseño sostenible en el desarrollo de la red de alta velocidad ferroviaria en Nueva España, EE. UU.



Luis Fort López-Tello

Doctor ingeniero de Caminos y doctor ingeniero Agrónomo.

Jubilado de los Cuerpos de Ingenieros de Caminos del Estado y de Profesores Titulares de Universidad



Carmen Fort Santa-María

Doctora ingeniera de Caminos y Máster en Infraestructuras.

Jefa de proyectos de la División de Infraestructura del Transporte. Eptisa

Resumen

Este artículo es un resumen de una ponencia presentada por los autores en el Congreso de Ingeniería del Transporte (CIT 2016) en Valencia, en junio de 2016 como ejemplo de aplicación de una política de transporte, basada en una propuesta de diseño de túneles largos en redes de alta velocidad ferroviaria, con incidencia en la mejora de la sostenibilidad económica, ambiental y social de las mismas. Tiene como objetivos el incremento de la seguridad en su explotación y el suministro de una información preliminar, pero fiable, de los costes de construcción, que pueda ayudar a la toma de decisiones políticas de inversión y financiación del sistema de transporte ferroviario de alta velocidad de una unidad de gestión territorial.

Partiendo de datos y experiencias vividas en obras similares en España, se particulariza esta aplicación al desarrollo de la U.S.H.S.R.S. (Red de Alta Velocidad Ferroviaria de Estados Unidos) en el extenso territorio de la antigua Nueva España. Los autores de este artículo tienen prediseñadas las treinta y una líneas (12.874 km) de alta velocidad (350 km/h), que integran esta red, distribuidas en siete anteproyectos, registrados en el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid. Estas líneas discurren por diecisiete Estados, desde el "Great Valley" de California en la costa del Pacífico a la "Mobila" de Alabama en las planicies de la Costa del Golfo de México. Resulta necesaria, con la idea que ha presidido el diseño, la ejecución de setenta y seis "long tunnels", con 1096 km de longitud total. El PEM estimado de esta red es de 218.510 M\$.

Palabras clave

Alta velocidad, Seguridad en Túneles Ferroviarios, Sostenibilidad, Costes unitarios

Abstract

This article is a summary of a paper presented by the authors in the Congress of Transport Engineering (CIT 2016) in Valencia, June 2016 as an example of application of a transport policy, based on a proposal for design of long tunnels in networks of high speed railway, with emphasis on the improvement of the economic, environmental and social sustainability of the same. It has the aim of increasing safety in exploitation and provide preliminary information, but reliable, of the costs of construction, which can help to take political decision- of investment and financing of a territorial management unit high speed rail transport system.

Based on data and experiences in similar works in Spain, this application is particularized to the development of the U.S.H.S.R.S. (United States High Speed Railway System) in the vast territory of the old New Spain. The authors of this article have predesigned the thirty-one lines (12.874 km) high speed (350 km/h), that integrate this network, distributed in seven "preliminary design", registered at the Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos of Madrid. These lines run by seventeen States, since the "Great Valley" in California on the Pacific coast to the "Mobila" of Alabama on the plains of the coast of the Gulf of Mexico. It is necessary, with the idea that presided over the design, the implementation of seventy-six "long tunnels", with 1096 km in total length. The Construction Budget of this network is estimated in 218.510 M

Keywords

High Speed, Safety in Railway Tunnels, Sustainability, Unit Costs

Introducción

Se propone como legislación básica de la política de transportes para aplicar a la red de alta velocidad ferroviaria de Estados Unidos (USHSRS), una ley federal como la de Suiza –enclave de las infraestructuras transalpinas–: LPE (*Loi sur la protection de l'environnement*).

“Esta ley tiene por objeto proteger a los hombres, los animales y las plantas, sus biocenosis y sus biotopos”, de forma que resulte incuestionable que la legislación debe privilegiar la protección de los seres vivos que viven en interacción con sus medios. El conjunto de estos elementos y de sus actividades forma un ecosistema cuya supervivencia y equilibrio están asegurados si lo están la salud y la calidad de los componentes y de sus intercambios. Este sistema desarrolla su actividad en un espacio dado, caracterizado por su geomorfología y su clima. El estudio de las modificaciones que para el desarrollo de esta actividad haya que introducir en ese espacio debe empezar por dar orden de preferencia a los impactos generados. El primer grupo de éstos reúne aquellos elementos que puedan poner directamente en peligro la supervivencia y la salud e integridad del hombre.

Una aplicación de este principio al diseño de infraestructuras lineales resulta particularmente interesante en el mayor reto mundial de ingeniería civil de los próximos años, que supone el desarrollo del Plan de Alta Velocidad Ferroviaria de Estados Unidos (USHSRS) desde su costa del Pacífico hasta llegar a las grandes llanuras del Mississippi, tras

atravesar el sistema de las Rocosas, en el inmenso Oeste norteamericano que constituyó en los siglos XVI a XIX la antigua Nueva España.

Bases de diseño

Consecuentemente con el principio antes expuesto, el diseño de las infraestructuras de las líneas ferroviarias de alta velocidad (HSRL) debe basarse en el respeto ordenado del ecosistema al que afectan, intentando garantizar al máximo los siguientes requerimientos:

- 1º.- Seguridad y Confort (“presente” del hombre)
- 2º.- Respeto al patrimonio histórico (“pasado” del hombre)
- 3º.-Sostenibilidad (“futuro “ del hombre) “The land belongs as much to the Living, as to the Dead and the Unborn”. (figuras 1 y 2)

El requerimiento de seguridad se considera prioritario, pues protege al usuario del transporte, el hombre, núcleo y razón de ser del entorno a proteger y por otra parte elemento condicionante para el tercer requerimiento de sostenibilidad, de forma que no constituya su falta de garantía un elemento disuasorio de utilización de esta infraestructura viaria, que a su vez dificulte la rentabilidad de su explotación.

Elementos de diseño

En aquellos tramos de líneas comprendidos entre dos PAETs que discurren por terrenos de relieve “accidentado/

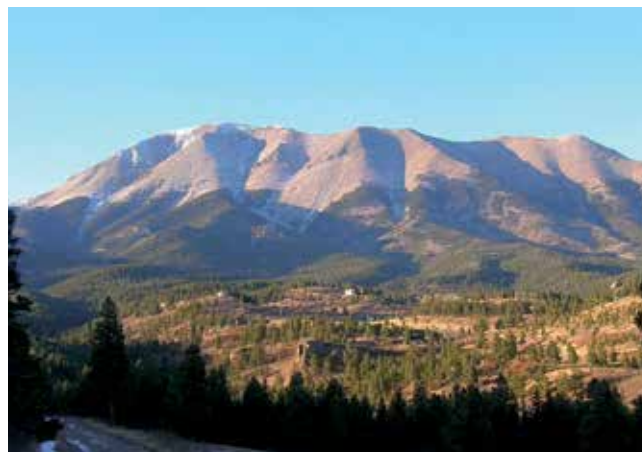


Fig. 1. Truchas Peak y Pico Español en Sangre de Cristo Mountains (Santa Fe National Forest) New Mexico



Fig. 2. Ácoma (camino del gobernador Juan de Oñate “El Adelantado”) Indian Reservation



Fig. 3. Sierra de Guadarrama LAV Madrid-Segovia. Alternativa Paraíso (Maqueta ETSICCP Madrid)

muy accidentado” y que por tanto su trazado requiere el paso con túneles largos y viaductos de luz importante (fig. 3), se estima decisivo para dotar a la explotación de esos tramos de una máxima seguridad fiable, reducir al máximo posible (incluso aumentando las pendientes, siempre que sean compatibles con las reducciones de velocidad establecidas con los condicionantes de explotación) la longitud de los túneles, disponer éstos de una gran sección libre, permitir la explotación en doble vía en todo el tramo, sin limitaciones ni condicionantes y finalmente disponer en todo el recorrido de los túneles de otro túnel auxiliar, paralelo y comunicado con el principal (fig. 4), para circulación de trenes de evacuación (VAL), que de forma sistemática sigan el paso de los trenes de explotación (TAV) de línea que circulan por los túneles principales, así como la del acceso rodado de vehículos de salvamento, rescate y extinción de

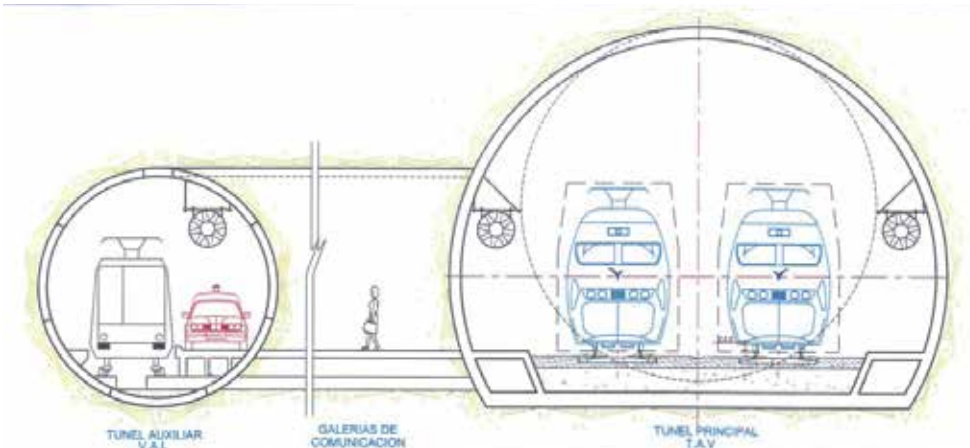


Fig. 4. Túnel Principal (TAV) doble vía y Túnel auxiliar (VAL)

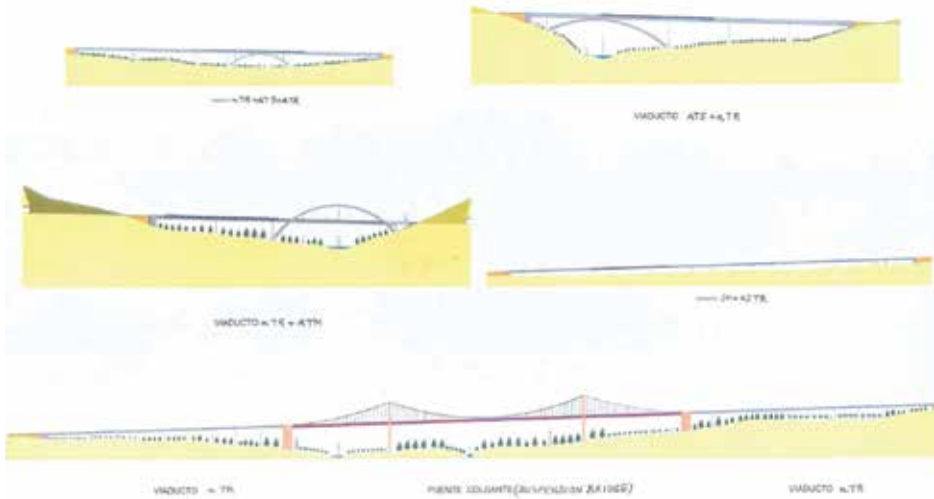
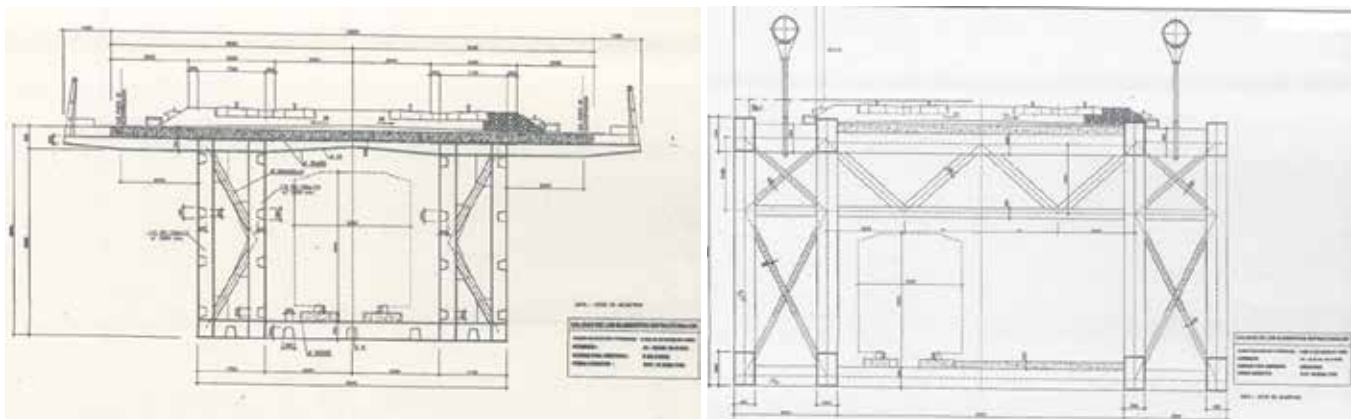


Fig. 5. Tipología de Grandes Viaductos y Sección con nivel VAL



incendios. Partiendo en cada caso de un detenido estudio de estrategias de evacuación en el tramo entre PAETs correspondiente, se determina el tiempo de evacuación con las condiciones pésimas de rescate. Así por ejemplo, en el Proyecto Farwest de la CHSR (California High Speed Railway System) en la HSRL “Golden Gate” Fresno- San Francisco en el tramo PAET Oroloma- HSR Gilroy Station (75,85 km), que cruza la “Diablo Range” con tres túneles: (TU1 de 16,2 km, en rampa sentido Oroloma-Gilroy de 7,16 milésimas), (TU2 de 19,2 km, doble pendiente, rampa de 2,75 milésimas en 4km desde su boca Este y pendiente de 10,45 milésimas en 15,2 km hasta su boca Oeste) y (TU3 de 9,2 km, todo en pendiente de 6,5 milésimas hacia Gilroy), los tiempos de evacuación en condiciones pésimas de

rescate (a 750m de las bocas de salida) son de 11min 20s (accidente en el TU1), 26 min 36 s (accidente en el TU2) y 29min 36s (accidente en el TU3).

Para permitir la circulación de los trenes TAV en todo el tramo es necesario, para continuidad de la plataforma de circulación de los trenes de auxilio (VAL), dotar a la sección de los viaductos (fig. 5), de un segundo nivel en el tablero, bajo las vías principales, para alojar la vía de los trenes de auxilio. En los tramos intertúneles, a cielo abierto, la plataforma se amplía, y en el recorrido de los túneles, los trenes VAL circulan por un segundo tubo auxiliar de sección más reducida (6,35 m de diámetro interior, fig. 4). El dimensionamiento de las secciones de los túneles prin-

cipales, derivado de las condiciones aerodinámicas de seguridad y confort para circular a 350 km/h requiere adoptar para los túneles largos de doble vía una sección libre de 101 m² (sección de excavación de 134 m²) en los 750m extremos y una sección libre de 86 m² (sección de excavación de 100 m²) en el resto del tramo central.

En los túneles de vía única, para el cumplimiento estricto de la condición de confort establecida en las Bases Técnicas de Concursos de la Administración Ferroviaria española, variación máxima de 2,5 kPa en 4 s, con sección transversal de tren de 8 m² y velocidad de 300 km/h, resulta una sección libre de túnel de 58,2 m², que requiere un diámetro interior mínimo en sección circular de 9m (calculada con el programa Thermotun) S excavación = 63,62 m² o de 10m (con el programa Ouranos) Sexcavación = 78,54 m².

Consideraciones económicas de diseño

El Sistema de las Rocosas ocupa más de un tercio del territorio estadounidense (fig. 6). Formadas en el transcurso de largos períodos geológicos, el levantamiento de su parte oriental que es la más antigua se efectuó en el Jurási-

co. Rocas antiguas, cristalinas y sedimentarias afloran por todas partes. Las Rocosas centrales que comprenden la Wasatch Range y los montes Uinta están constituidas por rocas cenozoicas y al igual que en la meseta de Colorado están depositadas sobre el zócalo de rocas cristalinas (gneis y esquistos antiguos). El río Colorado las tajó, formando el Gran Cañón que en su corte de hasta 1.800 m de profundidad permite distinguir todos los estratos de estas formaciones: partiendo de abajo, por encima de los granitos rosados del Pérmico y del Triásico antiguo, después las blancas verduscas o amarillas del Triásico reciente y del Jurásico y más arriba las importantes formaciones color amarillo y negruzco del Cretácico y por último los tintes rosados y naranja de las rocas del Cenozoico.

Tomando como base información de costes unitarios homogeneizados (excavados con TBM en rocas variadas, pero de perforabilidad media similar a las de cotas altas de Nueva España) de túneles ferroviarios de líneas de alta velocidad española, se pueden establecer las siguientes valoraciones medias para túneles de longitud “L”, con la ayuda de algunos parámetros y consideraciones que se comentan a



Fig. 6. Geología de los Estados Unidos. Sistema de las Rocosas

continuación:

- Para tener en cuenta el peso diferente, según la longitud del túnel, que aun suponiendo aplicable un mismo coste medio unitario, tienen las distintas secciones de las zonas extremas y la central, se define también en cada túnel de longitud total L, una longitud equivalente “ L_{eq} ”:

$$Leq=(2*0,75*1,34+(L-1,5))/1,24= 0,8065L+0,4113$$

Túneles vía única: = 28,878*L+14,792 M\$

Túneles vía doble:= 24,195*L+12,393 M\$

Auxiliar: 7,60*L M\$

Galerías de evacuación: 0,46*L M\$

Suplementos plataforma VAL:

Túneles:

Principales (Trenes TAV): 4,683*L+2,399 M\$

Auxiliar (Trenes VAL): 7,60*L M\$

Galerías de evacuación: 0,46*L M\$

Grades Viaductos:

Tramo recto (L=100m): 1,976 M\$

Arco Tablero Superior (L=200m): 2,990 M\$

Arco Tablero Intermedio (L=200m): 3,133 M\$

Arco Tablero Inferior...(L=200m): 3,133 M\$

Suspension Bridge (L=800m): 27,483 M\$

Infraestructura a cielo abierto:

20% Movimiento de Tierras Plataforma doble vía

Superestructura:

0,394 M\$/km

Instalaciones:

0,428 M\$

Resto Capítulos:

8,77%(Capítulos anteriores)

Estimación de sobrecosto de diseño en líneas con grandes túneles

En el Proyecto FARWEST, Alternativa de la CHSRS propuesta por los autores de esta Ponencia, se ha aplicado la medida descrita para el aumento de seguridad en trazado de líneas de alta velocidad al atravesar sistemas montañosos, proyectando solución monotubo de gran sección para alojar

plataforma de doble vía para circulación de trenes TAV en los dos sentidos, en lugar de solución bitubo de sección estricta para la circulación de los trenes TAV en cada sentido. La evacuación en caso de accidente en el interior de un túnel se hace igualmente con galerías de escape espaciadas a no más de 500 m. En el caso bitubo, comunicando ambos túneles de circulación de trenes TAV, lo que implica que no pueda hacerse el rescate de los pasajeros del tren accidentado, manteniendo el servicio de la línea en los dos sentidos de circulación sin interrupción y retrasando por tanto unos minutos críticos su rescate y evacuación. En el caso de túnel único de gran sección, las galerías de escape comunican con otro túnel auxiliar de menor sección por el que circulan los trenes VAL que siguen a velocidad de 100 km/h a cada tren TAV que pasa por agujas en uno de los PAETs, que limitan el trayecto con plataforma para la circulación de los trenes VAL, “Plataforma VAL”.

En el texto y figuras adjuntas se reproducen (tomadas de tres líneas del Proyecto Farwest) las estrategias de evacuación en tres casos de accidente, con tiempos de rescate, inferiores a la media hora, que se estima suficiente para que sea efectivo en condiciones contrastadas de supervivencia.

Se comprueba, como era previsible, que el sobrecosto que lleva consigo esta medida de seguridad en el diseño de líneas de alta velocidad con grandes túneles en su trazado, depende principalmente del tamaño medio de los grandes túneles de la red estudiada, siendo directamente proporcional al mismo. (Coeficiente $A\alpha$). Por otra parte, resultan también significativas las relaciones de Longitud de plataforma VAL “LVAL” a Longitud Total “L” (Coeficiente $B\beta$) y la proporción de plataforma en túnel “LTU” a la total “L” (Coeficiente $C\gamma$). Para aproximar los valores de estos coeficientes se analizan todas estas magnitudes y la descomposición en capítulos del Presupuesto de tres trayectos representativos de la Unidad estructural de la USHSRS “NUEVA ESPAÑA”, tomadas del Proyecto Farwest, en dos de sus líneas: “Golden Gate Alternative: Fresno-San Francisco Airport” (Trayecto I:- PAET Oroloma (pk 99+500) - PAET/HSR Station Gilroy (pk170+600)) y “Missions Trail”: a> “Tehachapi Section”: Fresno-Los Angeles Airport” (Trayecto II:-PAET Mettler (pk 195+000) – PAET/HSR Station Los Angeles Airport (pk 320+000) y “Missions Trail”: b> Capistrano Section”: Los Angeles Airport-San Diego Airport” (Trayecto III: 1>-PAET HSR Station (pk 378+250)-PAET Oceanside (pk 442+000) y 2>- PAET Encinitas-HSR Station San Diego).

En el trayecto I hay tres grandes túneles (TU1: 16,2 km;

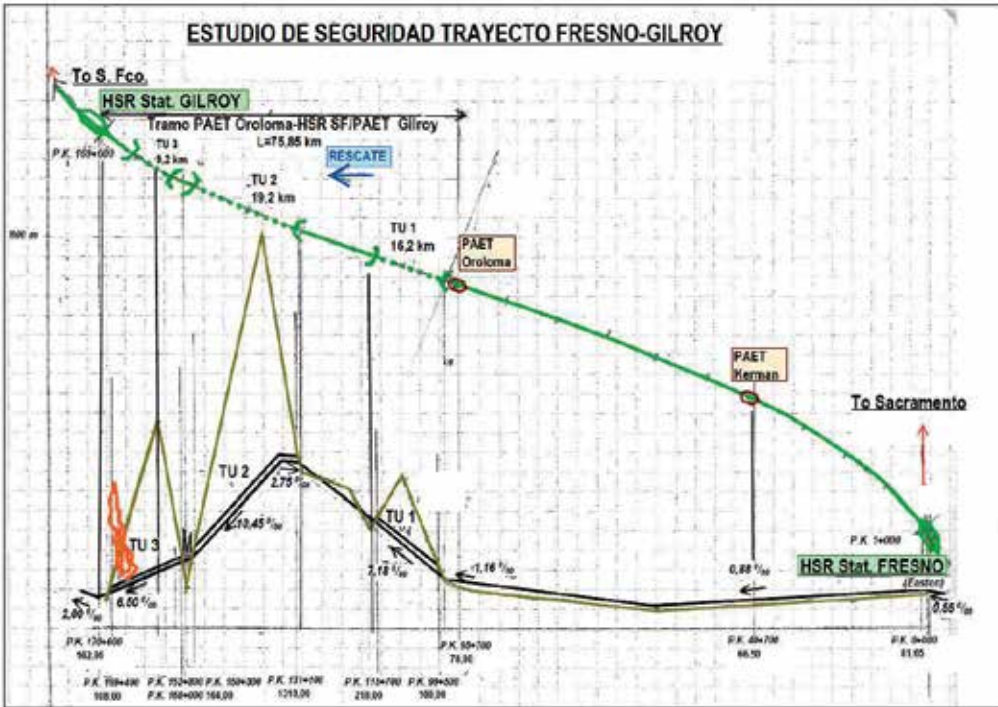


Fig. 7a: Plataforma VAL necesaria LAV/HSL Fresno-S.Fco. Airport (Farwest Project)



Fig. 7b: Plataforma VAL necesaria LAV/HSL Fresno-Los Angeles (Farwest Project)

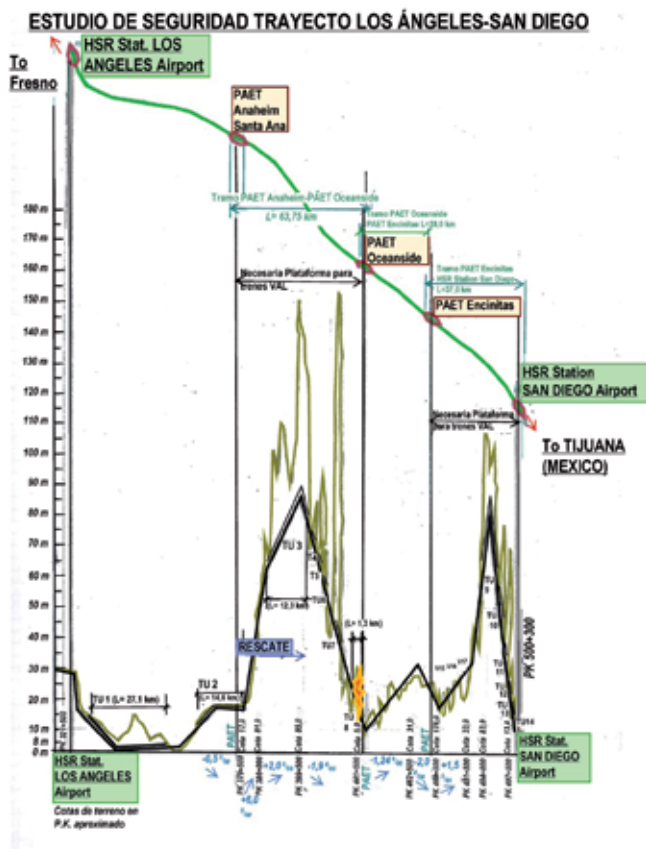


Fig. 7c: Plataforma VAL necesaria LAV/HSL Los Ángeles-San Diego (Farwest Project)

TU2: 19,2 km; TU3: 9,2 km)

En el Trayecto II también hay tres grandes túneles (TU1: 27,5 km; TU2: 25,6 km; TU3: 6,5 km)

En el trayecto III se localiza solamente un gran túnel (TU9: 7,5 km)

El cuadro I adjunto “Anteproyectos de Prediseño de la USHSRS en NUEVA ESPAÑA (en rojo las incidencias con sobrecosto por plataforma VAL)” recoge en su primera columna las características, antes mencionadas, así como el resto de figuras representativas del Proyecto Farwest, necesarias para la estimación aproximada de sobrecosto por la aplicación de esta medida de diseño sostenible de mejora de la seguridad en trayectos con necesidad de grandes túneles en el resto de los anteproyectos en los que los autores han prediseñado las 31 LAV de la unidad estructural USHSRS en NUEVA ESPAÑA (fig.s 8 y 9).

El planteamiento de la expresión:

$$\Delta = (A\alpha)x + (B\beta)y + (C\gamma)z$$

en los tres trayectos tomados como referencia, por su representatividad, naturaleza geológica de su trazado y mayor fiabilidad en sus valoraciones, por haberse estudiado con detalle el trazado de los mismos, la definición de los grandes viaductos en ellos comprendidos y las estrategias de salvamento y rescate en los estudios específicos de seguridad, lleva a la estimación de los coeficientes propuestos como más representativos del sobrecosto de esta propuesta de diseño los que se reflejan en el cuadro adjunto, anteriormente citado.

El sobrecosto medio es del 5,4% (11199/(218510-11199), que a nuestro juicio, puede considerarse rentablemente asumible para una explotación de la red con una mayor seguridad para los viajeros.

Esta consideración puede verse reforzada si extrapolamos el estudio hecho en el Proyecto Farwest, “Planteamiento sostenible de la Red de Alta Velocidad Ferroviaria en California (CHSRS) (Ref 3).

En dicho estudio se llegaba a que para la red del Estado de California (1.288 km), con la solución alternativa propuesta en el Proyecto Farwest, con un coste de construcción de

Cuadro I ANTEPROYECTOS DE PREDISEÑO DE LA U.S.H.S.R.S. EN NUEVA ESPAÑA (en rojo las incl)

	NUEVA ESPAÑA I (DEL PACÍFICO A LAS ROCOSAS)		
	FARWEST PROJECT	CANEVAR PROJECT	NEVUT PROJECT
Líneas	"Golden Gate": Fresno-S.Fco.Airport "Missions Trail": Fresno-Los Angeles "Stockton Arch": Fresno-Sacramento "Bay Crossing": S.Fco.Airport-Sacramento "Inland Empire": Los Angeles-Riverside "S. J. de Capistrano": Anaheim-San Diego	"Tahoe": Sacramento-Reno/Carson City "Desert Express": Riverside-Las Vegas "Mojavins": Las Vegas-Phoenix "Link Section": Riverside-Phoenix "Apache": Phoenix-Tucson	"Link" "Great Basin": Reno-Salt Lake City
HSL's Total Length (km (mile))	1,288.7 (800mile)	1,183.0 (735mile)	880.0 (423mile)
Cut & Fills Length (km) (%)	777.0 (60,29%)	847.0 (71,80%)	970.0 (89,82%)
Total Tunnels Length (km) (%)	407,1 (31,59%)	304,6 (25,74%)	73,0 (10,74%)
Viaducts Total Length (km) (%)	104,8 (8,12%)	31,5 (2,66%)	37,0 (5,44%)
Main Stations (with TSAP)	FRESNO, SAN FRANCISCO, SACRAMENTO, LOS ANGELES, SAN DIEGO, RIVERSIDE	RENO, CARSON CITY, LAS VEGAS, PHOENIX, TUCSON	BONNEVILLE, SALT LAKE CITY
Average Speed (km/h)	274	298	316
Earth Moving (Mm)	272,22	700,06	431,50
Long Tunnels (≥8 Km) (nb; Total Length Km)	27 (841,6)	18 (300,0)	2 (7,0)
Grand Viaducts (≥400 m span) (nb; Total Length Km)	13 28,60	9 14,40	7 11,20
Construction Budget (A+B+C+D+E+F) (M\$)	34.820	28.557	13.888
Earth Moving (a) (M\$)	3801	6790	5072
Tunnels (b) (M\$)	15212	10054	2549
Construction works (c) (M\$)	6748	2084	1784
A -Infrastructure (M\$)	25761	16908	9405
B -Overstructure (M\$)	2764	2610	1486
C - Equipment (M\$)	3424	3117	1971
D - Environmental Protection (M\$)	570	474	227
E - Design, O&C, Management (M\$)	802	677	327
F - Supplement O&B by Stations & TSAPs Building (M\$)	1499	732	271
Unit Cost (included Stations Building Supplements) (M\$/km)	25,07 (27,03)	21,04 (23,45)	19,73 (20,13)
(1)-Average Length of Long Tunnels (km)	11,80	16,87	35,00
(2)-Total Length of Long Tunnels (km)	341,80	300,00	70,00
(3)-Tunnelling Coefficient	0,4618	0,2466	0,1213
(4)-Surcost Coefficient for Auxiliary Tunnel	0,0400	0,1313	0,0820
Surcost Cont. Budget for Auxiliary Tunnel (included) (M\$) Unit Surcost: M\$/km	1419,00 1,10	3850,00 3,08	1122,00 1,65
(Aa)- Scale Average Length Long Tunnel Coefficient	0,01772	0,01889	0,00790
(Bb)- (LVAL)/L Coefficient	-0,00040	-0,00043	-0,00076
(Cc)- Tunnelling Scale Coefficient	-0,03608	-0,03097	-0,01294
States Foreseen Investment included VAL platform surcost (M\$) VAL Platform Surcost (M\$)	34620 CALIFORNIA(140)	920 CALIFORNIA(127) 8570 NEVADA(170) 8804 ARIZONA (195)	9380 NEVADA(707) 4327 UTAH(65)

Note:

$$(b) = (Aa)(x) + (Bb)(y) + (Cc)(z)$$
Reference Farwest:

$$A = 0,01772 \quad B = -0,0017 \quad C = -0,1205$$

$$a = \gamma / \gamma_{L_{max}} = 1$$

$$b = (L_{max}) / L_{L_{max}} = 0,234$$

$$\gamma = (L_{a} / L)_{L_{max}} = 0,336$$

Indicaciones con sobrecosto por plataforma VAL)

NUEVA ESPAÑA II (DESCENSO DE LAS ROCOSAS)		NUEVA ESPAÑA III (GRANDES LLANURAS AL GOLFO DE MÉXICO)			NUEVA ESPAÑA (DEL PACÍFICO AL GOLFO DE MÉXICO)		
UITCONMAR PROJECT		INTERPLAINS I PROJECT	INTERPLAINS II PROJECT	GULF COASTAL PLAINS I PROJECT		FLORIDA CONNECTION PROJECT	
"Camino Real": Denver-Albuquerque "Ofase & Coronado": Phoenix-Albuquerque "Rocky Mountains": Salt Lake City-Denver		"Black Gold": Oklahoma-Tulsa "08": Oklahoma-Dallas FW "Old Spanish Trail": Denver-Kansas City "East Pecos": Albuquerque-Dallas FW "Camino Real Abajo": Dallas FW-Austin "El Alamo": Austin-San Antonio "Gran Camino Español": San Antonio-Houston "Cotton": Dallas FW-Houston	"Missouri": Kansas City-Saint Louis "Spanish-French": Saint Louis-Memphis "Mississippi River": Memphis-Jackson "Mississippi Delta": Jackson-New Orleans "Bossier": Dallas FW-Little Rock "Camino Real de los Tejas": Dallas FW-Shreveport-Jackson	"Lafayette": Houston-New Orleans "Galvez": New Orleans-Mobile "By Pass Link Lafayette-Jackson"		USHRS en NUEVA ESPAÑA 31 HSRL (23 with Long Tunnels) 17 Estudios (6 with Long Tunnels) PACÍFICO-MISSISSIPPI-GOLFO DE MÉXICO	
1,895.0 (1177mi/4)	3,850.0 (2395mi/4)	3,098.0 (1925mi/4)	880.0 (547mi/4)	12,874 (8002mi/4)			
1,390.0 (73,39%)	3,720.0 (96,82%)	3,019.9 (97,46%)	899,1 (97,82%)	11,180 (86,84%)			
437,2 (23,07%)	28,4 (0,74%)	- (0,00%)	- (0,00%)	1,280,2 (9,71%)			
68,8 (3,63%)	101,9 (2,65%)	78,1 (2,52%)	20,9 (2,34%)	441,8 (3,43%)			
SPRINGER VILLE, DUCHESNE, ZUNI, SANTA FE, TACO, PUEBLO, COLORADO SPRINGS, DENVER, MEERER	TOPEKA, ALBUQUERQUE, OKLAHOMA CITY, TULSA, DALLAS FW, AUSTIN, HOUSTON, SAN ANTONIO, WICHITA FALLS, KANSAS CITY	SAINT LOUIS, COLUMBIA, JEFFERSON CITY, MOUNT VERNON, LITTLE ROCK, MEMPHIS, SHREVEPORT, JACKSON, NEW ORLEANS	BEAUMONT, LAKE CHARLES, LAFAYETTE, BATON ROUGE, NEW ORLEANS	6 CA, 3 NV, 2 AZ, 4 UT, 4 NM, 4 CO, 1 KS, 2 OK, 5 TX, 1 AR, 4 MO, 1 KY, 1 TN, 1 IL, 1 MS, 4 LA, 1 AL (45 en 17 Estudios)			
318	302	298	312	302			
1022,79	526,48	282,71	76,97	9312,71			
27 (2,61%)	2 (23,40)	0 (0,00)	0 (0,00)	76 (100,00)			
18 30,40	67 80,80	26 41,60	6 9,60	136 216,80			
59,211	49,347	34,719	12,270	218,510			
17134	10781	8119	2709	54,402			
14680	477	0	0	42,900			
4577	8069	8880	3427	31,729			
38399	17327	14775	8138	128,711			
6747	11661	8780	3076	36,682			
7626	12142	9036	2620	40,138			
882	727	503	203	3,666			
1287	1045	838	292	6,248			
1290	41	377	313	4,943			
27,40 (20,88)	11,11 (11,23)	11,09 (11,21)	13,59 (13,94)	16,58 (16,97)			
13,59	11,70	0,00	0,00	14,13			
36140	2340	0,00	0,00	1,096,80			
0,2997	0,0874	0,0000	0,0000	0,1075			
0,0043	0,0121	0,0000	0,0000	0,0510			
4484,00 2,32	534,00 0,34	0,00 0,00	0,00 0,00	11,199,00 0,87			
0,0177200	0,00913			0,01818			
-0,00049	-0,00013			-0,00042			
-0,02704	-0,00099						
13198 ARIZONA(1108) 12013 N MEXICO(1088) 8636 UTAH(724) 19175 COLORADO(1416)	5046 NEW MEXICO(219) 2296 COLORADO(28) 9638 KANSAS(117) 6577 OKLAHOMA(83) 2064 TEXAS(260)	6919 TEXAS 6826 LOUISIANA 863 KENTUCKY 3877 ARKANSAS 3962 MISSOURI 3264 TENNESSEE 4983 ILLINOIS 5046 MISSISSIPPI	2018 TEXAS 9642 LOUISIANA 409 ALABAMA	44110 CALIFORNIA(2896) 17932 NEVADA(1945) 21822 ARIZONA(2301) 17365 N MEXICO(1099) 21470 COLORADO(1644) 12022 UTAH(1070) 25992 TEXAS(2505) 853 KENTUCKY 9000 KANSAS(117) 6577 OKLAHOMA(83) 3077 ARKANSAS 3962 MISSOURI 3034 TENNESSEE 4983 ILLINOIS 6045 MISSISSIPPI 19369 LOUISIANA 400 ALABAMA			

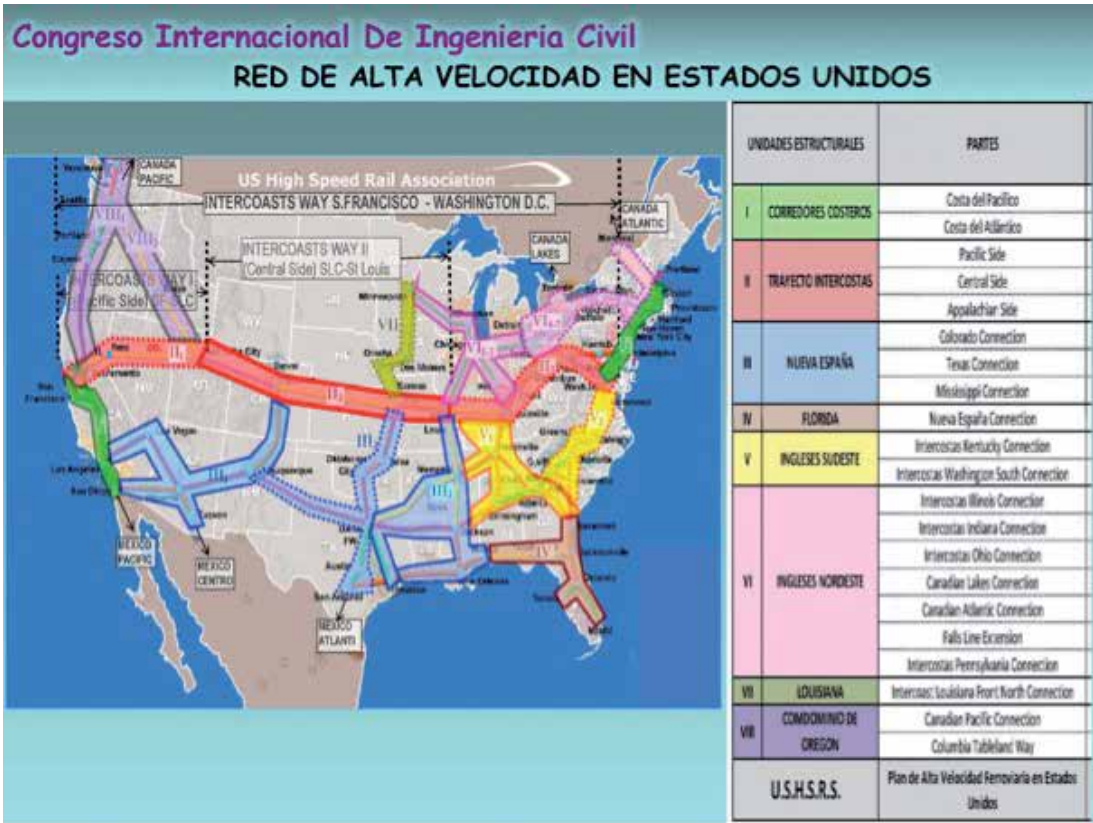


Fig. 8. Unidades Estructurales consideradas en el desarrollo de la USHSRS



Fig. 9a. Anteproyectos de prediseño de la USHSRS en Nueva España I y II



Fig. 9b. Anteproyectos de prediseño de la USHSRS en Nueva España III

34.820 M\$, que incluye el coste derivado de la solución, como se ha explicado anteriormente, de disponer de grandes túneles, con sección grande para doble vía de trenes TAV y plataforma para trenes VAL, con túneles auxiliares, con una ocupación media de 12,36 millones de viajeros/año, aplicando una tarifa media de 0,265 \$/km, se alcanzaba un TIR del 6% en Proyección Financiera de 50 años.

Un primer análisis de explotación de la red USHSRS en Nueva España, con 12.874 km y un coste de construcción de 218.510 M\$, que potencia un intercambio de un mundo de negocios de 40 Millones de usuarios potenciales (Ref 9), podría tener también un planteamiento sostenible (competitiva con otros medios de transporte), con una tarifa unitaria algo menor, del orden de 0,165 \$/km, teniendo en cuenta que la longitud media de las líneas del Proyecto Farwest es de 214 km y las de Nueva España es de 415 km. **ROP**

Referencias

[1] Fort, L. (2004) "Safety. The essential environmental requirement. Applications to the design of railway infrastructures". Safety in High Speed railway tunnels (Spanish, English & French) ISBN 84 89456232 Cersa 2ª Ed. Presented in Prague. Madrid, Spain.

[2] Fort, L. (2011) "Anteproyecto de Estructuras CHSRS Golden Gate Alternative" Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos Ref 146304. Madrid, Spain.

[3] Díaz del Río, M, Fort, L. and Fort, C. (2011-2014) "First Part: Farwest Project"; "Second Part: Golden Gate Alternative: HSL Fresno-San Francisco Airport"; "Third Part: Missions Trail Alternative: HSL Fresno- Los Angeles-San Diego/Riverside"; "Fourth Part: Stockton Arch Alternative: HSL Fresno-Sacramento"; "Fifth Part: Bay Crossing Alternative: HSL San Francisco Airport-Sacramento"; "Sixth Part: Sustainable Plan of the System (autofinancing operation:Fares)" Revista de Ingeniería Civil nºs 167; 169;170;172;173 CEDEX. Ministerio de Fomento. Madrid, Spain.

[4] Fort, L. and Fort, C. (2014-2016) "Farwest", "Canevar", "Nevut", "Utconmar", "Interplains I" "Interplains II" "Gulf Coastal Plains I" Projects Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos Refs: 148397, 149458, 150466, 150711, 151264, 151365. Madrid, Spain.

[5] Fort, L. and Fort, C. (2015) "Viejos Caminos que inspiran los nuevos. La conexión de las redes HSR de los Estados de California, Nevada Y Arizona". Revista Fomento. Ministerio de Fomento nº649 Abril 2015. Madrid, Spain.

[6] Fort, L. and Fort, C. (2016) "Del Pacífico a las Rocosas. Los Proyectos de desarrollo de las líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos (I)" Revista Fomento. Ministerio de Fomento nº658 Febrero 2016. Madrid, Spain.

[7] Fort, L. and Fort, C. (2016) " Red de Alta Velocidad en Estados Unidos" I Congreso Internacional de Ingeniería Civil" Comunicación al Grupo I: Planes de Inversión y Mantenimiento de Infraestructuras. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2y3 de Marzo de 2016. Madrid, Spain.

[8] Fort, L. and Fort, C. (2016) "El Descenso de las Rocosas. Los Proyectos de desarrollo de Líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos (II)" Revista Fomento. Ministerio de Fomento (Octubre 2016) Madrid, Spain.

[9] Fort, L. and Fort, C. (2016) "Por las Grandes Llanuras al Golfo de México". Los Proyectos de desarrollo de líneas de Alta Velocidad en Estados Unidos (III) Revista Fomento. Ministerio de Fomento (En impresión), Madrid, Spain.

El puente-arco de San Miguel, magia en la Huesca de 1912

Monumento modernista, pionero del hormigón armado, obra del ingeniero de Caminos Gabriel Rebollo Canales



Gabriel Muñoz Rebollo
Arquitecto

Resumen

El artículo trata la obra del ingeniero Gabriel Rebollo Canales (1874-1941), especialmente la referida a su Puente Modernista de San Miguel, en la Ciudad de Huesca.

Un Dossier, presentado por el autor para instar a la Administración a corregir un error grave en su Decreto del 2006, de Declaración como Monumento 'Bien de Interés Cultural', y que subsanó eficientemente el Gobierno de Aragón, en 2013, es la base de un estudio, muy completo de su trayectoria profesional.

Palabras clave

Rebollo, Hennebique, hormigón armado, preconizadores, San Miguel, modernista, sistemas constructivos.

Abstract

This article presents the work of the engineer Gabriel Rebollo Canales (1874-1941) and particularly his modernist San Miguel Bridge in the city of Huesca.

A dossier presented by the author urging the authorities to correct a serious error in their Decree of 2006, declaring the monumental bridge a "cultural heritage site", and subsequently corrected by the Regional Government of Aragon in 2013, serves as the basis for this detailed study of the engineer's professional career.

Keywords

Rebollo, Hennebique, reinforced concrete, advocates, San Miguel, modernist, construction systems

Introducción. Ingeniería centenaria construida extramuros de la ciudad sobre el río Isuela, en el lugar de 'Las Miguelas', Convento cercano a la Puerta del Carmen de la muralla árabe*

• En el año 1925 el ingeniero José Eugenio Ribera Dutaste, en su libro 'Puentes de España', presentó la obra de «nuestro compañero... de los primeros preconizadores del HA» Rebollo Canales, natural de Segovia - 1874, como innovadora al introducir tres articulaciones para el apoyo de las ramas del arco.

• Posteriormente, en el 2001, el Catedrático JR. Navarro Vera, cita el Puente del Isuela, en 'El Puente Moderno...' entre los «de arco con tablero inferior», y el 2009, el Profesor Antonio Burgos, en su 'Los Orígenes del Hormigón, Armado en España', enumeró su obra y su trayectoria profesional siendo la base para otros tratados y varias exposiciones del CEHOPU.

• La Comunidad de Aragón, reconoció al Puente de San Miguel como MONUMENTO - BIC*, en 2006; y recientemente, en 1915, las Actas del 1º Congreso Hispano Americano de Historia de la Construcción, incluyeron 'la Comunicación' sobre su ejecución por la Comandataria 'Rebollo & Estibáus'.

Los vecinos lo conocían como 'puente nuevo' al colgante, de cemento armado, de Las Miguelas, pues así constaba en la leyenda de las primitivas 'tarjetas postales', que citan su tipología y su material de construcción en un cuadro integrador de la moderna ingeniería con la arquitectura monacal.

Paseando las márgenes del río Isuela por el Parque de la Alameda, los ciudadanos, ante la enorme cimbra auxiliar apoyada bajo los vuelos en ménsula, de sus recios estribos, comentaban la original obra con los maestros armadores y oficiales, al intuir la novedad de las rótulas de acero como apoyo de sus arcos.



Fig. 1. El Puente 'Nuevo', junto al Monasterio* armoniza su elegante estructura en hormigón armado antepuesto a la sillería de arenisca, su estilo modernista en contrapunto al histórico románico de la torre y gótico del ábside, acordando la técnica constructiva de la triarticulación con el tangible contrafuerte

La lúcida modificación en el proceso constructivo y funcional de la 'triarticulación', que Gabriel Rebollo introduce en el funcionamiento estructural del 'Puente Arco', como sistema preciso que altera la distribución de fuerzas en estribos sólidos –afianzados en terreno firme– evita el atirantado horizontal del arco, por el método empleado del bulón que recoge toda la tensión, penetrando libre en la cimentación, sin compensación. Las péndolas colgadas del arco soportan 'como columpios' las vigas traviesas que asientan las viguetas longitudinales del tablero, haciendo buena la cita de la postal, sin interferir en la nomenclatura equívoca del 'transbordador de barquilla'.

La tipología del puente arco 'Atirantado' (*Tied-arch bridge*) pertenece al grupo definido técnicamente de 'BowString' en el que las fuerzas horizontales del arco, son compensadas por la tensión de los tirantes del puente, convirtiendo su empuje en tensión de fuerzas verticales del arco –viga superior curvada– que tienden a abajarse, presionando sus extremos hacia fuera con deformaciones que quedan minimizada por la rigidez de esos tirantes longitudinales inferiores que eliminan el empuje del arco en sus extremos, en circunstancia semejante a la cuerda templada del arcabuz. La forma sencilla de los tirantes verticales (péndolas 'tipo *network*') aportan con la articulación dejar libre al arco de tensiones horizontales, que independientes acometen a los estribos en suelos –como se ha dicho– sólidos y estables.

El ingeniero Rebollo Canales adecuó sus 'Puentes de HA', al uso y lugar de su destino, y a los tipos y características técnicas más apropiadas. Desde su inició en El Caudal de Mieres en 1900, sustituto del llamado puente de La Perra,

por ser de peaje se aprecia su favorable evolución en cuatro de los puentes en que interviene:

- Proyectó y dirigió La Peña en la Ría de Bilbaína (fig. 3A) en 1902, de seis claros, 'tablero en curva oblicuo al cauce', y arcos en contrafuerte;
- Acometió El Sobrón, en 1903, bella pasarela 'modernista' de dos tramos y un tercero menor de viga, sobre el Ebro en Álava, como *BowString* (fig. 3B) aplicando en el hormigonado de la estructura, su 'sistema patentado' que,



Fig. 2. Tarjeta postal h. 1914. El Convento bajo la muralla árabe que rodea la ciudad y el Puente. Despejados de vegetación, salvo algún árbol, y con las farolas-candelabro emborradas, fue una imagen muy difundida, que en su información recalca el funcionamiento estructural de sus péndolas, y el nuevo material de construcción. El título de las ediciones primitiva: HUESCA. -Convento de las Migueles y nuevo Puente Colgante de cemento armado. (Ejemplar propiedad del autor).

apoyado sobre elevadas pilonas, se atiranta para equilibrar la tensión horizontal.

- Para El Ollolqui, en 1904, en una zona boscosa por la que serpentea el Leizarán, imaginó, entre continuos túneles, un arco que causó asombro. La singular construcción para el F. C. del Plazaola que realiza Rebollo, de tablero superior sobre montantes de piezas únicas alineadas en un arco empotrado que se ensancha en los estribos, fue muy admirada y descrita en la ROP (fig. 3C).

- Más significativo, es el puente urbano de San Miguel, en 1912, por su innovación en el estilo artístico y en el técnico (fig. 3D) al presentar el empuje suma de todas las fuerzas –recogidas por las péndolas– es enviado por la articulación del arco a los estribos, sin que haya una ‘doble función’, contradictoria a su forma, manifestada por elementos opuestos que se unen a la traviesa en ‘un trapecio’, que engarza al arco en la cabeza cilíndrica de la péndola, y asienta los largueros.

En el terreno donde sus puentes cruzan los cauces fluviales, la Ingeniería, mantiene «las irregulares circunstancias del lugar» (A. Donaire, 1975) a pesar del estricto orden de sus equidistantes pilas y claros; mientras cabe reflexionar como la Arquitectura, en un intento por tratar de mejorarlo, altera con sus construcciones el entorno de su ubicación. Los puentes añaden monumentalidad, por su superior escala y la sucesión de elementos, que acompañan a la originalidad técnica del propio sistema estructural, y al arte que su estilo determina en su forma, y en su función única como tal (sin doble significado y exclusivamente como parte del conjunto orgánico resistente). El Isuela, en rigurosa coalición con la naturaleza de La Alameda y las torres del Campanario y la defensiva del Amparo, a la que enfila el ‘puente Nuevo’, es escenario de conflictos administrativos y culturales, al

licitarse y adjudicarse como ‘Tipo’, en dos expedientes simultáneos

1. El ‘hormigón armado’ –HA–, nuevo material de construcción que, a finales del siglo XIX, su eficaz técnica es activa e idónea para un puente de diseño modernista, como el de San Miguel del Isuela

- La obra, de comienzos del XX, se desenvuelve sobre el cauce del Puente, que se dibuja con una traza compositiva de ‘gran belleza plástica’. Sus rasgos más específicos son:

- Espacio geométrico peculiar, al cerrar sus arcos parabólicos a la pieza, sin que su ‘pequeño formato’ -25 m.- le reste mérito técnico, ni artístico. Limitada en los costados por los arcos y péndolas como ‘parteluces’ del hueco, y por las riostras que lo cubren como ‘tragaluz’, afianza con sus traviesas y largueros el ‘suelo’ del tablero como base.

- Diseño científico y pionero, definido por la implantación de tres articulaciones, en el nuevo material del HA, en una técnica realizada por primera vez, en la clave y en los apoyos del arco sustentante en los estribos, formados por dos vigas parabólicas enfrentadas.

- Ingeniería creativa que sigue el estilo artístico modernista de su traza equilibrada, pues él, como «Gaudí encontraba las curvas catenarias y parabólicas estéticamente satisfactorias y las usaba, cuando podía haber empleado otras» según el Profesor S. Huertas.

También, cuida la ornamentación con rebajes tipo geométrico de cartucho y apliques metálicos de flor de lis, y decoración de zarcillos barrotes en módulos de barandilla, farolas-candelabro de globos, y remate de boliches de piedra, en el peto.



Fig. 3. Imágenes de los diferentes apoyos del arco: A. Simple; B. Atirantado –bowstring–; C. Empotrado; D. Articulado



Fig. 4. Puente antiguo de San Miguel, de 'tres ojos'; y que se encamina a la torre campanario cisterciense. Fue sustituido por el 'puente nuevo' de HA, de Gabriel Rebollo Canales, en 1912 (Fototeca DPHu)

- Emplazamiento transversal, que lleva al proyectista en un impulso conceptual, al aumentar su claro y trazarlo tangente-oblicua al cauce- en beneficio del edificio histórico y de evitar al tráfico curvas innecesarias.

Resulta, por tanto, una Infraestructura urbana centenaria que cumple las reglas que dispone el ingeniero proyectista y director de la obra, al utilizar bajo sus patentes de hormigón, las vigas triarticuladas, péndolas y traviesas en una sobresaliente función mecánica, de original disposición por su amarre al arco, al que elevan las cargas móviles del tránsito, y su peso propio.

- En el contexto administrativo de final de siglo, se plantea en Huesca, la aprobación por Fomento de dos Carreteras que forzosamente involucran el paso del Isuela con la propuesta de un 'Proyecto Tipo', obsoleto por su material, en Las Miguelas, y al no sintonizar la ciudadanía con él, pues sabe de realizaciones más atractivas, como la socio-cultural del Circulo Oscense, paraliza la construcción adjudicada y fuerza un Modificado del Contrato. La impactante solución que presentó oficiosamente, decide sea 'requerido Rebollo' como especialista, al que el Ing. Monterde define de: «aparente fragilidad, esbeltez, y moderno porte» y lo tramita como 'Encargado', al reconoce a su compañero competente para ello, ensalzando su estilo y técnica, pues como dice A. Casas Gómez-2011, merecen «algunos puentes... ponderar su belleza y grandeza», pues no se hallan «de forma habitual en el mundo de las obras públicas, las guías con información breve y ordenada» que así lo hagan.

2. El San Miguel, 'punto de encuentro' de tres jóvenes ingenieros implicados en la infraestructura. De promociones contiguas, intervienen en la nueva infraestructura ante la problemática adjudicación

- El primer ingeniero de Caminos que participa, como funcionario provincial al redacta el "Proyecto de Carretera de 3º orden, Bolea a Aguas, Ramal de Apiés a Huesca", en 1899.

- Telmo Lacasa Navarro: termina su carrera en 1897, y destinado a la Jefatura de O P, de Huesca, de donde era natural, realiza visitas al terreno junto a su Ing.-Jefe, y 'acomoda' un modelo TIPO de puente, de los patrocinados 'PROYECTOS STANDAR' del Ministerio de Fomento, disponibles para utilizar en casos similares, ubicándolo aguas arriba del existente.

El 'Plan G. de Carreteras del Estado', Ley de 9-Septiembre-1898, programó oficialmente la de 'Bolea a Aguas, Ramal del Apiés', y la Jefatura de Obras Públicas optó por el derribo del puente en servicio, debido a su estado y condición: «en piedra de mampostería pobre y reparado con ladrillos (de testamento)... de escaso valor y aprovechamiento» por su «lamentable conservación» (Lacasa, T. 1899), y sustituirle por un Proyecto Tipo de 12 m luz, arco rebajado y sillares de piedra arenisca, ubicado cercano, aguas arriba del viejo 'San Miguel', produciendo en su acceso norte unas curvas muy forzadas que rodean el Monasterio.

- Interviene un segundo ingeniero-funcionario, diez años después, al interferir presupuestariamente un 'Expedien-



Fig. 5. Fotografías de Gabriel Rebollo Canales. Captadas durante distintos periodos de su vida profesional

te Administrativo' -Ramal de Apiés- con otro del mismo ejercicio económico de mayor importancia: "Carretera a Jaca en su Trozo 1º, de Huesca a la Estación de F. C. de Sabiñánigo", que tramita:

- Emilio Monterde Fortea: promoción de 1895, se inicia como Ing. Aspirante en Teruel, en 1897, y bien por cambio de destino de Lacasa, que es nombrado Director de los Ferrocarriles Pirenaicos, o ante la fuerte contestación popular suscitada en la Ciudad, interviene para solucionar las dificultades surgidas, facilitando el trámite del 'Expediente Modificado' que titulará de: 'Variación de Emplazamiento del Puente, y Reformado General...'

Desechado el 'proyecto tipo', por las quejas ciudadanas, se resuelve de forma concluyente con un 'Reformado' oficiado por Monterde. El "Informe Previo a la Superioridad, de 1910" aclara «que la proximidad a una capital de provincia de una obra de esta clase le impone ciertas condiciones monumentales», que debe solventarse la capacidad de desagüe, y 'evitar expropiaciones y facilitar la construcción' y propone el de su experto compañero Gabriel Rebollo, de mayor entidad, que: modifica el trazado y descartar fábricas por condicionantes geométricos (si elevase la rasante, volverían las quejas); evita el hierro, por su alto coste; y gira el 'puente arco' sobre una antigua pila existente, en dirección tangente al ábside.

Aceptado por la contrata adjudicataria el nuevo diseño en HA, y ser viable el puente dentro del presupuesto en vigor, la Memoria concluye: «al requerir el concurso de un especialista en la materia, habiéndolo probado tan solícita y eficazmente como acostumbra, cuando de servicios del

Estado se trata, aunque no sean estos de su incumbencia directa, el competente ingeniero D. Gabriel Rebollo» (Monterde, 1911). Croquis y presupuestos que años antes circulaban por Huesca con la aquiescencia del Municipio y los ilustres, obtienen el visto bueno de la Administración por su presupuesto asequible, y la especificidad del HA, cuyas condiciones legales que ostenta la Patente de Invención del armado del acero, ofreciendo seguridad responsable.

El adjudicatario Mariano Galán, del Expediente "Carretera a Sabiñánigo", solicita la redacción de un Modificado a la Administración, de "Variación de Emplazamiento", que el funcionario firma como Ingeniero Encargado", sin dar lugar a la intervención oficial de otras personas físicas o jurídicas, que complicarían su tramitación, lo que le asigna, equivocadamente, a Monterde la autoría del Puente, y valida la 'subcontrata' para el cumplimiento del contrato existente, con sus Patentes de HA, por una ingeniería a través de su Oficina Técnica y Constructora.

- El tercer ingeniero, es 'requerido' ante el conflicto, por su compañero, como experto en 'Hormigón Armado', y Director de la empresa: 'Rebollo, Estibáus y Compañía, Sociedad en Comandita', que ejecutará satisfactoriamente la operación alternativa del Puente:

- Gabriel Rebollo Canales: Titulado en 1896, marcha de inmediato a Paris, donde continua su formación especializándose en el nuevo material, en la Sociedad francesa del Ing. François Hennebique, y relacionándose con arquitectos e ingenieros europeos de gran prestigio, y principalmente con su compañero José Eugenio Ribera Dutaste, al que sucederá como Delegado en España de la Empresa.

3. Gabriel Rebollo inicia 'el oficio en Francia', como Delegado de la firma Hennebique en España

Despunta por su especialidad en la Zona Norte, y cuatro años después de acabar sus estudios se incorpora al Cuerpo de ingenieros de Caminos en abril de 1900, en Zamora, pidiendo la excedencia.

- Ante el colectivo profesional, donde en esas fechas el conocimiento del HA era muy exiguo, Rebollo moderniza el aspecto estético del nuevo material, y por su reputación sucede al fallecer Ramón Trotta, al acreditado J. E. Ribera, como Delegado de Hennebique en el Norte de España, proyectando entre otros, el importante puente 'en curva' de La Peña, en 1902, en Bilbao.
- Nombrado 'Director del Puerto Marítimo' de Denia, Alicante, e 'Ing. Facultativo de las Obras', simultanea el trabajo Oficial en el Ayuntamiento –su propietario- realizando la re-instalación de los diques hasta la bocana, que mantuvieron

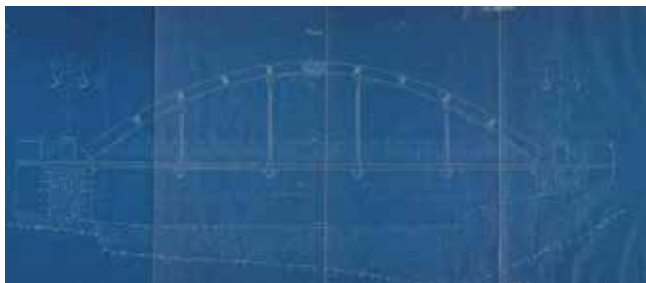
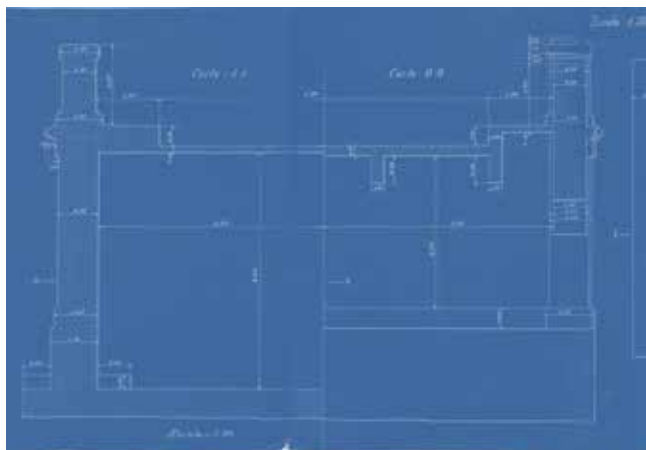


Fig. 6. Planos de las Secciones transversales (acotadas) Esc: 1:20, y Alzado, Esc: 1:25; que presenta Rebollo, h. 1908, en copia del vegetal revelado azul-prusia -cianotipo o ferroprusiato-. (AHP)

su posición hasta el año 1934. Rebollo, que compatibilizó su trabajo en Denia, en paralelo con otras obras, fue ponderando por su eficacia, ya que como escribe el ingeniero alicantino Ferrer, era “una ilusión de progreso”.

- Independizado de Hennebique, en 1903, inicia su actividad empresarial, y proyecta y construye la hermosa pasarela de dos claros para el Balneario de Sobrón en el Ebro, de máxima importancia por percibirse su evolución en el gusto por la estética y el diseño artístico modernista, y el Puente de Oloqui en el Plazaola, interesante por su ensanche del arco y sus montantes en yunque.
- Compatible su carrera profesional con la Función Pública, concedida por el M^o de Fomento al reconocer sus Superiores la labor investigadora y sistemas, en exclusiva al HA, y concluir problemas constructivos de forma óptima, tanto en la Dirección del Puerto de Denia, como experimentación la triarticulación en el San Miguel de las parábolas portantes, en ménsulas, solventando racionalmente las presiones de los líderes locales.

4. Los Documentos del Proyecto, son homologables a sus 'Patentes de Invención de HA', que registran sus 'Sistemas estructurales'.

- La Memoria, Pliego de Condiciones, Presupuesto y Planos, del Proyecto, cotejados con sus Patentes legalizan los 'Sistemas constructivos' de Rebollo. Sus métodos y propuestas, sin desdeñar su durabilidad, economía, adaptación a nuevos estilos artísticos, y su trabajo por innovar, hace destacar en su obra las cualidades del HA:

- Datos y cálculos contrastados, son favorables al material resistente, en sus cuantías dimensiones de la estructura, en dicho Expediente: 'Reformado de la Carretera de 3er orden, de Huesca a Est^o FC de Sabiñánigo' 31-julio-1911'. Responsabilidad que entrañan los aportados del armado y hormigonado que se introducen del 'Sistema Rebollo' que patentado difunde como precursor del nuevo material. La distribución de redondos, flejes y pletinas se muestran en los planos de armado de cada elemento del puente: arcos, vigas, tirantes, losas...

- Masa moldeable, que hace del conglomerado de cemento una pasta que ocupa todos los huecos, y recubre -pegándose- el 'esqueleto' de acero que arma la pieza de construcción, respondiendo a esfuerzos y tensiones: tracción,

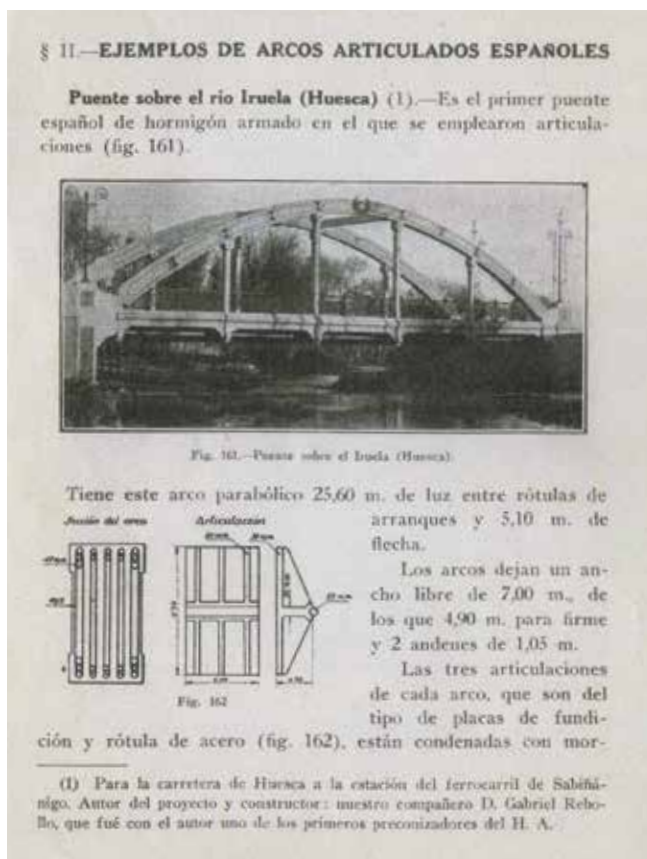


Fig. 7. Capítulo ‘Puentes de HA’, extracto de la pág. 160, del libro Puentes de España, de J. E. Ribera (1925) dedicada al San Miguel, que incluye fotografía, detalles de la sección del arco y la articulación, y Nota (1).

flexión, torsión, cortante...

- Talante excepcional ante el fuego y la corrosión entre otros materiales, pues actúa al proteger al acero recubierto 3 cm.

5. La difusión y publicidad en el ámbito técnico competente del HA, realizada por los ingenieros precursores, enaltece en sus propias obras los records establecidos, las posibilidades tecnológías, y la economía de los costes y durabilidad del nuevo material, frente al hierro

• En Revistas y Libros extienden su condición y tratamiento, dada la admiración técnica que suscita el HA, trasladando a la prensa sus ventajas, en soportes especializado, los ingenieros imponen el nuevo cuerpo pétreo al informar de la consistencia plástica de su masa, que moldea for-

mas útiles –incluso escultóricas– y valorar el resultado y el precio, de las nuevas formas por su textura estética.

- Constructoras como la francesa Hennebique, y la Sociedad “Rebollo & Estibáus”, se anuncian propagando sus ‘Patentes Oficiales’ por toda Europa, en busca de otras empresas de mayor o menor entidad que, como clientes, necesiten la especialidad del ‘hormigón armado’ en la ingeniería de las Obras Publicas, o en la arquitectura de la edificación moderna.

-Ribera otorga a Rebollo un homenaje en su libro, al representar el San Miguel, como ‘Puente Arco Articulado’ en una imagen ornamentada, con detalles de sección del arco y de la articulación, y una ‘Nota a pie de página’, dedicada por el Catedrático a su «compañero...» que fue junto con él, «... uno de los primeros preconizadores del HA».

- Torroja, años después, en 1960, afirma sobre el inédito apoyo: «la articulación triple se trata de una obra notable en la evolución de la Ingeniería española».

- Ferrer, más cercano, en 1999, premia la labor de Rebollo citando en ‘El Port de Denia’ que, como Director procedió a fijar definitivamente las alineaciones de los diques, frente a anteriores paralizaciones, pues «en esta época, las obras se llevaron con orden y acierto».

- Burgos, en 2009, escribió: «La contribución de Rebollo, junto con otros ingenieros, al desarrollo del HA en España fue especialmente significativa y abriría nuevos caminos en el diseño de audaces e innovadoras soluciones constructivas para puentes».

6. José E. Ribera, Ramón Grotta, Gabriel Rebollo, y otros ingenieros formados como empresarios en Francia, fundaron sus propias Oficinas Técnicas, y Empresas Constructoras

• La firma fundada por el ingeniero François Hennebique, extiende sus obras por toda Europa, implicando a los pioneros del HA, que sucesivamente recorren caminos similares al ser representantes en España de la pujante empresa, hasta formar sus propias ‘Compañías’. Rebollo, mientras aprende la organización de la casa parisina, escribe para el ‘patrón’ sobre lo realizado en el norte peninsular: la ‘Fábrica Ceres’ de Bilbao, y el ‘Puente del Caudal’ en Mieres, ampliando el marketing comercial.

Es importante, tener presente que los Técnicos españoles vinculados a Hennebique, se concienciaron, dada su alta preparación en la Escuela de Caminos, de que la Organización francesa incidía en exceso en lo experimental, y fueron críticos ante la falta de ensayos y del escaso rigor científico en las pruebas regulares de laboratorio y control de ejecución en obra. Pero a pesar de que el puente para el Tranvía de Durango de La Peña, que Gabriel Rebollo, construye en 1902, fue reconocido en Europa ante una elite de profesionales por su valor científico, el paliar deficiencias, fue una decisión del estudiante titulado en la Escuela de Madrid, de Ingeniería de Caminos.

Rebollo estableció una unión empresarial con Carlos Estibáu Echánove, formado en Barcelona, en la Escuela S. de Ingeniería Industrial, y como conocedor de los procesos de fabricación en Hornos Cementeros y Siderurgias, la mutua colaboración entre ambas 'Ingenierías' resultó ser muy atractiva en el ámbito del HA.

Maridaje muy provechoso ante el precario inicio de siglo, falto de recursos en una infra-industrializada España, que la nueva empresa rentabilizó, al optimizar la 'puesta en obra' del HA, con invenciones positivas para la resistencia y distribución racional de zunchados y atados envolventes de los flejes y barras de acero, como valúan las vigas documentadas 'en patentes', y los cercos solidarios y adherentes reflejados 'en proyecto'. En comandita con su socio Estibáu (hermano de su esposa) difunden en periódicos y Revistas Técnicas sus sorprendentes resultados, al exigir productividad a las fábricas de acero y cemento, y formar operarios expertos en obra, y en el manejo del material y la maquinaria moderna.

7. El lenguaje del hormigón en el puente-arco de San Miguel, se adecúa al criterio técnico en su diseño e identidad

- Abierto al interés creativo de los nuevos estilos arquitectónicos, la traza modernista del San Miguel, acoge con igual motivo la búsqueda de soluciones útiles a la ingeniería, como el dar sentido ornamental y didáctico a la obra. La Torre monacal al fondo de la arboleda, con dobles ventanas equilibra el paisaje frente a las péndolas, que como parteluces del arco dejan su impronta de formas y texturas de piedras labradas y concreto moldeado:

- La cadena de 'eslabones engranados por el aplique' se percibe en el rebaje en 'cartucho' del hormigón en los costados del arco, junto a los escudos fundidos en 'doble flor de lis', con 'grapapas' que en proyecto amarran las péndolas. En la determinación conceptual de estos diseños se adelanta Gabriel Rebollo medio siglo, pues como dicta E. Torroja, en la 'razón y ser de los tipos...' aprovecha «la oportunidad de que dispone para aplicar un criterio artístico a la construcción de puentes» circunscrita a un episodio de técnica y estilo, y sin diferir en la praxis de las exigencias de la arquitectura.

- Elementos constructivos y ornamentales del Puente que demandan un estudio para revelar sus rasgos más identificativos. El Proceso constructivo y su Tipología de arco triarticulado en la original inventiva del ingeniero Rebollo, resalta en fase de diseño y 'en la buena práctica' de su construcción.



Fig. 8. Detalles ornamentales en el San Miguel: A. Proyecto: en HA, cartuchos en bajorrelieve, y en fundición apliques de acanto; B. Obra: reducido a una sola franja perimetral, resalta la sombra propia y la flor de lis; C. Módulo de barandilla, que esconde bajo el arco, una 'flor de lis' entre volutas y zarcillos.

- La percepción atiende a premisas formales respecto 'la función que desempeña la pieza' y a que el ornamento 'no perturbe la traza formal', que el San Miguel supera: -clara mecánica estructural; -idónea ubicación al cauce; -sensibilidad al estilo modernista que gravita en su Alzado; -auto-corrección por razón de seguridad, y -remarcar los motivos ornamentales, aportaciones muy significativas en Obra:

- Pedestal exento de las farolas, sobre el estribo. La barandilla metálica se prolonga en un remate redondeado, de cuarto de círculo, en el que mantiene su dibujo, solución didáctica para comprender la función de las fuerzas, pero que Rebollo desecha al realizar el apoyo en ménsula, pues el macizo del peto queda debilitado, y daña al estribo rebajado que necesita una compensación de mayor peso vertical, ante el empuje lateral del arco.

- Grapa metálica, como fiador del cuelgue de las péndolas, que brota del aplique de acanto. Simula su movimiento pendular en el arco, irreal, pero que se desplaza en el reparto. Adorno decorativo que atiende a su función, pero es descartado al materializar la idea, pues el arco parabólico de mayor desarrollo no corresponde a tramos iguales del tablero horizontal, imposibilitando la verticalidad de la grapa que acomete el eje de las péndolas.

8. El principio estructural del PUENTE-ARCO de San Miguel, se fundamenta en la triarticulación

• Primera vez que se realiza en ingeniería, que el arco apoye en tres rótulas en estribos y clave. El esfuerzo absorbido

se descompone en vectores que bajan por el arco a la rótula solidaria con el estribo, compensando el atirantado horizontal necesario en los BowString.

- La diafanidad de la acción de las cargas, esclarece la estructura al límite de la estabilidad: -menor escuadría y armadura del larguero de frente de que soporta la barandilla y media acera (no concentra el peso del tráfico como los centrales); -esbeltez de las péndolas calculadas audazmente; y -apoyo liviano en ménsula que se acentúa en el último tramo al empotrar la 'vigüeta de borde' al estribo, mientras el resto elevan su carga al arco suspendidos. Las cargas móviles del tablero, sumadas al peso propio, trasladan a los arcos un 'esquema vectorial' de fuerzas recogidas desde las traviesas de la losa, que se dibujan trepando por las péndolas a los arcos portantes, donde por su núcleo bajan al bulón, y descargan tierra por el estribo. Como flechas lanzadas por la cuerda tensada del arco, se descomponen al contactar en la cabeza de la péndola los vectores, anulándose en su encuentro con la rótula de la clave, los ascendentes de ramas opuestas.

Los arcos resultan más esbeltos, al introducir las articulaciones Rebollo, pues equilibra los esfuerzos en la clave y en las dos inferiores de los estribos, en una pieza de 26'60 m. de luz:

- El perno o bulón de las 4 rotulas inferiores, se sitúa respecto a la Directriz y el Foco a 2'85 m, a 2'80 de altura del Eje de Simetría, y 16'50 -en proyección- del Vértice que marca la parábola. Igual distancia define al Origen (2'50

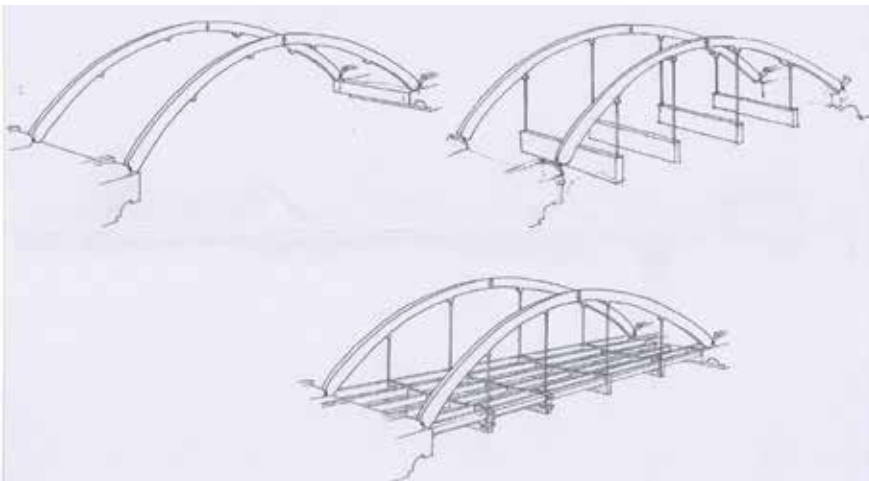


Fig. 9. Proceso mecánico -intuitivo- de la estructura: · Arcos de ramas parabólicas enfrentadas articulados en estribos y clave. · Péndolas que retienen -como columpios- las Traviesas que recogen y asientan las cargas de del tablero. · Largueros, de la losa del tablero, divididos en cinco tramos. Los finales, o 'de borde' se empotran en las ménsulas, y los 'de acera y centrales', conectan apoyados en la masa del estribo

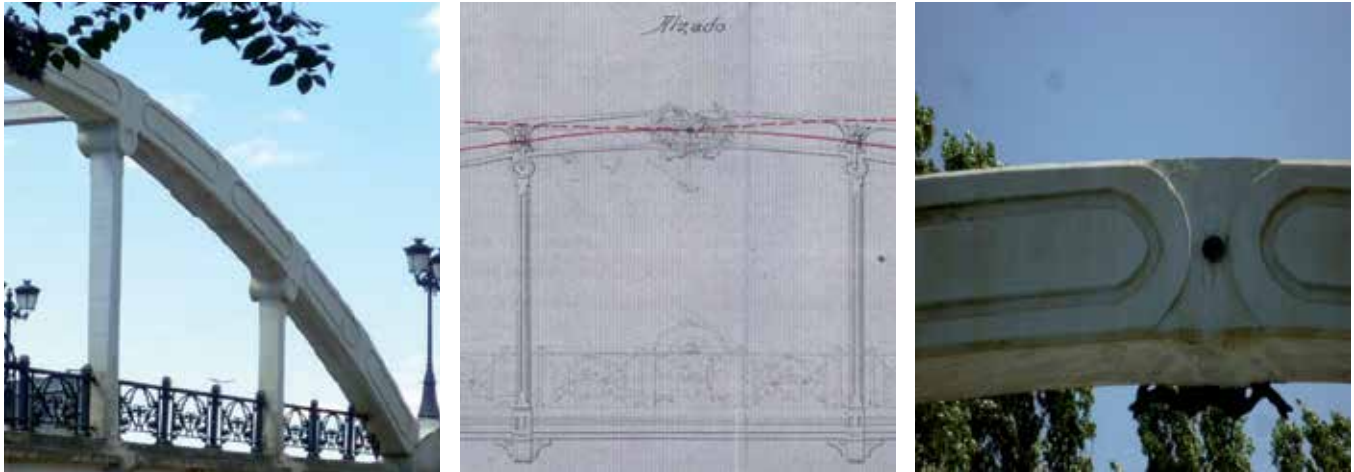


Fig. 10. El arco lo forman dos 'líneas cónicas' que tienden al infinito y se 'apuntan', ligeramente, en la clave. Rebollo articula la geometría de las parábolas en un encuentro, que evita tensiones sensibles, y suaviza la traza

m desde foco y vértice, equidistante a ambos), y del eje central del Puente dista 16'65 m, siendo su altura desde el 'bulón superior' de 7'75 m.

- La durabilidad exigible a la ingeniería, mantiene sin resguardo del clima -pre pirenaico- en el San Miguel, del vandalismo que ratifica un comportamiento excelente del HA, sometido a severos agentes de hielo y humedad. La arquitectura juega con ventaja frente a la intemperie, pues sus espacios cerrados propician materiales más frágiles y texturas más blandas. La rigidez del hierro -su esqueleto- y la consistencia del hormigón, capacitan hoy a esta obra pública para el tráfico pesado, que ya soportó en su inicio el servicio a las canteras, y presas como Belsué, como en construcción.

Sus características, las apunta Rebollo, en 1901: «ocurre que el Hormigón Armado es eterno, y no necesita apenas conservación» y saca todo su potencial en un eficaz reparto de las fuerzas, y sagaz apoyo de los arcos en ménsula, que realzan en su alzado las péndolas y traviesas, en el funcionamiento estructural del conjunto:

- arcos gemelos de 26'60 m, de longitud, entre estribos -luz- 25 m, separados 7 m. Las dos ramas cónicas simétricas opuestas, con sección en la clave, punto de contacto de 75 x 50 cm, varían a una mayor sección hacia el apoyo del estribo de 85 x 55 cm, donde se articula en la rótula empotrada. Rebollo introduce 'piezas de diseño' que sitúa en la clave como lugar de apoyo de las ramas parabólicas.

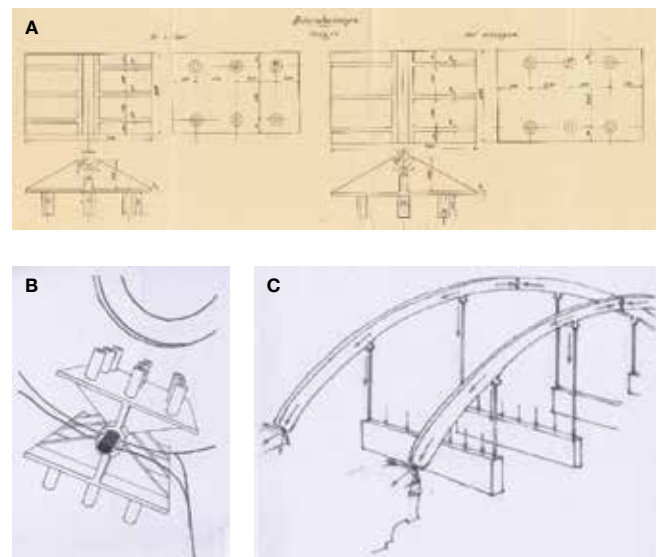


Fig. 11. A. Plano de las articulaciones, a 1:5, acotadas en el Proyecto Ejecutivo; B. Dibujo-croquis de la rótula del estribo; C. Esquema de distribución de fuerzas (proyecto de G. Rebollo y dibujos del autor)

“Innovación” interesante, pues permite por lo avanzado de su cálculo, abarcar toda la luz del tablero al enfrentarse y ‘tender al infinito’ como arcos apuntados.

- riostras, vigas ligeras de poca sección, perpendiculares y empotradas en los arcos con cartelas, colaboran a su inmovilidad. Apostadas equidistantes en los nudos donde

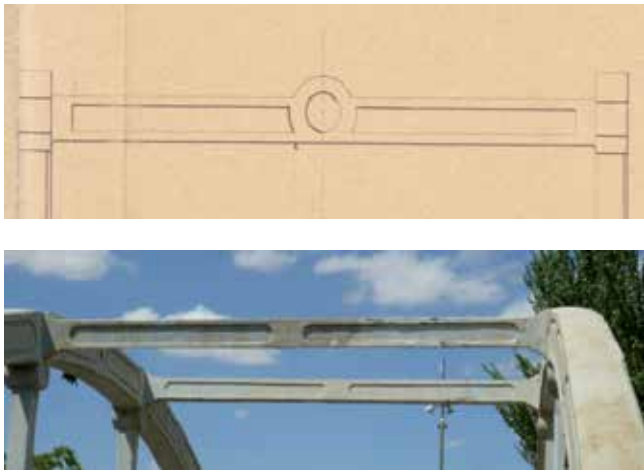


Fig. 12. Vigas riostras, que evitan el vuelco de los arcos, ante el viento y las riadas (en proyecto y foto del autor)

cuelgan las cuatro péndolas centrales, su actuación es mínima, pues las dos vigas arco son estables en sí mismas y capacitadas, por su peso propio, para resolver esfuerzos de flexión lateral, como los producidos por empuje del viento o por crecida natural del río (nunca por evitable desembalse forzado de los pantanos).

Las Placas de fundición, tienen en planta 76 x 48 cm para los estribos, y de 65 x 42 cm en la clave, y en sección 15 cm con el canal del bulón de 60 mm. Las aletas aumentan la adherencia condenadas en HA. En 'el ingenio' del apoyo, del arco actúa articulado en su arranque en un grado de equilibrio en libertad, sin roturas por torsión, al absorber



Fig. 13. Fotos de viga traviesa, y de viguetas-larguero, que forman en conjunto, la losa del tablero. La de borde de menor canto, y a continuación la de andén con mayor por el desnivel, y la central o de calzada. En primer término, el larguero de borde, muestra una grieta en la escuadra, que le une a la traviesa



Fig. 14. A. Postal antigua del Puente San Miguel, que aparece claramente tangente al ábside; B. Reseña de prensa de la Recepción Oficial, 1913, que explica las 'pruebas estáticas' efectuadas con cargas de 80 Tm; C. 'Prueba dinámica' al paso de un vehículo, en la entrega de la Obra (Fototeca DPHu).



Fig. 15. El estribo sostiene a la articulación en vuelo o 'ménsula', que a su vez remata la 'falsa traviesa', amputada como tal, a medio metro de su testa, tiene la función de recoger el larguero de unión con el tablero

las piezas 'leves giros sin traslación' y movimientos de dilatación o asentamiento, que hace isostáticos los arcos, evitando la incertidumbre de esfuerzos no controlados, de las cargas que se reparten por toda la estructura, elevando las péndolas las de uso al arco por el que se distribuyen a las rotulas, eliminándose en la clave, y entrando por la del estribo a la cimentación.

- vigas traviesas. Cuatro separadas 5m, en conexión dinámica con las péndolas, que soportan directamente las cargas y la elevan al arco. De misma anchura 26 cm, son retenidas a modo de asiento-balancín, para apoyo de los largueros, dividiendo el tablero en 5 tramos. Canto de 1'14 m -en testa- y longitud de 7'80m (ancho útil más las péndolas y molduras).

- largueros longitudinales. Seis viguetas, de 20 cm de ancho, continuos, empotrados en las traviesas. Cantos diferentes por su situación y cota: dos largueros de calzada con diferencia de 30cm, y de los cuatro restantes dos de andén y dos de frente que forman las aceras. Se reparten el ancho del puente separados: 0'90-1'55-1'40-1'55-0'90 m, a dos alturas por el desnivel central.

- losa del tablero. Entramado resistente de largueros, forjado como armadura de reparto y capa de compresión, empedrado o rodadura. Remata el larguero de frente, rodapié interior de protección e imposta, y basa de la barandilla, y buscando una estática mayor, se empotra sólidamente en la ménsula, bajo la rótula, mientras los restantes de mayor longitud, descansan en un escalón formado al efecto en el estribo para impedir movimientos de balanceo.



Fig. 16. A. Arista Biselada que dejan libre el espacio del aplique metálico reforzando su estética; B. Nudo de Péndola empotrada en la 'traviesa', al que acometen dos tramos del larguero de borde, con escuadras; C. Nudo de Riostra, que recibe al 'arco' en el punto de cuelgue de las cabezas cilíndricas de las péndolas centrales

• Interpretaciones en la tramitación del Expediente Modificado de Emilio Monterde, da origen a equívocos sobre el funcionamiento estructural. El Puente, en la redacción de la Memoria, aclara la ruptura entre arco articulado y tirante en el estribo, y las diferencias del canto y armadura de los largueros y las cargas que soporta el de borde -de menor escuadría y cuantía- y es tratado como «cabeza inferior resistente de una viga arco» (Monterde. 1911) que describe en el conjunto trabajando a tracción como Bowstring o atirantado es confuso, y acumula por ello opiniones y comentarios.



Fig. 17. Entramado que constituye la losa del tablero, con las ‘falsas traviesas’ recortadas en las ménsulas, apreciándose también el óxido de las platabandas pegadas posteriormente para reforzaron las vigas

9. La Dirección Facultativa mejora la realidad de la Obra, con soluciones más funcionales y estéticas que racionalizan la distribución de cargas en el ‘vuelo’ del estribo

La ‘continuidad de la serie’ se realza en su visión frontal, elaborando cuidadosamente remates, ensambles, y detalles ornamentales y decorativos:

- ménsula para apoyo del arco en el estribo, que inteligentemente se retranquean para situar la articulación, volando 85 cm en cada margen, aumenta el claro dando amplitud al cauce. El arco recoge el último tramo del larguero de borde -como imposta- y en escocía aligera el marco, rematado en ‘dado’.

- falsas traviesas ornamentales, refuerzan visualmente a las cuatro testas del frente del tablero. Aparecen seis piezas en el larguero desde su unión con el apoyo. Dos seccionadas al inicio de las vigas traviesas que, ‘dan la cara’ en

un interesante papel figurativo-retórico que amplía la serie estructural, repetida entre las escuadras.

- Molduras, encuentros y acabados, se manufacturan de manera atractiva en el hormigón armado, al definirse con modelos de ‘tratado clásico’ de arquitectura, por su forma:

- biselado de las aristas. Se contempla en algunas zonas de vigas, péndolas y riostras. El canto vivo se perfila romo, achaflanando al considerar el proyecto la calidad de la luz según el ángulo de incidencia, y mantiene su aspecto cortante en los espacios que sin rebaje ocupan ‘la Flor de Lis’ metálica, como muestra de su extremada preocupación estética.

- nudos estructurales de tres piezas. Elementos afines en encuentros de gran efecto arquitectónico y estimable construcción, como la péndola con el arco/riostra, y -con traviesa/ imposta, ensambles de la estructura, con la maes-

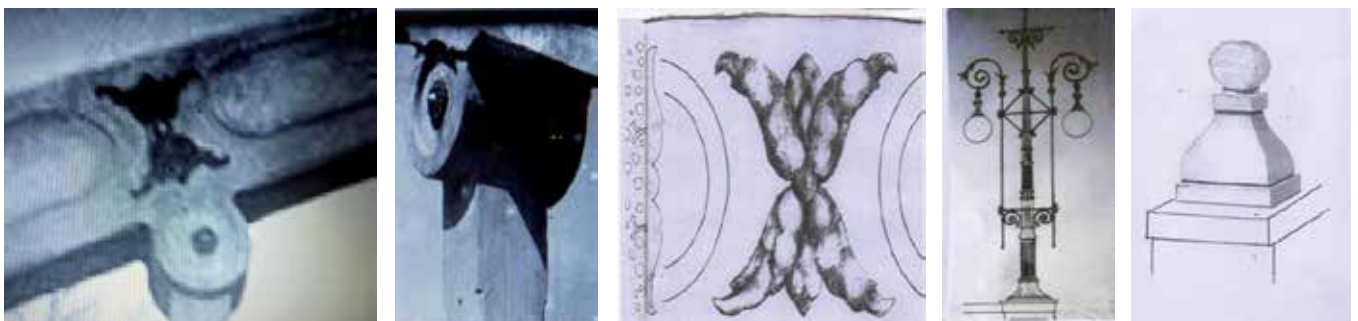


Fig. 18. Elementos de ornamentación cuyos originales han sufrido expolio, y propuestas del autor que invita a reponer, para recuperar la visión primitiva del Puente. En copias de antiguas fotografías, dibujos, o croquis, merecen tras el refuerzo realizado en su estructura, fundirlas, labrarlas, o modelarlas, para su puesta en escena

tría justa para resolver el concierto de 'líneas de fuerza' generadas entre ellos, y también la ménsula con el arco/larguero de frente, en el macizo del estribo, que recoge bajo la rótula de la articulación 'condenada' en el apoyo, en voladizo, aligerando su pesado volumen estático -inmovible- por su solidez.

- El hábil manejo de maestros y oficiales continuadores de los 'carpinteros de ribera' en las grandes cimbras y encofrados de piezas complejas, y ferrallas que operan el acero doblando flejes, barras, y cercos, manipulan y aplican los nuevos 'sistemas' formados por sus empresas como 'artesanos':

- ensambles de elementos constructivos en Ha, que se asemejan a las soldaduras a tope que «en impecable ejecución» Torroja en 1960 exigía. A nivel de tablero, la péndola se alarga y la imposta acomete con las escuadras decorativas acopladas. Los elementos se relacionan en la base, punto de enganche a la traviesa para elevarla al arco, sin solución de continuidad. -entrevigado de la losa, los largueros de borde apoyados en las repisas de ambos costados, junto a los centrales y traviesas, que recuerdan la 'Carpintería de lo Blanco' al divisarse bajo el claro, el modulado envés del tablero en 25 rectángulos, en un nítido reparto del 'artesonado' -transversal y longitudinal- de durmientes y tarugos.

- estampa costumbrista, que daba cobijo a los feriantes de los puestos del mercado establecido al borde de la Iglesia de San Miguel, a la salida del Puente, según vemos en fotos de la Fototeca de la DPHu, donde se muestra como refugio de los artesanos del mimbre, trabajando asentados a 2 m de la línea de estiaje del río.

- Reconocidos vestigios del Puente, alterados o desaparecidos, que se proponen para su reposición restaurando el Patrimonio con copias de sus piezas originales: flores de lis en arco y en barandilla, punto eje de la cabeza de la péndola, farolas de brazos, remates de bolas 'herrerianas'...

10. Las 'Cédulas de Invención' y su implantación en el Puente del Isuela, singularizaron la Obra respecto a su estructura, y ubicación, y aseguraron oficialmente un resultado, previamente ensayado

- El Registro de los 'sistemas constructivos en HA', inventados y experimentados por profesionales especialistas, dan

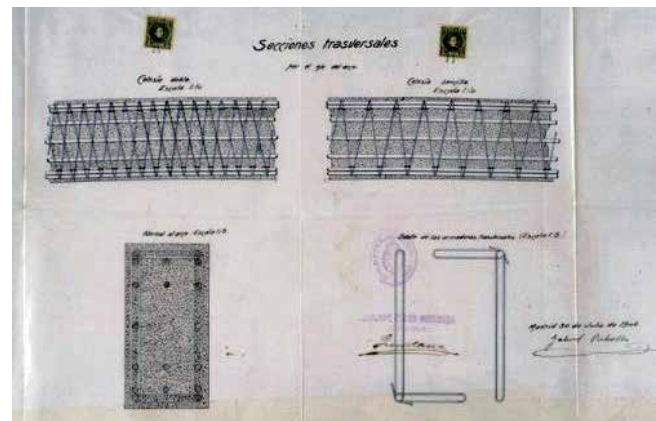
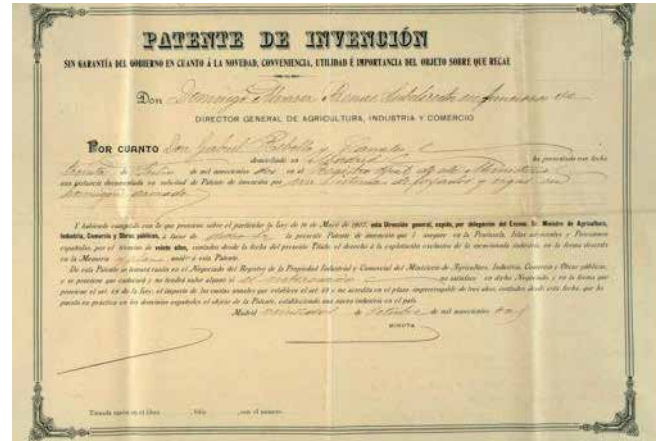


Fig. 19. Patente a favor de Gabriel Rebollo Canales, de 1902, sobre 'Vigas de HA', con su Croquis adjunto de del 'sistema' de armaduras (Registro Propiedad Industrial)

confianza al cliente de las innovaciones técnicas, allanan el riesgo asumido, e impiden el intrusismo.

A pesar de su juventud, el ingeniero Rebollo, persuade a los interesados de la bondad de su 'Sistema' y de la seriedad de su Empresa, al finalizar las obras 'conforme' al contrato sin aumentos económicos, ni retrasos en los plazos, retomando la profesionalidad del constructor, que brinda su técnica y talante artístico, en respuesta a la demanda y solicitud de la Administración.

- La Empresa "Rebollo & Estibaus", aportó los primeros Croquis de la solución, el Anteproyecto y el Proyecto Ejecutivo del Puente San Miguel. Arropado documentalmente en las Patentes Legales, aplicó en Obra una Dirección



Fig. 20. Sección transversal por el tablero, y por la traviesa, a 1:20

Facultativa responsable, con garantía en la ‘prueba final’ de la Recepción.

La inscripción de ‘Sistemas Constructivos’ a principios del siglo XX, por su número e interés «alcanza gran esplendor en España» (Martín Nieva 2000) y Rebollo ostenta una parte reconocida en la invención del “armado de forjados y vigas, en HA”, y de la “Viga arco” junto a otras de aplicación industrial. Su singular objetivo es refrendar con métodos científicos la investigación (experimentación al menos) probada, que avalen las construcciones ante la Justicia en caso de siniestro, al haber intervenido un control e inspección en obra, documentalmente refrendado, y evitar el robo de la idea entre facultativos o empresas sin cualificar en la ejecución en HA. La especialidad de “Rebollo & Estibáus” muestra el método particular de armar y encofrar con la mejor distribución y cuantía de acero. Su colocación en vigas, pilares, losas, zapatas, y los zunchados y cercos en las barras, forman el esqueleto de hierro, conforme a los croquis presentados en la Oficina de Patentes, pues constan en las secciones del Proyecto detalles a escala de los elementos sustentantes donde colabora al unísono el hormigón fajado por los cercos a compresión, y el hierro que envuelto por él, absorbe la tracción, la flexión y el esfuerzo cortante mejorando su rendimiento con barras de diámetros, dimensión, y quiebros menores, que reparten las tensiones del material más favorablemente, obteniendo por ello, un producto más económico y competitivo.

- La nueva implantación en oblicuo al cauce, evidencia la lógica aplicada por Rebollo de sitúa el Puente en diagonal para separarse sin violentar al Monasterio, a cota del terreno:

- El Puente se ubica, contrario al antiguo, que se dirigía a la torre medieval forzando una contracurva que comprimía el terreno urbano de acceso y llevaba a expropiaciones. Rebollo, dobla la luz respecto al puente adjudicado de tablero superior, y su proyecto suprime rampas y taludes y, a cota del terreno, aprovecha un cimiento del anterior como estribo que toma como eje de giro, y rota sobre él, separándose tangente al ábside.

- La Memoria, de E. Monterde compara los trazados. Incide en el emplazamiento oblicuo como ventajoso, y lo impone ante la dificultad del adjudicado «con las dos curvas en sentido opuesto... mientras que así, sobra anchura en el actual camino a la salida del puente para la avenida o enlace con el ramal de Apiés». Acomete Rebollo la Obra en diagonal a la corriente del río, dando lugar a una transparente visión del conjunto al alejarse del edificio.

- Ampliando el desagüe del Puente de Telmo Lacasa, y girándolo, evita Rebollo el claro ‘escaso’ y las curvas de salida e inclinaciones en los accesos, justificando con ello, la redacción del Reformado, con el Modificado contractual de ‘Variación de Emplazamiento... y Reforma General...’.

11. El Modernismo, con sus arcos ‘envolventes’, impregna a todos los elementos del Puente con sus formas parabólicas de hormigón, cuya traza, elevan sus dos ramas enfrentadas en la clave

- Encerrado virtualmente en las líneas cónicas de su arco, el Puente de San Miguel, queda reflejado en el cauce del Isuela, a su paso por la Ciudad.

Los elementos decorativos, como farolas y bolas remate, armonizan en los petos, con el estilo artístico modernista

de las barandillas de zarcillos y flor de lis. Los motivos ornamentales simétricos de cartuchos, geométricos 'en rebaje', y metálicos 'naturalistas' –aplique de lirios– en aparente engranaje, forman una cadena de eslabones en un lugar dominante del arco. La iluminación, señalización que inicia o remata el espacio físico del puente, da un toque estilista al peto del estribo, que soporta cuatro farolas candelabro de globos y bolas pétreas herrerianas, reforzando su innato valor artístico.

El ingeniero Rebollo, ofrece lo aprendido el 'posgrado parisino' de los años finales del siglo, como lo manifiesta su compañero de la Junta de OP, en un fragmento del expediente de Modificación referido al Puente: «con modestos motivos de decoración, en armonía con el papel que cada pieza desempeña» (Monterde. 1911), pudiendo añadir el autor: que marcan o definen en su conjunto, el estilo Modernista.

12. La capacidad técnica y solvencia profesional del ingeniero Rebollo Canales, se reflejan en la evolución de su Obra

- De las construcciones realizadas para Hennebique', a las suyas propias, ejecutadas por la empresa que fundara con el Ing. Industrial Carlos Estibáus Echánove, se aprecian avances.

Su formación práctica, se completó en París al término de sus estudios oficiales en la Escuela de Caminos, en 1896,

y le preparó como empresario de gran prestigio en las primeras décadas del siglo pasado.

- Con su especialización en HA, ingresa en el Cuerpo de Ingenieros del Estado, cuatro años después de acabar la Carrera. Su vocación le llevo a permanecer en contacto con la Sociedad francesa hasta 1902, transcurriendo este periodo en su empleo del Puerto de Denia como Director, y organizando su empresa constructora, para lo que fue clave el apoyo familiar de su suegro, el ingeniero de Caminos Manuel Estibáus Goizueta, que entre otras actividades proyectó el 'encauzamiento del Río Albaida', y trabajó en el Canal de Castilla.

- Por ello, al inicio de su carrera, residió en Valladolid -donde nacieron sus hijos- siguiendo a su vez, los pasos de su suegro, Francisco Echánove Guinea. Ingeniero que fue Jefe de los Servicios Técnicos de Madrid, y del Canal de Isabel II, y responsable con su primo-hermano Antonio Echánove Echánove del Proyecto y Construcción del 'Ramal de Campos', y de la Desecación de la Laguna de Nava. Su obituario en la ROP, lo redactó Estibaus, pues con dice: con el compañero, "le unían razones de parentesco".

El 'realizar trabajos del HA de su invención', le permitió a Gabriel Rebollo, por su singularidad, gozar de compatibilidad oficial como funcionario, sin interferir en el servicio, optando como estrategia profesional por el transporte por ferrocarril, hasta el final de su vida activa, tratando de hacerlo más 'competitivo' ascendido en 1935 a Consejero



Fig. 21. A. La rama parabólica dibujada en roja, entra por el bulón de la articulación, pasa por la ménsula al estribo, y continúa rodeando el cauce; y B. Reflejo virtual del puente en la represa del Río, en la que los arcos dibujan la 'envolvente cabal' de su imagen modernista (dibujo del autor sobre plano primitivo y foto DPHu)

Inspector General, con destino de Jefe de los Enlaces Ferroviarios de Zaragoza, hasta 1939.

D. Ildelfonso Rebollo Ballesteros, su padre, médico-cirujano, en Segovia, profesor de Física, colaborador del Instituto de Meteorología, Presidente de la 'Sociedad de Amigos del País', en 1886, y cofundador del Monte de Piedad, fomento un ambiente 'ilustrado' que llevo a su hijo el ingeniero a acometer su emprendedora actividad, siguiendo la krausista educación que inculcaba la Escuela de Caminos 'del honor y el esfuerzo' en el cumplimiento del deber.

- La versatilidad de su obra y la difusión en periódicos y revistas de la misma, se debe al gusto que por la modernidad lo adquiere Rebollo en Europa, donde le seducen las propuestas asombrosas de sus compañeros en hierro -la Torre Eiffel- y sorprendentes obras en HA -el puente Camille Hogues, sobre el rio Vienne, en Chatellerault-, que le llevan a realizar sus obras de ingeniería en base a esos presupuestos y a describirlas en los medios.

Las nuevas realizaciones técnicas animan a los pioneros a propagarlas, publicitándolas en medios especializados. Demuestran en sus artículos las ventajas en tiempo, economía y seguridad, del HA, frente a construir en hierro.

'La escritura' como faceta destacable de las habilidades del joven Ing. Rebollo, surge de su labor divulgativa, al publicar una investigación en la ROP, en 1899. Su facilidad para comunicar amplía la temática con otros estudios de interés laboral y económico, gestionados por la firma fran-

cesa Hennebique, desde 1901: 'Caminos vecinales', 1899, 46, tomo I (1264): 478-481; 'Construcciones de hormigón armado sistema Hennebique: Fábrica de harinas La Ceres de Bilbao', 1901, 48, tomo I (1343): 233-234; 'El Puente del Caudal de Mieres', 1901, 48, tomo I (1340): 197-200; 'Presas con lastre de agua', 1932, 80, tomo I (2610): 529-530; 'Una solución del problema ferroviario', 1934, 82, tomo I (2658): 443-446; 'Los ferrocarriles en construcción y el paro obrero', 1935, 83, tomo I (2678): 361-364; 'Los ferrocarriles en construcción y el paro obrero', 1935, 83, tomo I (2679): 386-388; 'Los ferrocarriles en construcción y el paro obrero', 1935, 83, tomo I (2680): 410-413.

La relación de los artículos en ROP, de Gabriel Rebollo Canales, es hoy de la mayor actualidad por la investigación de que son objeto la 'Fábrica de Harinas La Ceres', en Bilbao (Artículos de A. Pinilla, y de J. Cárcamo); y por la mayor intervención el 'Puente de Mieres'. El ferrocarril del tramo Lena-Gijón se plantea como necesidad para acceder a la estación, e iniciado por Ribera antes de abandonar Hennebique, es continuado por su compañero Ramón Grotta, hasta su fallecimiento un año después.

Rebollo escribe un amplio y erudito estudio en la ROP, sobre el 'Puente del Río Caudal', desde la Oficina Técnica de París, y lo concluyó con una elegante propuesta formada por dos arcos de hormigón armado de cincuenta y tres metros luz.

Descontentos con la falta en Hennebique de un exhaustivo control técnico, y ante los resultados que prevé, se establece por cuenta propia, con la Sociedad Comanditaria



Figura 22. Imágenes antiguas mostrando la ornamentación modernista. Algunos elementos decorativos permanecieron intactos en el puente San Miguel. Bella 'Postal de 1925', que conserva limpiamente los invariantes del estilo, y recalca el diseño mecánico de adaptación de cada pieza, a su trabajo estructural (Fototeca DP)





Fig. 23. Admirado por su bella perspectiva modernista, y sus 'trapecios' de péndolas y traviesas, colgados de los arcos, y la 'cadena de eslabones' dibujados en ellos. La foto del autor presenta el Puente San Miguel, con el punto de fuga coincidente con la corona del escudo de la Ciudad, bajo el bulón de la articulación de la clave

'Rebollo, Estibáus y Compañía', y continúa la promoción 'mediática' del negocio innovador del HA, en competencia con los convencionales hierro y ladrillo.

Comercialmente, 'manufacturado in situ', y de mayor resistencia al fuego, es económicamente una alternativa favorable, vendiéndose como solución constructiva en anuncios de sus 'sistemas patentados' con la afirmación de que: «Un puente metálico necesita una conservación esmerada... ocurriendo precisamente lo contrario con el hormigón armado que es eterno y no necesita conservación» (Rebollo 1901).

- Los archivos recuperados de Hennebique, muestran los trabajos que realizó Rebollo en ella, hasta 1902, que deja París, crea su propia Empresa, la Sociedad Comanditaria 'Rebollo, Estibáus, y Compañía' que, con personal técnico en oficinas de Madrid, Barcelona y Bilbao, estudia los proyectos encomendados, desde su puesto Oficial de Director del Puerto de Denia.

Consolidada la Empresa, pasa en poco tiempo a ser «la primera casa de España tanto por la importancia y número de obras construidas como por las que tiene en curso» y «Sus trabajos más emblemáticos, destacaron en los medios de comunicación» (Burgos, A. 2010).

- Propaganda empresarial, que difundía los records que alcanzaba los puentes de HA, por sus mayores luces, anchuras, y cargas soportadas, que acreditaban las 'pruebas finales de control' en su entrega o Recepción.

En 1904, es noticia -muy aplaudida- el acto de 'Recepción de Obra' del Puente Ferroviario del Bogatell, en la Estación de Poblé Nou, sobre el Río del mismo nombre, por el periódico 'La Publicidad' -edición noche- de 16 de junio, relata con alabanzas, la entrega 'de conformidad' según proyecto, bajo patente: 'Gabriel Rebollo' para la Compañía de FFCC MZA. Oficialmente las pruebas de carga efectuadas por la constructora 'Rebollo & Estibáus' verifican la idoneidad de su 'Sistema constructivo' en dos tramos de vigas de 10'50 m, con apoyo sobre pila central, siéndolo así en HA, en el 'Primer Puente' Ferroviario en España de ancho convencional, y nuevo éxito profesional en su haber del ingeniero.

- La 'Revista Tecnológico-Industrial', jun-1904, Barcelona, publica ampliamente la noticia, y 'La Construcción Moderna', Madrid-15-sept-1904, también lo refleja. En reseña en 1905, en la 'ROP', los Puentes de Olloqui y Olázar, se publicitaron por el ingeniero Feliciano Navarro Ramírez de Arellano, corresponsal de la Revista escribió de Rebollo: «sus puentes enorgullecen el trabajo de los ingenieros de Caminos». Comentario elogioso de prensa sobre la Oficina



Fig. 24. El 'Espíritu del San Miguel', representado en sus maquetas. Auxiliares del dibujo en plano, expresan en el espacio el aspecto real de la obra: A. En metacrilato, encargo y propiedad del CEHOPU, se expuso en sus muestras, y forma parte del futuro Museo de la OP. B. Armada en piezas de 'Meccano', acompañó al autor en la Comunicación al CHAHC-2015. El semblante de las piezas a escala, no desmerecen al de las antiguas postales

de Proyectos 'Rebollo & Estibáus' en un estricto estudio Navarro sobre "Puentes de Hormigón Armado" al describir el sistema constructivo –procedimiento de cálculo y pruebas para la Recepción- con los resultados obtenidos con esta avanzada tecnología: «no pueden ser más satisfactorios, siéndome muy grato consignarlo por tratarse de ingenieros españoles».

El periodista-ingeniero, valora positivamente al HA, frente a su negativa opinión del hierro, menos competitivo este, a pesar de estar muy afianzado en el mercado, «cuyas ventajas en solidez y economía, sobre aquellos, no he de ser yo quien las proclame, pues las distintas casas constructoras demuestran con sus proyectos y obras esta verdad inconcusa», referida a los puentes que para el FC. del Plazaola proyecta y construye 'Rebollo & Estibáus':

- El Olloqui sobre el Río Leizarán, vía estrecha de Pamplona a S. Sebastián, sobre un arco 'empotrado' en los estribos -tecnología más avanzada, que el 'apoyo simple' sobre ellos. Y

- El Olázar, de cinco tableros (el central en hierro) y que en su 'entrega', congregó a técnicos y representantes interesados en la trascendental novedad.

13. El San Miguel, 'icono vanguardista' de 1912, sobresale en entre las actuaciones pioneras del HA. 'Puente de autor' de Ingeniería atrevida, definida por su mecáni-

ca progresista declarada Monumento - BIC de Aragón, en 2006, perfeccionada en 2010, cuyo original estilo la encuadra en el patrimonio europeo

- Articuló el 'arco parabólico', también en la clave, volado del estribo, ampliado el claro por la ménsula en casi 2 m, y su anchura a 7 m, con andenes de un metro protegidos por una hermosa barandilla de inspiración modernista, se abre al arboreto de la Alameda, al resistir al rancio proyecto-tipo -de archivo- adjudicado en un periodo 'entre siglos' que la Ciudad de Huesca, protagoniza. La construcción floreciente en la cava, del Casino Circulo Oscense, integrado en la Modernidad tras el periodo ilustrado. Considera Rebollo la pieza como binomio puente/urbano en un proceso de igual beneficio, al crearlo con visión de futuro en el espacio del Convento, que reorganiza y modula el tráfico. Los rebajes de cartucho, ornamentan su arco de hormigón –no son meramente decorativos- y se aprecian las curvas cónicas sustentantes atadas por las riostras en lo alto, y las péndolas determinando la superficies y espacios que por su simetría envolvente y su diseño minimalista y geométrico es rompedor y tendente a estilos futuros que se impondrán lustros más tarde, como el Art Decó.

14. Externalizar proyectos y obras, fue una fuente de encargos a las Oficinas Técnicas del HA

- Las Compañías Arrendatarias o Concesionarias, y la propia Administración, adjudicaban de forma Directa o en

Concurso, estudios y construcciones de características y problemáticas específicas en Hormigón Armado, a Sociedades expertas como la “Rebollo & Estibáus”.

- Las Constructoras que gozan de Patentes, diseñan en base a ellas, considerando lógicamente sus Oficinas Técnicas, que la Dirección de la Obra será inherente al Proyecto, pues separarla perjudica el resultado. La disociación, en la práctica, se interpreta y admite por los interesados de diferente forma:

- Profesionales liberales o consultoras externas que redactan Proyectos, consienten en que asuma la Dirección el Servicio al que está adscrita la Obra; formula inversa a que los Técnicos del Organismo proyecten, y cedan la Dirección a consultoras externas, lo cual se acepta de peor grado, al continuar por lógica, el Departamento el seguimiento y gestión presupuestaria.

- En proyectos de prestigio, implantación de alta tecnología o innovación de materiales a cargo de la Administración o grandes Empresas, externalizar una intervención ‘parcial’, tiene sentido, y acudir y licitar ‘Ingenierías’ como Hennebique o Rebollo por la calidad y tipología del trabajo y su localización en su Delegación del Norte de España.

Realizan obras de gran interés como:

- ‘Compañía de Tranvías de Durango’, en 1902, la primera y más emblemática de su carrera: Puente ferroviario de la Peña, sobre la Ría de Bilbao, adjudicado a ‘Hennebique’. Al frente como concesionario de la Agencia para el Norte,

y Jefe del Gabinete Técnico, estaba Gabriel Rebollo, y por su iniciativa, se solucionó ‘en curva’ consagrándole como un destacado ingeniero. La ‘línea del tranvía’ eléctrico a Arratia, confiada al ingeniero José María Chalbaud resulto muy accidentada al partir del Teatro Arriaga, y el ‘El puente de San Antón’.

Contratado el Puente, en 1901, en hormigón armado, fue la Sociedad francesa de François Hennebique, la que lo construyó bajo Proyecto y Dirección del ingeniero Gabriel Rebollo Canales (Referencias: Artículo de J. Cárcamo).

- Concurso de los Sifones de Sosa y Albelda, de 1902, objeto de licitación para Rebollo por su interés en obras de HA, presentó plicas, estudios y pliegos técnicos, aunque finalmente fue adjudicada a la empresa de Ribera. Importante y significativa por su volumen y dificultad de diseño, cálculo, y complicada ejecución al soportar enormes presiones del agua, demuestran el nivel técnico de su Gabinete u Oficina de Proyectos, y su capacidad empresarial y económica.

• Su constructora presenta ofertas en concursos y licitaciones -posteriormente a dejar Rebollo su destino en el Puerto de Denia-. La Empresa ejecuta con total autonomía las obras adjudicadas, entregándolas de conformidad a la propiedad contratante, particular o industrial mercantil

- ‘Balneario de Sobrón’ en Álava, 1903, un puente -pasarela peatonal- de tres claros sobre el Ebro, como acceso a los manantiales.



Fig. 25. Puente de Sobrón en aguas del Ebro, mostrando sus protecciones y barandillas en hierro forjado estilo modernista (ver en Ref. artículos de prensa)

El abandono, y la emergencia de evacuar agua de los pantanos de cabecera produjeron la brutal riada que arruinó en enero del 2015, uno de sus dos tramos en arco;

- 'Ferrocarril de Andoaín a Plazaola'. Contratada h. el año 1904: -el Puente de Olloqui, ya comentado, y que es una obra importante por ser de tablero superior, sobre un arco empotrado de veinte metros de luz, con montantes trapezoidales en una hilera. Se empleó cemento de la fábrica guipuzcoana Hijos de Rezola, y armaduras con flejes en tablero, redondos en los montantes-ménsula, y largueros, e incluso raíles en la viga arco 'tipo Vignole'. Este espíritu innovador, en la técnica y uso de los materiales, pone en evidencia la unión con el Ing. Industrial Carlos Estibáus Echánove -socio y cuñado- que marca la creatividad y carácter investigador que aportan: empotramiento de la viga arco en los estribos, y montantes centrales tipo yunque que vuelan en ménsulas el ancho del tablero;

- Puente de Olázar, interesante por sus cinco tramos rectos de siete metros y medio como acceso al central de viga de hierro en celosía, lo cual viene a apoyar el argumento del autor, de la fructífera fusión de las ingenierías: de Estibáus -industrial- y de Rebollo -Caminos- por aunar la variedad de materiales cemento y hierro en su fabricación de tipos y formas, y solventar la escasez de su comercialización en este periodo;

- 'Canal de Aragón y Cataluña' en 1903, en Estada, y Monzón, pasos superiores de carretera de viga recta y tablero intermedio, proyectados y realizados como Ingeniero Concesionario de Hennebique; y en Estada, -depósito de agua de veintidós metros cúbicos de capacidad, con un brazal de riego;

- 'MZA' en 1903, acabado en 1904, un segundo "puente de tráfico" sobre el FC de Bogatell, también en Poblé Nou, en las mismas condiciones dos tramos de diez metros y medio de luz. Sus pruebas de resistencia se verificaron con resultados satisfactorios el dieciséis de agosto (Ver anexo Ref.); Así como otras menores:

- Ayuntamiento de Vigo, en 1903, forjados de las plantas del Mercado;

-Salto del Duero, en Zamora, 'tubería forzada' de 2'50m diámetro interior;

- Quintana (Burgos) -Salto para Hidroeléctrica Ibérica, en 1904, sobre el Río Ebro, proyecta y construye, cuatro tube-

rias 'forzadas' de 1'70 m de diámetro interior y otras para excitatrices; y para el -Ayuntº, un representativo acueducto de 18 m, sobre el Río Losa;

- Fábrica de Meduro, en Portolín, ejecuta la cubierta y cornisa;

- Moreno Campos, inmueble unifamiliar; -G. Rebollo, como promotor, viviendas en c/ Hermosilla, Madrid; y la ya referida de:

- Mariano Galán, en 1012, adjudicatario del San Miguel. Expediente de Fomento 'Ctª de Huesca a la Estº de Sabiñánigo', subcontratada por él, a "Rebollo & Estibaus".

Así recordaba en su libro Antonio Burgos, a Gabriel Rebollo, ante el listado de sus obras que acabamos de presentar «... no solo fueron los puentes su actividad más importante y reconocida» pues tiene muchas otras realizaciones «de las que Rebollo, puede presumir».

Conclusion: Innovación técnica y diseño creativo, consagran la ingeniería de Gabriel Rebollo Canales, al mostrar su evolución e invención constructiva, y estilo artístico en los puentes en que interviene.

- La influencia de la firma 'Henenbique' se hacen visible en los puentes del Caudal, y de la Ría del Nervión, pero gradualmente su sello personal se impone en las obras ejecutadas por su sociedad 'Rebollo & Estibaus' revelando su idiosincrasia en el Ebro, en el Leizaran, y finalmente en el Isuela.

El procedimiento que desarrolla la Compañía francesa, en los Puentes de Mieres -La Perra- que proyectara J. E. Ribera (y continuara el ingeniero Trotta, concluyéndolo Rebollo, en 1900) y de Bilbao -La Peña- son primitivos del HA, y no innovan en técnicas y estilos mas modernos como los empleados por Gabriel Rebollo, desde su inicio empresarial en Alava -Sobrón-, y seguidamente en San Sebastian -Olloqui- y Huesca -San Miguel- con propuestas de mayor índole y compromiso profesional.

Los nuevos 'Sistemas' del ingeniero segoviano, y sus criterios y reglas de diferente mecánica y diseño funcional, imanan de un perfil mas elevado y original cuando según la ocasión, rebaja el arco, o lo atiranta, o articula, o presenta los perfiles biselados y ornamentados con bajorelieves y herrajes, mientras la barandilla protectora marca a su vez en la union de los tramos, etc.

Su carrera profesional, digna de un amplio estudio, la resumimos en sus 4 puentes claves:

- La Peña, en 1902, Bilbao, proyecto de traza oblicua a la Ría, y construcción compleja con arcos curvos, que ilustró al joven ingeniero;

- El Sobrón en 1903, en Álava-Burgos, lo acomete, marcando su elegancia, de dos tramos en arcos Bowstring y uno recto, bajo la patente del 'Sistema', acorde con el 'Gran Balneario';

- El Oloqui de 1905, del Plazaola, con una traza original de montantes únicos alineados a distinta distancia y rematados en doble ménsula, sobre una viga curvada ensanchada en sus extremos y empotrada en los estribos;

- El San Miguel, en 1912, en Huesca, al presentar los croquis años antes –h. 1908– culmina 'su ingeniería de puentes en HA' al alcanzar un gran interés reconocido estructural y artístico, en su traza y ornamento como 'obra histórica'. **ROP**



Fig. 26. Fotografías de Don Gabriel. A. En su destino de los 'Enlaces Ferroviarios' de Zaragoza, en 1935-1939. Despacho con sus colaboradores. Al fondo, el busto del ilustrado aragonés Joaquín Costa; B. Con el uniforme del Cuerpo de Ingenieros, de Consejero, Inspector General de Ferrocarriles; y C. De Gala, en un evento social, h. 1935





Notas

*Expediente BIC del Puente de S. Miguel. Iniciado por Resolución de 28 de noviembre 2006, conforme a la Ley 3/1999, de 10 de marzo, del Patrimonio Cultural Aragonés, y a las leyes 30/1992, 4/1999, y 2/2001, para la Declaración de MONUMENTO, se acordó previamente la apertura del periodo de información pública, solicitándose el preceptivo Informe a la Comisión Provincial de Patrimonio Cultural que se pronunció favorable. Elevada la propuesta a la Consejería de Educación, Cultura y Deporte, fue aprobada por Decreto 256/2007, de 2 de octubre, del Gobierno de Aragón, publicada (BOA nº 123, de 20 de octubre del 2007 (hoja 14121) y notificada a su Ayuntamiento.

Por Orden de 17 de junio de 2013 (publicada un mes después en el BOA nº 142) la Consejera de Educación, Universidad, Cultura y Deporte, Doña Dolores Serrat Moré, completa el Anexo I del Decreto, con una nueva 'Descripción de la Obra' en un Anexo ÚNICO, sobre la autoría del Puente y su sistema estructural en HA, de tablero colgado por péndolas de viga-arco articulada.

*Antiguo Monasterio Cisterciense de San Miguel. Edificado extramuros de la ciudad musulmana, iniciada su construcción por mandato de Alfonso I, el Batallador en el año 1.110, en estilo Románico y continuado en Gótico. Hoy es Convento de Monjas Carmelitas, 'Las Miguelas'.

Referencias

- Burgos Núñez, A. 2009. 'Los orígenes del hormigón armado' en España. Mº de Fomento Cedex-Cehopu.
- Calvo Salillas, Mª. J. y Alvira Banzo, F. 2005. El Círculo oscense: Cien años de historia, 1904-2004, y Arte y Sociedad -actuaciones urbanísticas 1833-1936. Ayuntamiento, y Diputación, de Huesca.
- Cárcamo Martínez, J. 2012. Patrimonio industrial en el país vasco. Fábrica de Harinas Ceres. Col. Aparejadores y AT. de Vizcaya.
- Casas Gómez, A de las. 2012. Andalucía; Guía de Obras Públicas. Colegio de Ing. de Caminos.
- Donaire, A. y F. Adavid, A. 1975. De Venturi a Eisenman. U. Granada. E.T.S.A. Urbanística III.
- Ferrer Marsal, J. 1999. El Puerto de Denia, una ilusión de progreso. Generalidad Valenciana.
- Generelo, J. J. 2004. Huesca Siglo XIX; la ciudad dividida, la ciudad soñada. Gobierno de Aragón. Departamento de Educación, Cultura y Deporte.
- Huerta Hernández, S. 2003. El cálculo de estructuras en la obra de Gaudí. Ingeniería civil, nº 130.
- Laborda Nieva, J. 1997. Huesca: Guía de arquitectura -Arquitectural Guide-. C. Ahorros de la Inmaculada de Aragón.
- Lacasa Navarro, T. 1899. Proyecto de la Carretera 3º orden Bolea a Aguas, Ramal de Apiés a Huesca. Jefatura Provincial de OP de Huesca, Nº legajo 269.
- Martín-Nieva, H. 2000. La introducción del hormigón armado en España: las primeras patentes registradas en este país. Madrid: Instituto Juan de Herrera.
- Monterde, E. 1911. Carretera de Huesca a la Estación de Sabiñánigo. Trozo 1º. Proyecto de variación de emplazamiento del puente sobre el río Isuela el origen del trozo y reformado general comparativo del mismo. J. P. de OP, Huesca, legajo 264 bis.
- Navarro, Feliciano. 1905. Sobre los puentes de Olloqui, y Olazar, tomo ¿? - 12 -1-05, y Puentes de hormigón armado. Revista de Obras Públicas, 53, tomo I: 9-12.
- Navarro Vera, JR. 2001. El Puente Moderno en España, 1850-1950. La cultura técnica y estética de los Ingenieros. Tomo II. Fundación Juanelo Turriano.
- Nuere, E. 1985. La carpintería de lo Blanco; Lectura dibujada del primer manuscrito de Diego López de Arenas. Ministerio de Cultura.
- Peel, C.; Vique, L. 2009. 'La imagen del hormigón armado ¡HA! 1893-1936'. Mº de Fomento.
- Peña Amaro, A.; Díaz López, J.; Daroca Bruño, F. 1999. 'José Rebollo Dicenta'; Arquitecto. Demarcación de Córdoba del C. O. Arquitectos de Andalucía Occidental.
- Ramos Gorostiza, y Martínez Vara. 2008. Las ideas económicas de los Ing. de Caminos: La Rop (1853-1936) Pags 27 y 28. Universidad Complutense de Madrid
- Rebollo Canales, G. 1901. Construcciones de hormigón armado sistema Hennebique. Revista de Obras Públicas, 48, tomo I (1340): 197-200; y otros.
- Ribera, J. E. 1925-1932. Puentes de Fábrica y Hormigón Armado. Fundación Juanelo Turriano.
- Rocha Aranda, O da. (2009). 'El modernismo en la arquitectura madrileña'. C. Sº. de I.C.
- Romero Muñoz, D. 2012. Comisaria exposición 'Puentes Arco en España'. CEHOPU.
- Sáez Ridruejo, F. 1983. Los primeros ingenieros de Caminos (1799-1839). Los fundadores del cuerpo. Revista de Obras Públicas, 130, (3213): 369-378.
- Sáez Sanz, A. 2012. Gabriel Rebollo y sus Puentes norteños. Reseña catalogo Exposición 'Puentes Arco en España'. CEHOPU.
- Seser Pérez, R. 1998. Arxiu del Port. Denia (1836-1969). Ayuntamiento de Denia.
- Torroja, E. 1960. Razón y ser de los tipos estructurales. Inst. de Construcción y del Cemento.

El hundimiento del puente de la carretera M-527 sobre el río Guadarrama



Javier Parrondo

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Socio fundador de FCK consultoría estructural

Resumen

El día 28 de mayo de 2015 colapsó un puente de la red de carreteras de la Comunidad de Madrid. Afortunadamente, no hubo víctimas mortales, ni tampoco heridos. Era de una tipología muy especial, de la primera época del hormigón pretensado en España, que proliferó en la década 1958-68: vigas prefabricadas construidas por dovelas.

Estos puentes tienen una serie de debilidades intrínsecas que los hace susceptibles de presentar patologías graves en la actualidad, por lo que, para prevenir catástrofes similares, se recomienda inspeccionar aquellos ejemplares que todavía se encuentren en servicio, a la luz del accidente que se comenta.

En este trabajo se detallan esas patologías y las circunstancias del hundimiento del puente. Se ponen también en cuestión los sistemas actuales de gestión de estructuras y los protocolos de (des)información que se siguen todavía en muchas Administraciones públicas cuando sufren un accidente de este tipo.

Palabras clave

Hormigón pretensado, vigas de dovelas, puentes de vigas, patologías, accidentes, rotura

Abstract

On 18 May 2015 a road bridge in the Madrid region collapsed, fortunately without death or injury. This was a very special type of bridge dating back to the early days of prestressed concrete in Spain, which would proliferate from 1958-68, and using precast beams formed in segments.

These bridges had a series of intrinsic weaknesses that now make them susceptible to serious defects and in order to prevent similar disasters, it is highly recommendable to inspect the remaining bridges of this type that are still in service, in the light of this accident.

This article describes the defects and the circumstances behind the collapse of the bridge. The author also questions the current management systems of structures and the protocols of (dis)information that are still followed by many public authorities when there is an accident of this type.

Keywords

Prestressed concrete, segmental beams, girder bridges, pathologies, accidents, collapse

Introducción

El día 28 de mayo de 2015 colapsó el puente de la carretera M-527 sobre el río Guadarrama (fig. 1). El presente artículo describe el puente y sus peculiaridades técnicas, en el contexto tecnológico de la época, detalla la forma en que se produjo el hundimiento y analiza las posibles causas del mismo.

También se hace, en la última parte, una crítica que nos parece necesaria. Un accidente como éste es un fracaso absoluto y sin paliativos del Sistema de Gestión de Estructuras y de los procedimientos de vigilancia y control de los Transportes

Especiales que circulan por ellas. Y no se trata ya de que se haya perdido un ejemplar interesante de nuestro patrimonio industrial; es que se ha puesto en peligro de manera grave la seguridad de los usuarios.

Nos parece evidente que una rotura de estas características debería provocar una revisión en profundidad de nuestros sistemas de gestión de puentes y de las metodologías de inspección y de evaluación que se están aplicando.

También debería servir para mejorar nuestro conocimiento de las estructuras de la red de carreteras y de las patologías



Fig. 1. El puente colapsado, el 5 de junio de 2015

que les afectan. Y, muy particularmente, de la corrosión de las armaduras activas, que cursa de forma diferente que en hormigón armado, sin apenas dar señales externas y con un riesgo de colapso frágil muy superior.

Esta va a ser la patología predominante de nuestros puentes los próximos años, y donde deberán concentrarse las actuaciones preventivas y las operaciones de refuerzo y reparación. Hay que recordar que el tablero de hormigón pretensado es la tipología abrumadoramente más numerosa entre los puentes de la red de carreteras del territorio nacional.

Poner a disposición del público y de los especialistas toda la información relativa a este suceso no es sólo una obliga-

ción política de la Administración competente para con los ciudadanos a los que debe rendir cuentas. Es, muy especialmente, un deber moral que puede evitar futuras situaciones de riesgo para los usuarios de las carreteras de ésta y otras redes del Estado.

El problema es que oficialmente este accidente, como tantos otros, no ha existido. La opacidad con la que se han tratado tradicionalmente estas catástrofes en nuestro país revela un desprecio al ciudadano inadmisibles en una Administración pública (cuando, además, los accidentes se producen durante la construcción de las obras, la ocultación de la información puede ser casi absoluta, instaurada por contratistas cuyo único interés es económico, auspiciada por Administraciones como poco laxas y siempre con la colaboración de profesionales sumisos que olvidan con admirable desenvoltura sus obligaciones deontológicas y su compromiso con el bien común y el interés público).

El texto se ha dividido en cinco puntos. Este artículo no puede suplir la dejación de responsabilidad de la Administración, pero sí intenta hacer lo que ésta no ha hecho en año y medio: facilitar toda la información a la que se ha podido acceder sobre el siniestro. Esto se hace en los cuatro primeros puntos. La última parte intenta ser una llamada de atención sobre las responsabilidades y actuaciones que cualquier Administración de carreteras debería asumir, de oficio, ante un accidente de este tipo. Todas las fotos y figuras de las que no se cita la procedencia, son del autor de este artículo.

1. El puente

1.1. La tipología y el autor

El puente tenía un único vano de 18 metros de luz y 13,30 metros de ancho, resuelto mediante un tablero de vigas prefabricadas pretensadas, biapoyadas, de sección “doble T” (figs. 2 y 3). Aparentemente, una obra sin mayor interés; en seguida veremos que no era así en absoluto. La rotura, que parecía claramente un fallo a flexión, se había producido a partir de ciertas juntas transversales que presentaban las vigas. Éstas no eran monolíticas, estaban formadas por dovelas con juntas lisas y sin ninguna armadura pasante, salvo los cordones de pretensado.

¿Por qué construir con dovelas estructuras de un material como el hormigón pretensado, “cuyo modo de hacer es el moldeado y su aspiración parece ser el monolitismo”? [1], se preguntaba en 1969 Fernández Casado. Porque viene a ser



Fig. 2. El puente en 1998 (por J. V. López Abad)

una actualización de la tradición de construcción en piedra, contestaba él mismo: “todo dintel pretensado lleva en sí el artificio de un arco (...) en realidad, lo que construimos son arcos planos (...) al tesar el cable, vertebramos el sistema de dovelas independientes, las cosemos entre sí y además damos al conjunto la curvatura conveniente para que demuestren su solidaridad despegándose de la bancada” [1].

De manera más prosaica y, tal vez, más precisa, el propio Fernández Casado nos explica las razones materiales del uso de esta tipología: los primeros puentes y cubiertas pretensados españoles “eran casi inevitablemente de dovelas [por] nuestro problema en maquinaria para manejo y transporte de grandes pesos [y porque así se facilitaba] la economía de moldes, (...) fabricar elementos normalizados y poder servir a un mercado permanente” [1].

Una vez más son las carencias materiales (esta vez las de la postguerra española) las que orientan los métodos constructivos y, consecuentemente, las tipologías estructurales y explican el gran desarrollo que tuvo en España la construcción de vigas prefabricadas por dovelas; por eso mismo, esta técnica duró poco, apenas una década (pero, sin duda, contribuyó decisivamente al auge que en seguida alcanzaría el sistema de construcción de puentes “in situ” mediante voladizos sucesivos). En la V Asamblea de la Asociación Española del Hormigón Pretensado, celebrada en Bilbao en 1966, se presentaron un buen número de realizaciones de esta tipología (entre ellos, proyectos muy interesantes de Fernández Casado y Martínez Santonja) [2]. Pero aquel fue su canto de cisne; en la VI Asamblea, celebrada tres años después, no se citan nuevas construcciones de puentes con este sistema y se reconoce que ha

perdido gran parte de sus ventajas por la gran velocidad a la que se había llegado a fabricar vigas de una pieza [1].

Este puente sobre el río Guadarrama era una de aquellas primeras realizaciones de dovelas postesadas. El proyecto es de 1957 y su redactor fue el ingeniero de Caminos Alfredo Páez Balaca, uno de los introductores del hormigón pretensado en España y autor de un libro de referencia sobre el tema en los años noventa [3].

1.2. El proyecto y la construcción

Parte del proyecto original del puente se encuentra en el CEDEX [4], en el Archivo Torroja, ya que al parecer Páez llevó una copia a la oficina técnica de Eduardo Torroja para que éste lo revisara. Ambos eran profesores de la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid, en la Cátedra de Hormigón, y colaboradores en algunas investigaciones y publicaciones de importancia. Páez fue, junto con Torroja, el promotor del nuevo paradigma de cálculo en rotura de las estructuras de hormigón basado en una formulación estadística del concepto de seguridad, que es el que se emplea en la actualidad. Ambos fueron también redactores de las Instrucciones de Hormigón Armado de los años 1956/57 y 1960 [5].

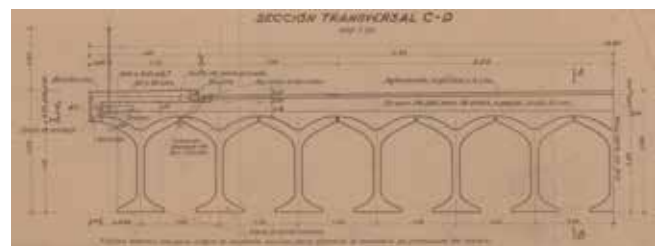


Fig. 3. La sección del tablero según el proyecto de Páez [4]

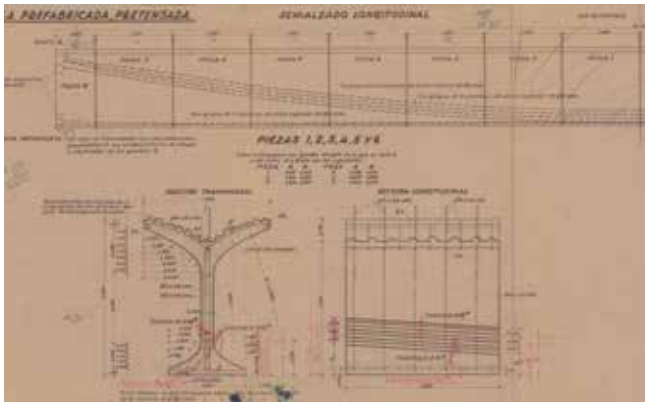


Fig. 4. Plano de proyecto de la viga [4]

El postesado estaba formado por cuatro cordones parabólicos alojados en el alma y dos rectos en la cabeza inferior (fig. 4). Los cordones eran grupos de 9 alambres de 5 mm de diámetro, salvo el superior, que constaba de 3 alambres de 5 mm. El límite de rotura del acero era de 1550 MPa y se tesaba a 1100 MPa. El hormigón de la viga tenía una resistencia característica de 30 MPa y el de la losa de 16 MPa. Las dovelas eran de 1,20 metros de longitud. El plano de la viga tiene detalles curiosos, como la forma de crear la superficie rugosa de la cara superior para mejorar la adherencia con el hormigón de la losa vertido “in situ”: colocando áridos de 6 cm de diámetro a mano, uno a uno, en el hormigón fresco de la viga formando una suerte de dientes o llaves de áridos. Esta interfaz se comportó muy bien en la rotura, como veremos más adelante.

La geometría de las vigas es también singular; la forma de la sección es más orgánica y menos rígida que las soluciones prefabricadas actuales, con un atractivo punto extravagante. La cabeza superior, en forma de alas de gaviota, es, sin duda, original, pero no alcanzamos a ver las ventajas técnicas de esta solución; al contrario, provoca un gran incremento de la carga muerta sobre la viga, que disminuye la eficacia del pretensado.

En cambio, redondear las aristas de la sección es una decisión plausible. Además de crear superficies estéticamente más interesantes y más limpias, es eficaz para evitar concentraciones de tensiones. Ninguna de las vigas del puente presentaba fisuras longitudinales como las que se detectan a menudo en las vigas actuales marcando el encuentro entre las alas y el alma. Las aristas son, en general, debilidades estructurales aceptadas en el diseño por motivos estrictamente



Fig. 5. Fisac en el parque de dovelas de las vigas hueso y la prueba de carga de una de ellas (en cehopu.cedex.es)

económicos. No suelen ser preocupantes desde el punto de vista de la seguridad pero sí de la estética y la durabilidad. El diseño de Páez es hijo de su tiempo. En los mismos años, finales de los cincuenta, el arquitecto Miguel Fisac investigaba las posibilidades formales del hormigón pretensado y desarrollaba su concepto de las vigas hueso, vigas huecas sin una sola arista, de formas muy elaboradas para adaptarse a toda una serie de requerimientos funcionales propios de las cubiertas de gran luz (evacuación del agua de lluvia, iluminación natural cenital, protección de la luz directa, buena acústica) [6]. Y construidas también a partir de dovelas de pequeñas dimensiones, con una técnica similar a la del puente de Páez (fig. 5). Su realización más importante con estos elementos es la maravilla arquitectónica de la cubierta del Centro de Estudios Hidrográficos (Madrid, 1960-63), realizada con vigas de 22 metros de longitud formadas con



Fig. 6. La cubierta del Centro de Estudios Hidrográficos, de Miguel Fisac (en metalocus.es)

dovelas de un metro de largo y sólo 5 cm de espesor en algunos puntos de la sección (fig. 6).

Esta cubierta todavía está en pie, pero lo que ahora se puede ver no son las vigas originales de dovelas, ya que se sustituyeron en 1995 por otras monolíticas pretensadas con el mismo aspecto que las primitivas. La réplica es muy buena y nos retrotrae a aquellos años sesenta. Fue un gran trabajo de la empresa ALVISA, al margen de lo adecuado de la solución, que no deja de ser ahora una impostura. Los técnicos que realizaron el proyecto de sustitución de la cubierta apuntaban las razones por las que hubo que cambiar las vigas: “el ambiente húmedo del recinto, unido al escaso recubrimiento de las vainas, obligado por el débil espesor de las paredes de la viga, y las deficiencias de inyección connaturales con los sistemas de aquella época, hicieron temer la posible corrosión de la armadura activa, tal como se detectó en las actuaciones de inspección llevadas a cabo oportunamente por encargo de la Dirección del Centro de estudios Hidrográficos” [7]. Luego veremos hasta qué punto son éstos los mismos factores que debilitaron nuestro puente.

La sustitución de esta cubierta se difundió en las revistas especializadas y llegó al conocimiento de la comunidad técnica. Es posible que si en aquellos momentos hubiera estado ya implantado un Sistema de Gestión de Obras de Paso, se habría realizado una inspección especial de nuestro puente. O no. Porque el hecho cierto es que la Comunidad de Madrid ignoraba que en su red había puentes con esa tipología. Sólo se ha sabido tras el accidente del que ahora nos ocupa. Volviendo al proyecto, es interesante también el armado

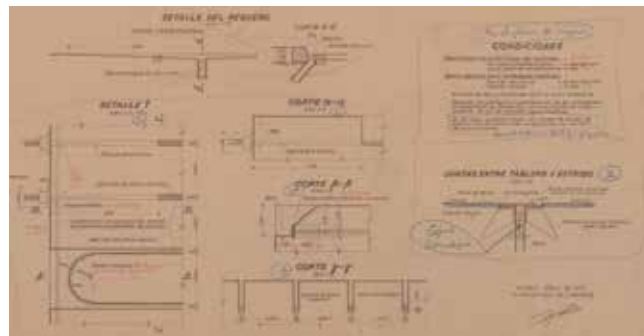


Fig. 7. Plano con el pretensado de la losa del tablero [4].

del tablero (fig. 7). Consiste únicamente en un pretensado transversal, sin armadura de reparto. Se realizó dejando unas acanaladuras transversales en la losa de hormigón, en las que se colocaban los alambres de postesado una vez endurecido el hormigón de la losa. Posteriormente, se tensaban estos alambres y se rellenaban los cajeados con hormigón. Páez, en el Anejo de Cálculo, justifica que esta solución es más barata que emplear armadura pasiva convencional y por eso opta por ella.

Para los apoyos, aunque los aparatos de neopreno zunchado empezaban a generalizarse, prefiere usar placas de plomo, una solución habitual desde los primeros tiempos del hormigón armado en puentes pequeños. Estos apoyos se usaban en puentes hormigonados “in situ” de luces similares a la de éste, ya que la plasticidad del plomo permitía pequeñas deformaciones horizontales. Al ser este puente prefabricado, las deformaciones por retracción se reducen considerablemente y, además, debido al método de construcción, los acortamientos iniciales del postesado se producen antes de que las vigas se coloquen en su ubicación definitiva. A cambio, al ser pretensado, el dintel sufrirá acortamientos debido a la fluencia; pero, en este caso, la fluencia iba a ser pequeña, ya que la tensión de proyecto en la fibra inferior bajo cargas permanentes era muy baja, del orden de 3 MPa [4].

El caso es que mientras en un estribo dispone placas de plomo de la manera habitual, directamente apoyadas sobre el cargadero, para el otro diseña unos apoyos móviles, con una solución un tanto alambicada y poco corriente de péndulos de hormigón, formados por una biela octogonal articulada

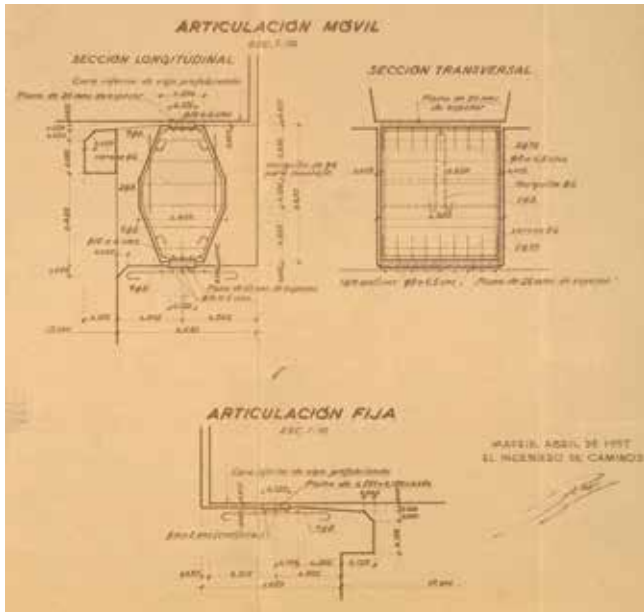


Fig. 8. Detalle de los apoyos móviles, según el proyecto [4] y parte superior de uno de los péndulos de apoyo, tras la caída

con la viga y con el cargadero mediante sendas chapas de plomo (fig. 8). Y lo curioso es que en su cálculo Páez sólo tuvo en cuenta la deformación térmica y la retracción diferida, con lo que estimaba un corrimiento horizontal máximo de 3 mm en cada apoyo (pág. 36 del Anejo de Cálculo [4]), perfectamente compatible con placas de plomo convencionales en ambos extremos.

De acuerdo con los textos de la época sobre el montaje de vigas, la prefabricación de las dovelas se habría realizado

Código: 459 Carretera: M-527 PK: 1+600 FICHA DE CONSERVACIÓN
Denominación: Puente sobre el Río de la venta en el P.K. 1+600 Fecha Inspección: 29/08/2007
Índice estructura: 46

FOTOS



Efflorescencias, librería 1, en Elemento Vigas del Componente V1 (Deterioro 8)



Desconchones/lagas (con armadura pasiva implicada), librería 6, en Elemento Vigas del Componente V1 (Deterioro 9)



Humedades y filtraciones, librería 1, en Elemento Muro de guarda del Componente E1 (Deterioro 17)



Humedades y filtraciones, librería 8, en Elemento M.F. portante del Componente E1 (Deterioro 18)

Fig. 9. Deterioros en las vigas identificados en la inspección principal

probablemente in situ, en la propia obra, ya que ese era el procedimiento más habitual en aquellos primeros años. Asimismo, la unión de las dovelas se habría efectuado sobre el propio vano del puente. Solía construirse una cimbra del ancho estricto para poder conformar una única viga, situada en un lateral de la posición teórica del tablero. Sobre ella se colocarían las dovelas, se sellarían las juntas y se procedería al tesado de los cordones. Finalmente la viga se repararía hasta su posición definitiva. Esta operación se repetiría con las 13 vigas del tablero [8 y 9].

1.3. El mantenimiento

La única inspección principal del puente se realizó en 2007. En las fotografías que obran en la ficha de inspección se aprecia una carbonatación importante en las juntas (fig. 9); esta patología fue valorada con un índice de 41 (deterioro 8, en la figura 9). Además, se observaron desconchones en las vigas con armadura pasiva implicada, que se calificaron con un índice de 46 (deterioro 9). Estos índices por encima



Fig. 10. El puente, ya cortado al tráfico y poco antes de desplomarse (29 de mayo a las 13.00 horas)

de 40 indican que la estructura tiene unas patologías que no suponen un riesgo para la seguridad de los usuarios pero que requieren una actuación a corto o medio plazo.

La ficha de la inspección, como la del inventario previo, de 2002, omite circunstancias relevantes como la peculiar tipología de las vigas o el espesor real de pavimento. Tampoco dice que el puente sea pretensado; en la ficha de tipología se lo describe como un tablero de vigas prefabricadas, de sección “doble T”, de hormigón armado.

2. El colapso

- 28 de mayo de 2015

El puente no se derrumbó el 28 de mayo exactamente, pero sí colapsó ese día. La deformación del tablero se hizo muy evidente y por la tarde, sobre las 20.00 horas, se cerró al tráfico.

De acuerdo con los testimonios recogidos por el periodista de El País Pablo León [10], las primeras roturas de consideración debieron de producirse hacia las 19.00 horas. Estas roturas provocaron una flecha importante en el centro del tablero y la apertura de dos grandes grietas transversales en el asfalto (coincidentes con los extremos del tablero, como consecuencia del giro de las vigas en sus apoyos, ya que el firme era continuo y carecía de juntas de dilatación en los estribos).

El conductor de uno de los vehículos que circuló sobre el puente en ese estado llamó al servicio de emergencias, gracias a lo cual pudo cortarse la carretera en poco tiempo. Pero durante ese tiempo otros muchos vehículos debieron de cruzar el puente colapsado con un riesgo evidente. Aunque

se trata de una carretera local, es una vía bastante transitada (4.037 vehículos diarios en 2015 [11]); afortunadamente, no debió de pasar ningún vehículo excesivamente pesado.

- 29 de mayo de 2015

A la mañana siguiente el puente continuaba en un estado similar. Las fotografías que siguen (figs. 10 y 11) están tomadas hacia las 13.00 horas del día 29 de mayo, poco antes del derrumbe definitivo.

Al observar el tablero desde el río, se podía comprobar que la rotura había comenzado por las vigas de borde. Al menos tres o cuatro vigas por cada lado estaban completamente seccionadas por alguna junta del tercio central y si no habían caído al cauce era porque las dovelas se mantenían colgadas de la losa de compresión. El peso de estas vigas, el de todo el tablero, era soportado sólo por las vigas centrales, cinco o seis en el mejor de los casos, que se mantenían íntegras pero con deformaciones muy importantes.

La flexibilidad de este esquema estructural era tal que ligeras ráfagas de viento hacían oscilar verticalmente el tablero de manera ostensible, sobre todo las vigas de borde, que vibraban con amplitudes importantes, del orden de varios centímetros.

Las vigas centrales debían estar muy descomprimidas y haber sufrido deformaciones plásticas, ya que de otra forma no es posible registrar una flecha tan acusada. En las fotografías tomadas desde el río se puede apreciar que sus juntas están muy abiertas, aunque las vigas todavía mantienen la continuidad gracias a los cordones de pretensado, que aún no han roto o no han plastificado excesivamente como sí lo

han hecho en las vigas de borde. El tablero se desplomó esa misma tarde, sobre las 15.00 horas, al parecer sin ayuda externa, cuando las vigas centrales no fueron capaces de resistir el peso del tablero y el pavimento.

• 5 de junio de 2015

Una semana más tarde los restos del puente continuaban en el estado en que habían quedado tras el hundimiento. Todas las fotografías que se aportan a continuación (figs. 12, 13 y 14) pertenecen a ese día, 5 de junio.

La viga de borde había sido, sin duda, la primera en colapsar; su rotura era evidente desde el primer momento en que se cortó la carretera.

Esta rotura se había producido por un fallo a flexión, debido al agotamiento de la armadura de tracción. La mayoría de los alambres de pretensado estaban rotos y los que no, habían sufrido deformaciones plásticas importantes.

Al perder la viga su continuidad, se había producido también lo que parece una rotura local por rasante en la conexión de la viga con la losa de compresión, aparentemente por mera incompatibilidad de deformaciones entre la viga partida y la losa que aún mantenía su continuidad. La rotura se había propagado horizontalmente, por la superficie de área mínima, a través del hormigón monolítico de la losa, y no por la interfaz entre viga y losa. La curiosa junta entre el hormigón de la dovela prefabricada y el hormigón de la losa vertido "in situ" que comentamos en el punto 1 se había comportado perfectamente (fig. 13).

La corrosión de la armadura principal era muy evidente en esta viga de borde. Muchos de los alambres estaban completamente seccionados desde hacía tiempo.

De la lechada de cemento que, según el proyecto, debía rellenar las vainas, apenas había trazas, ni en el interior de los conductos, ni alrededor de los alambres que estaban fuera de ellos.

El material de las juntas ("mortero de supercemento bien compactado", según el proyecto original [4]) no se debió de compactar tan bien como pedía el proyecto; a simple vista se apreciaba que era mucho más poroso que el hormigón de las dovelas (fig. 13).

La carbonatación de ese material era evidente, sobre todo en la cara inferior de la junta, donde se acumulaban los depósitos de carbonato cálcico (fig. 14). Además de la porosidad, lo que



Fig. 11. El puente colapsado, minutos antes de desplomarse



Fig. 12. El puente, el 5 de junio de 2015



Fig. 13. La rotura de la viga de borde: detalles del modo de rotura, la corrosión de los alambres y la junta de 14 mm de mortero de "supercemento"



Fig. 14. Vigas interiores: carbonatación en las juntas y corrosión en los alambres

ha debido de acelerar el fenómeno es la apertura de la junta al producirse la descompresión de la fibra inferior, ya que los depósitos eran mayores hacia el centro del vano. Esta apertura de la interfaz entre el material de la junta y la dovela, no se cierra al volverse a comprimir la fibra, como puede hacerlo una fisura en una pieza monolítica de hormigón.

Los alambres de las vigas interiores que se encontraban a la vista presentaban corrosión generalizada, pero superficial, que no parecía haber provocado pérdidas de sección.

3. La demolición

• 15 de junio de 2015

La demolición de la estructura se realizó el día 15 de junio. Fue una demolición mecánica indiscriminada, realizada con maquinaria pesada (palas excavadoras con martillo neumático), que duró apenas una mañana (fig. 15).

No se obtuvieron mapas de la corrosión de los alambres, que permitieran registrar si ésta era generalizada o se había concentrado sólo en las juntas más expuestas de las vigas de borde o también en otras zonas sensibles, qué gravedad había alcanzado en ellas y cuál era la pérdida de sección en cada caso.

Parece que tampoco se obtuvieron muestras de la lechada de cemento que, según el proyecto, rellenaba los conductos de pretensado, ni se identificaron las zonas (evidentes, tras la inspección realizada) en las que no había penetrado esta lechada.

Ignoro si se extrajeron probetas o muestras del resto de materiales, y si se realizaron, al menos, ensayos de porosidad, carbonatación, cloruros o resistencia a compresión en los hormigones y morteros, o de tracción e intensidad de corriente

en las armaduras. Parecería lógico haberlo hecho, pero, por la forma en la que se llevó a cabo la demolición, tiendo a pensar que no se hizo.

• 17 de junio de 2015

Los escombros se mantuvieron durante varios días junto al río, antes de su transporte a vertedero. La inspección de los restos, realizada dos días después de la demolición, permitió confirmar las observaciones anteriores. Las siguientes fotografías son de ese día (figs. 16 y 17). A continuación se resumen las conclusiones obtenidas tras esa segunda inspección.

o Los alambres de pretensado no estaban trenzados helicoidalmente formando cordones, como luego sería habitual. Eran alambres individuales con un anclaje común (fig. 17).

o Apenas había señales de la lechada de mortero que debería rellenar las vainas alrededor de los alambres que se habían extraído; casi sólo junto a los anclajes se podían encontrar restos adheridos.

o En la mayor parte de los alambres la corrosión era mínima y, en general, superficial. No se apreciaban pérdidas de sección. Las siguientes fotografías de algunas de las madejas son representativas del estado de la mayoría de los alambres de pretensado (fig. 16).

o En los pocos alambres seccionados que encontramos que presentaban señales de corrosión más acusada, la rotura se había producido por acción mecánica (fig. 16).

o No detectamos ningún fallo del anclaje. Todos los dispositivos de anclaje que vimos se encontraban en un estado aceptable y todavía conservaban todos los alambres (fig. 17).



Fig. 15. Demolición del puente, el 15 de junio de 2015



Fig. 16. Alambres de las vigas y la losa



Fig. 17. Dispositivos de anclaje de vigas y losa

4. Las causas del hundimiento

En realidad, y como en casi todos los accidentes, no hubo una única causa, sino que fueron varios los factores que contribuyeron al desplome del puente. Tras el reconocimiento de los restos y algunos cálculos muy someros que hemos realizado, creemos que esos factores se reducen a estos cuatro:

4.1. El peso del pavimento

El peso de pavimento contemplado en el proyecto del puente [4] era el de una capa de 5 cm de espesor y 20 kN/m³ de peso específico, es decir, una carga muerta de 1,00 kN/m². En el puente hundido, pudimos medir espesores variables de más de 20 cm en general y un espesor medio de unos 25 cm (fig. 18). Es decir, el puente soportaba una carga muerta de 5,7 kN/m², casi seis veces mayor.

Este sobrepeso de pavimento son unas 100 toneladas de más sobre el tablero, cuando éste estaba calculado para soportar un tren de carga máximo de 180 toneladas [4]. O sea, el exceso de pavimento equivalía a más del 50 % de las sobrecargas de cálculo.

4.2. La corrosión de los alambres de pretensado

En la inspección inicial del puente, tras la caída, se podía observar que la corrosión de la armadura principal era muy evidente en las vigas de borde. Muchos de los alambres estaban, incluso, completamente seccionados desde hacía tiempo (fig. 19). Sin embargo, en las vigas interiores este tipo de roturas no se veían.



Fig. 18. El espesor de pavimento llegaba a superar los 25 cm

Tras la demolición, se pudo comprobar que, efectivamente, en las vigas más interiores la corrosión apenas había progresado. Alrededor de un 20 % de los alambres extraídos de estas vigas podía presentar signos de corrosión, pero ésta era relativamente superficial. En los alambres seccionados que estaban corroídos, la rotura se había producido por acción mecánica (fig. 16).

Con la dificultad que entraña cuantificar el grado de corrosión sólo con un par de inspecciones visuales, estimamos que es bastante aproximada la suposición de que la reducción de sección de la armadura activa equivalía, a lo sumo, a los alambres de dos vigas, además de las dos vigas de borde en las que los alambres estaban seccionados casi en su totalidad. Es decir, la corrosión habría reducido la sección de armadura principal y, en consecuencia y aproximadamente, la capacidad resistente del tablero, como mucho en un 30 %. Como en este puente las cargas permanentes representan algo menos del 60 % de la carga total, eso significa que la capacidad para soportar cargas exteriores se habría reducido, por la corrosión, alrededor de un 70 %.

La conclusión es que, entre el sobreespesor de pavimento y la corrosión de las armaduras, la capacidad del puente para soportar cargas exteriores era nula. El puente se encontraba en un estado tal que agotaba su capacidad sólo con las cargas permanentes.

Esto quiere decir que el puente se tendría que haber cerrado al tráfico. Pero ni en las inspecciones realizadas ni en los análisis de cargas admisibles de los puentes de la red se advirtió esto. De hecho, aunque sólo se estaba permitiendo



Fig. 19. La corrosión había seccionado una gran parte de los alambres de la viga de borde, pero en las vigas interiores apenas había señales de corrosión

el paso de camiones de menos de 45 toneladas, el puente no tenía limitación alguna de carga por ninguno de los estudios que se habían hecho en los últimos años. En el último de ellos se consideraba admisible, con algunas restricciones, el paso de camiones de hasta 120 toneladas. Esto nos debe hacer reflexionar sobre la fiabilidad de estos estudios y sobre la fiabilidad de las inspecciones realizadas. Parece evidente que es necesario cambiar la metodología de unos y otras si queremos evitar accidentes futuros.

A pesar de todo, el puente soportaba el paso de vehículos pesados, al menos hasta 45 toneladas, habitualmente ¿cómo era posible?

4.3. El paso de vehículos pesados

Por los coeficientes de seguridad, naturalmente. El coeficiente de mayoración de acciones con el que se calculó el puente era de 1,44 [4], por lo que todavía tenía una reserva, hasta rotura, para unas 120 toneladas de sobrecarga exterior.

Esto quiere decir que para provocar la rotura del puente debería haber pasado un vehículo de más de 120 toneladas, o haberse cruzado dos de 60 toneladas. ¿Pasó ese día un vehículo de más 120 toneladas, o dos de 60 a la vez? No parece probable, aunque es una de las cuestiones que se debería haber investigado.

La otra alternativa, más plausible, es que la rotura se hubiera producido de manera independiente en cada lado del tablero. Hasta ahora nos hemos estado refiriendo a cargas totales sobre el puente, sin tener en cuenta el reparto de

carga sobre las vigas, y suponiendo que los vehículos actúan sobre el eje del tablero. Pero lo cierto es que circulan por carriles que tienen una determinada excentricidad y cargan más las vigas de un lado que las del otro.

El reparto transversal en los tableros de vigas es reducido (aunque, en este caso, no tanto, al estar las vigas muy próximas entre sí). Por eso sería posible que un vehículo hubiera pasado en un sentido, provocando la rotura de las vigas de ese lado, y posteriormente el mismo vehículo, o uno similar, hubiera circulado en sentido contrario, colapsando las vigas del otro lado.

Esta situación parece casi tan poco probable como las anteriores, si no fuera porque los vecinos de la zona nos dieron una explicación razonable. Al parecer, por aquellos días se estaba realizando el movimiento de tierras de una urbanización situada a menos de 1 km del puente, en la margen izquierda de la M-527, muy cerca de la N-VI. Camiones cargados con tierras que accedían desde la N-VI a la M-527 y no podían entrar directamente a la urbanización por estar prohibido el giro a la izquierda, llegaban hasta el puente y usaban la explanada existente en la margen derecha (fig. 20) para hacer el cambio de sentido y acceder a las obras, por lo que pasaban dos veces sobre la estructura, primero en un sentido y luego en el otro. Según los vecinos, esta operación la habían realizado las últimas semanas un buen número de camiones; pudimos confirmar la veracidad de este aserto cuando contemplamos, pocos días después del accidente, los importantes terraplenes recién ejecutados que se levantaban en las obras de la urbanización.

También refuerza esta hipótesis el hecho de que la rotura del puente, como se puede ver en las fotos anteriores y posteriores a la caída, presentaba una evidente simetría axial (fig. 21).

El puente no tenía limitación alguna de carga; en esas condiciones los camiones de transporte de tierras pueden circular sin necesidad de autorización especial siempre que no superen las 38 toneladas. Esos camiones no habían solicitado autorización especial alguna ¿superaban las 38 toneladas? No lo sabemos, pero es una posibilidad, porque no es raro que este tipo de portes se sobrecarguen, y a veces de manera importante. Es algo que, en todo caso, se debería haber investigado, cosa, por otro lado, muy sencilla de hacer en una obra localizada y controlada.

Las anteriores consideraciones son válidas siempre que la rotura se hubiera producido por agotamiento de la armadura activa a flexión. La cuestión que queda por analizar es: ¿dada la tipología del tablero, es posible que hubiera un modo de fallo que se alcanzara con cargas más bajas?

4.4. La tipología estructural

La tipología del tablero tiene elementos especialmente débiles, como las juntas entre dovelas, la conexión vigas-losa o la propia losa de compresión –ejecutada con hormigón de muy mala calidad (16 MPa) y sin armadura longitudinal–. Pero en los tanteos que hemos realizado, el fallo de estos componentes a cortante o a rasante no se produce con cargas más bajas que la rotura a flexión.

Se puede decir, por tanto, que la tipología del tablero no ha influido sensiblemente en el modo de fallo ni en el valor de la



Fig. 20. En primer plano, la explanada de giro de los camiones. Al fondo, el nuevo puente (Google Street View)



Fig. 21. Las roturas de las vigas tenían una configuración antisimétrica respecto al eje del tablero

carga crítica que lo ha producido. Donde sí ha tenido una influencia decisiva es en la corrosión de las armaduras activas; y no tanto la tipología como los defectos de fabricación que dicha tipología arrastraba en sus inicios, fundamentalmente la deficiente inyección de los conductos de pretensado y la mala ejecución de las juntas (fig. 22).

También hay que incluir en este apartado las particularidades del cálculo de estos tableros, ya que la Instrucción que se aplicaba para estimar las sobrecargas de cálculo era la de 1956 [12], que prescribe el uso de trenes de carga formados por camiones de 20 toneladas y por tanques de 60 toneladas. En el proyecto del puente se impuso que las juntas permanecieran íntegramente comprimidas frente a los trenes de camiones, pero se admitía descompresión con los trenes de tanques, asumiendo que el puente se fisurará, pero las grietas se cerrarán, ya que con las sobrecargas habituales (camiones de 20 toneladas) la fibra inferior permanece comprimida (pág. 31 del Anejo de Cálculo [4]).

Eso nos parece un error de concepto. Por un lado, la apertura de unas juntas separadas 1.20 metros va a ser más de 5 veces mayor que la de las fisuras de un puente monolítico. Por otro lado, suponer que una junta abierta entre dos materiales se va a cerrar completamente cuando vuelva a estar comprimida, es muy discutible. Además, con las hipótesis de proyecto, la compresión en la fibra inferior de las vigas bajo las cargas permanentes resultaba ser sólo de unos 3 MPa (en las vigas prefabricadas actuales esta compresión se mueve entre 7 y 10 MPa). La debilidad de unas juntas con ese diseño es



Fig. 22. La mala ejecución de las juntas y la deficiente inyección de las vainas precipitaron la corrosión de los alambres

evidente. Si además el material de relleno de las juntas es de mala calidad y está mal compactado, y el de las vainas casi no existe, como era el caso, la acción del agua va a resultar demoledora para las armaduras, como así ha sido.

Como nuestro puente tenía, además, un exceso de pavimento de unas 100 toneladas, lo más probable es que algunas de las juntas centrales se encontraran traccionadas y abiertas desde hace tiempo.

A modo de resumen, y para acotar el peso que ha tenido cada uno de estos factores en el colapso, hemos representado en el siguiente gráfico la evolución en el tiempo de la capacidad resistente del puente (fig. 23). Para la obtención de los esfuerzos hemos considerado los trenes de la Instrucción de 1956 y algunas grúas móviles actuales, cada una con su particular disposición de ejes y cargas por eje, actuando sobre todo el ancho del tablero.

La línea verde representa los esfuerzos que el puente puede resistir manteniendo los coeficientes de seguridad de proyecto. Los primeros años tras su construcción el puente admitía un momento debido a las sobrecargas de hasta 6.200 kNm en condiciones de servicio (equivalente a tres grúas de 60 toneladas cada una situadas en paralelo sobre el puente).

En 2015 el puente podría haber perdido hasta un 30 % de su capacidad resistente, debido a la corrosión de su armadura activa. Eso implica que la capacidad para soportar cargas exteriores se había reducido en un 70 %. Los sucesivos

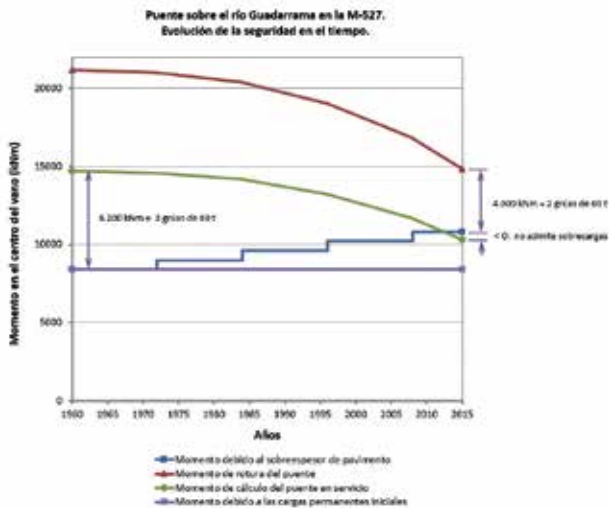


Fig. 23. Envejecimiento del puente y reserva resistente ante sobrecargas

reafirmados del tablero (línea azul) se habían comido más del 30 % restante, con lo que a fecha de 2015 el puente se debería haber cerrado al tráfico, porque no admitía sobrecarga alguna en las condiciones de seguridad que prescribe la normativa.

Sin embargo, y gracias a los coeficientes de mayoración de acciones, la reserva resistente del puente antes de rotura todavía era considerable (4.000 kNm, equivalente a dos grúas de 60 toneladas situadas en paralelo sobre el puente).

4.5. Conclusiones

Decíamos en la introducción que el hundimiento de cualquier estructura representa un fracaso evidente de los organismos encargados de su conservación y mantenimiento. Pero también saca a la luz debilidades ocultas de nuestros tipos estructurales y revela nuestros propios errores, o nuestras propias dudas, en la conservación y el mantenimiento de esas estructuras. Unas y otras pasan a ser puntos sensibles de los sistemas de gestión, puesto que el accidente trastoca nuestra percepción de ellos, la hace problemática. Por eso reclaman una reflexión profunda por parte de las Administraciones, empresas y profesionales implicados. Sólo así podemos hacernos cargo de ellos de manera más eficaz (es decir, más segura). Estamos obligados a asumir nuestra propia responsabilidad en un accidente para poder también reconocer sus enseñanzas. En el caso del puente de la carretera M-527, estos puntos sensibles que debemos enfrentar ineludiblemente, son, a nuestro juicio, los siguientes:

- **La tipología de vigas prefabricadas construidas por dovelas.** Tras todo lo expuesto, resulta casi obvio decir que se deberían realizar, de manera urgente, inspecciones especiales de los puentes de dovelas ejecutados en los años cincuenta y sesenta que aún se encuentran en servicio; también de las cubiertas. Es muy posible que la inyección de los conductos de postesado sea deficiente y que la corrosión de los alambres sea importante, sobre todo en los más expuestos a la acción del agua.

Estas patologías podrían afectar también en parte a los puentes de voladizos sucesivos construidos durante la década de los sesenta. Aunque son puentes de mayor entidad y el control en obra posiblemente fuera mayor, tenían los mismos dos puntos débiles que el puente hundido, cuya ejecución todavía era problemática para la incipiente tecnología de la época: la inyección de las vainas de postesado y la junta entre dovelas, especialmente en el caso de juntas húmedas rellenas con hormigón retacado. Parece aconsejable investigar hasta qué punto han podido producirse deterioros similares a los descritos en este artículo.

Si, además, el cálculo del tablero se hizo prescindiendo de las sobrecargas de tanques (trenes 3 y 4 de la Instrucción de 1956 [12]) o permitiendo la apertura de las juntas con dichas sobrecargas, como en el de la M-527, es posible que, aunque el puente se encuentre en buen estado, para algunas luces sea necesario establecer una limitación de carga.

- **El sobreespesor de pavimento.** Es un clásico, pero está presente en muchos colapsos y hay que recordarlo siempre; hace no tantos años era relativamente habitual realizar sucesivos pavimentados sin fresar completamente los anteriores. Sólo 20 cm de sobreespesor de pavimento pesan más que la sobrecarga uniforme de cálculo. En un puente de 18x13 metros son 100 toneladas extras, que reducen en más de un 30 % las sobrecargas que el puente es capaz de soportar.

- **El control de los vehículos pesados.** Otro clásico. Es un hecho que muchos vehículos especiales circulan, a determinadas horas en que la vigilancia es mínima, sin la correspondiente autorización. La vigilancia y el control de estos viajes, que realiza la Dirección General de Tráfico, tienen que ser elementos fundamentales en la prevención de accidentes como el que nos ocupa. Hace unos meses se produjo en Italia, cerca de Milán, el hundimiento de un paso superior por el paso de un camión de 108 toneladas



Fig. 24. Puente colapsado cerca de Milán el 28 de octubre de 2016
(en lanotiziah24.com)

(fig. 24). El colapso fue grabado por una de las cámaras de control de la carretera. En la referencia [13] se pueden ver esas imágenes, que son más elocuentes que cualquier comentario que podamos hacer.

• **La gestión del mantenimiento y la conservación de los puentes.** Los sistemas de gestión de obras de paso que se están aplicando en las distintas Administraciones de carreteras están basados en la realización sistemática de inspecciones, en general visuales [14]. Es una metodología básicamente reactiva: sólo se actúa cuando se detecta un problema, o mejor, cuando el problema se hace visible. Pero hay deterioros que afectan a la capacidad resistente y no son visibles, como los procesos iniciales de corrosión o como la corrosión avanzada que acabamos de ver en nuestro puente. Y lo interesante es que los mecanismos de deterioro por corrosión están descritos y son conocidos.

Por eso creo que la conservación debería ser proactiva y no reactiva. Las inspecciones básicas periódicas, realizadas de forma indiscriminada, son útiles en los estadios iniciales del sistema de gestión, o para detectar patologías sobrevenidas, como pérdidas de aparatos de apoyo, socavaciones en la cimentación o impactos de vehículos. Imprevistos, en definitiva.

Pero la evolución de la pérdida de capacidad resistente de una estructura con el tiempo depende de fenómenos físicos conocidos y, por tanto, susceptibles de ser predichos mediante modelos matemáticos. Y esos modelos existen y se pueden implementar. Disponiendo de esas herramientas, no parece muy serio basar la evaluación estructural en una simple inspección visual. Por el contrario, debería

ser el resultado de una estrategia global, que incluya una clasificación del patrimonio por épocas y por tipologías, la implementación de modelos de deterioro en los distintos tipos y su calibración mediante ensayos selectivos en estructuras representativas de cada tipo y de cada ambiente.

Un ejemplo de lo que queremos decir lo tenemos en los puentes de hormigón de la primera época. En Madrid, y en toda España, la tipología más antigua de hormigón armado, en tramos rectos de luces medias, es el tablero de sección bi o trijácena, que Juan Manuel de Zafra fijaría en los modelos oficiales de 1921 (fig. 25). Son puentes que datan de 1910 a 1930 y de los que hay un buen número de ejemplares en casi todas las redes del país (sobre todo, en las redes locales). En la fig. 26 se muestra uno de ellos, que apenas ha sufrido alteraciones posteriores.

Como el de la foto, muchos de estos tableros se encuentran en un relativo buen estado y no presentan señales de corrosión preocupantes, pero lo más probable es que sus armaduras sufran un grado de corrosión avanzado.

Efectivamente, si aplicamos el modelo recomendado por la EHE-08 para la estimación del desarrollo de los procesos de deterioro relacionados con la corrosión de armaduras, en ambientes sólo medianamente agresivos estos puentes están cerca de lo que dicho modelo califica como una “pérdida de sección inadmisibles”.

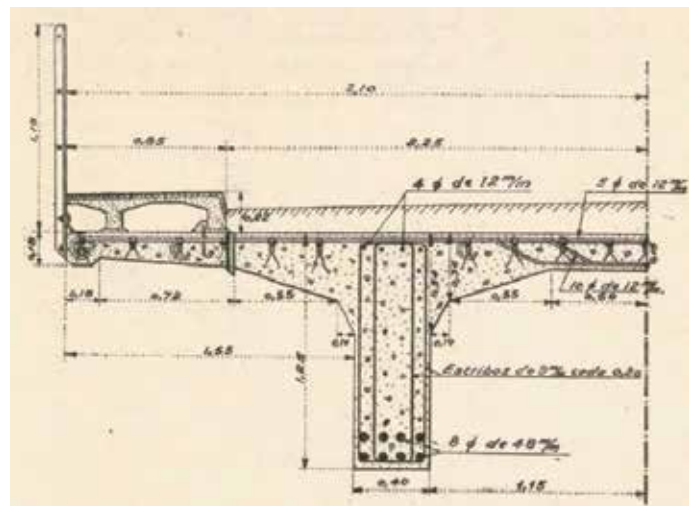


Fig. 25. Modelo oficial de tablero recto para carreteras de tercer orden de la colección Zafra (1921) [15]

A la vista de esto, lo que nos debería preocupar ahora mismo es la solución que vamos a dar a estos puentes en un plazo medio o corto, tal vez en esta misma década. En realidad, estos puentes ya se están rehabilitando en muchas Administraciones, pero no de un modo sistemático. No sólo los aludidos de la colección Zafra [16], también sus contemporáneos en arco de la colección de Ribera [17] y los de la década siguiente, entre los que ocupan un lugar destacado los de la colección de Fernández Casado de altura estricta [18 y 19]. Parece que ahora ha llegado el momento de empezar a pensar en los primeros pretensados, los de los años cincuenta y sesenta, por lo menos aquéllos que se construyeron por dovelas.

5. La información y la transparencia

Dos años antes del colapso del puente sobre el río Guadarrama, se había caído un puente en los Estados Unidos, en el estado de Washington. El vano que se vino abajo tenía una luz de 49 metros. Aunque de estructura metálica, este puente era de la misma época que el nuestro y el hundimiento se produjo también por el paso de un camión con exceso de carga que, además, impactó con su caja sobre los arriostramientos laterales de la celosía superior. También concurría una cierta negligencia de la Administración propietaria, conocedora de que esas riostras carecían de elementos redundantes que evitaran el pandeo del cordón superior comprimido (y, en consecuencia, un colapso global frágil), si un impacto las dañaba seriamente. Tampoco hubo que lamentar muertes ni accidentados graves.

A las pocas horas del suceso, el Departamento de Transportes del Estado (WSDOT) abrió un canal especial en su página web para informar al público día a día de los avances en el conocimiento de las causas del accidente y en la reconstrucción del puente y de las vías alternativas más recomendables. Daba información diaria en Twitter y Facebook, e incluso a través de una aplicación de móvil que también facilitaba las mejores rutas alternativas en tiempo real. La Brigada de Investigación de Accidentes de la policía del Estado inició una investigación sobre el siniestro y presentó sus conclusiones en noviembre de 2014 [20]. Se informaba periódicamente sobre los progresos de la solución provisional que se construyó para restablecer el tráfico en el menor plazo posible y de la solución definitiva que se ejecutó unos meses después. Se informó puntualmente de los costes de ambas soluciones, tanto de los estimados inicialmente como de los finales. Pero también de los costes directos del cierre del puente, es decir, del impacto económico provocado por



Fig. 26. Puente de la carretera M-625 sobre el río Guadalix, en Guadalix de la Sierra; un ejemplo canónico de la tipología de tramo recto de la colección Zafra

tener que modificar su ruta durante los meses que duró la reparación los vehículos que antes lo utilizaban [21].

El Estado demandó al conductor del camión, a la empresa transportista y a la empresa que encargaba el transporte, reclamando los costes de la reparación. Todo ello fue de dominio público según sucedía. Además, el WSDOT ha dejado perfectamente documentado el proceso de reparación en varias series de fotografías (el colapso y la solución provisional, la ejecución de la solución definitiva (fig. 27) y la solución empleada para aumentar el gálibo vertical en los carriles laterales).

Pero la cosa no acaba aquí. En Estados Unidos existe un organismo público federal, independiente de los distintos departamentos estatales de transporte, dedicado a investigar los accidentes ocurridos en cualquier medio de transporte, determinar sus causas y emitir recomendaciones que puedan evitar accidentes similares en el futuro, el National Transportation Safety Board (NTSB). En julio de 2014, poco más de un año después del accidente, el NTSB emitió su informe sobre el colapso del puente del río Skagit (fig. 28). Tras analizar las causas, incluía más de 15 recomendaciones dirigidas a la Administración Federal de Transporte, a los Departamentos de carreteras de todos los Estados y a las principales asociaciones relacionadas con la gestión de las carreteras y con la fabricación, gestión y seguridad de los transportes pesados. Entre ellas, proponía elaborar una guía de buenas prácticas para



Fig. 27. El colapso y la reparación del puente sobre el río Skagit (WSDOT, en www.flickr.com)

prevenir impactos en puentes por exceso de gálibo de los camiones, diseñar señales especiales de limitación de gálibo, revisar los gálibos libres de todos los puentes de la red, revisar los procesos de autorización de vehículos pesados, etc, etc. [22].

Y tampoco este fue el final. La puesta a disposición de la comunidad técnica de todos los detalles relacionados con el accidente permitió que ingenieros del ámbito universitario desarrollaran sus propias líneas de investigación sobre el colapso y pudieran ofrecer, a su vez, nuevas aportaciones sobre control de gálibos y de vehículos pesados, pero también sobre sistemas de refuerzo de puentes de la misma tipología frente al impacto de vehículos [23].

Volvamos ahora a nuestro puente sobre la M-527. La demolición se hizo inmediatamente y las obras del nuevo tablero, de vigas prefabricadas convencionales, se realizaron a buen ritmo. En septiembre de 2015, cuatro meses después del accidente, se volvió a abrir la carretera. Pero no sabemos cuánto ha costado, ni si la Comunidad ha hecho alguna investigación sobre el siniestro o algún intento de reclamar los gastos a los transportistas que presuntamente provocaron la rotura, o si lo va a hacer. Todo parece indicar que no. La página web de la Comunidad de Madrid (www.madrid.org) no difundió noticia alguna, ni sobre el colapso ni sobre la reconstrucción. Yo, al menos, no la he encontrado. Ni un solo informe, comunicado, estudio o investigación oficial.

El 28 de mayo de 2015, los ciudadanos de la Comunidad de Madrid sufrimos una pérdida de patrimonio inesperada, pero no sabemos cuánto nos ha costado porque los políticos a quienes pagamos para que conserven ese patrimonio ni siquiera nos han informado del accidente. Ni nos han explicado las causas, ni sabemos si se puede recuperar ese dinero, ni si supone un riesgo atravesar otros puentes porque están en condiciones parecidas y también pueden caer. Otras Administraciones, como las de Estados Unidos, sí tienen la costumbre de hacerlo. Se podrá alegar que el puente de Washington estaba en una vía de gran capacidad (más de 71.000 vehículos diarios) y éste en una carretera local (aquí



Fig. 28. Portada del informe sobre el accidente del NTSB [22]



Fig. 29. Página web de la Comunidad de Madrid (madrid.org)

“sólo” afectaba a unos 4.000 usuarios cada día). Pero si no se hace cuando es tan fácil hacerlo y tiene tan poca repercusión pública ¿tenemos que pensar que se haría en otras circunstancias más comprometidas?

La respuesta a esa pregunta sólo puede ser negativa. Porque si el estado de Washington informa a sus ciudadanos no es porque se les haya caído un puente. Es porque son muy conscientes de que informar es una parte fundamental de su razón de ser, como lo es el interés social y el servicio a su comunidad. Solo hay que entrar en la página web del Departamento de Transportes (<http://www.wsdot.wa.gov>) para ver lo que es la auténtica vocación por la transparencia. En la pestaña Projects se da información de todas las actuaciones del Departamento, sin priorizar ninguna, de las realizadas y de las por realizar (fig. 30). En las obras en marcha, es fácil encontrar todos los gastos por trimestres con las variaciones respecto al presupuesto previsto. Además, el Departamento de Transportes tiene una cuenta en flickr accesible a todo el público mediante la que documenta fotográficamente todas las obras que realiza (<https://www.flickr.com/photos/wsdot/albums>).

Y con los proyectos en preparación, el respeto al ciudadano es el mismo: se informa de los programas que se quieren desarrollar desde el comienzo y se facilitan todos los documentos del expediente según se van generando, desde la justificación de la necesidad de la actuación hasta los Estudios de Impacto Ambiental, el Estudio de Alternativas, Estudios de Accesos, los plazos de cada tramitación o los intercambios de información con otras Administraciones.

Se realizan jornadas de información en las que se explica a los vecinos la actuación; se explicitan los criterios que se seguirán en la toma de decisiones y se facilita a los ciudadanos el nombre y el teléfono del Director del proyecto, para que puedan informarse personalmente (por ejemplo, el proyecto de la carretera SR-167, en este enlace: <http://www.wsdot.wa.gov/projects/sr167/tacomatoedgewood>). En cambio, no hemos encontrado una foto del gobernador del Estado inaugurando una carretera o el curso escolar.

En la página web de la Consejería de Transportes de la Comunidad de Madrid no es posible encontrar algo parecido. Sólo notas de prensa arbitrarias sobre las actuaciones que interesa destacar. Aparte de ellas, no me ha sido posible encontrar una relación de las obras y proyectos que están en marcha. Ni de los Estudios Informativos. No sabemos qué programas se están elaborando; no conocemos los planteamientos de la Comunidad de Madrid en materia de carreteras, ni sus prioridades, ni sus objetivos (porque, entre otras cosas, la Comunidad lleva, forzando el espíritu y la letra de la ley, más de 20 años sin aprobar un Plan de Carreteras). Sí es verdad que algunos de estos documentos se pueden obtener en el Portal de la Contratación Pública, pero éste es un servicio de difícil acceso para el ciudadano de a pie, dirigido más a las empresas que a los vecinos, en el que la información no se presenta de manera agrupada y sistemática porque no se ha pensado para que el ciudadano



Fig. 30. Página “Projects” de la web del Departamento de Transportes del Estado de Washington (<http://www.wsdot.wa.gov/projects>)



Fig. 31. Una jornada de información a los vecinos sobre un proyecto del WSDOT (www.wsdot.wa.gov)

tenga una visión general ni un control sobre las obras en las que se invierten sus impuestos.

En el sector de la obra pública, donde la corrupción es sistemática, la Administración que dice combatirla mantiene una opacidad importante. No es que no informe a sus ciudadanos mensualmente de hasta dónde va el último euro pagado ese mes en cada contrato público, como sería su obligación, es que ni siquiera encontramos una relación de esos contratos, por cuánto se han adjudicado ni a qué se dedican. Por supuesto, no se dice que una de las mayores partidas de la Dirección General de Carreteras, casi 100

millones anuales, es para el pago de las obras de la M-45, una carretera que se construyó hace 15 años y que se presupuestó en menos de 400 millones de euros, pero por la que ya hemos pagado más de 1.000 millones (y lo que nos queda) porque se firmó un contrato leonino con las grandes constructoras. El problema es que esta opacidad, que en todos los casos favorece la corrupción y es una falta de respeto al ciudadano, en algunos casos, como el que motiva este artículo, también puede poner en peligro la seguridad de la gente. Por eso reclamamos desde aquí un informe oficial de la Comunidad de Madrid que ponga a disposición de la comunidad técnica toda la información disponible sobre este accidente.

Poco después de abierta de nuevo al tráfico la carretera M-527, se inauguraba a bombo y platillo el portal de transparencia de la Comunidad de Madrid. Da información sobre la ejecución mensual de las partidas presupuestarias y pone a disposición de los ciudadanos un canal a través del cual pueden solicitar información adicional. Pero, en el fondo, nada ha cambiado. Porque la transparencia no es una sección de ruegos y preguntas en una página web; es una actitud de reconocimiento por parte de políticos y funcionarios de que están obligados a dar cuenta de todas sus actuaciones a los ciudadanos; es una sensibilidad y una voluntad de servicio a la sociedad de las que esta Administración (también las anteriores) carece. **ROP**



Referencias

- [1] Carlos FERNÁNDEZ CASADO: “Prefabricación de puentes por dovelas en España”. Revista Hormión y acero, nos. 94 y 95, pág. 199. Madrid, 1969. [<http://e-ache.com/modules/hormigonyacero/pdf.php?id=94>].
- [2] Carlos BARREDO DE VALENZUELA: “Prefabricación por dovelas”. Revista Hormigón y acero, nos. 80 y 81, pág. 185. Madrid, 1966. [<http://e-ache.com/modules/hormigonyacero/pdf.php?id=80>].
- [3] Alfredo PÁEZ BALACA: “El hormigón pretensado en ingeniería y en arquitectura”. Madrid, 1989.
- [4] Alfredo PÁEZ BALACA: “Puente sobre el río Guadarrama en Villalba (Madrid)”. Madrid, 1957 (consiste en el Anejo de Cálculo y tres planos del Proyecto original). CEHOPU. [<http://www.cehopu.cedex.es/etm/obras/ETM-406.htm>].
- [5] Tania PAMIES RAHAN: “Evolución del conocimiento del hormigón estructural hasta 1970” (trabajo de investigación tutelado por Javier León González). Octubre de 2011. [http://oa.upm.es/15228/1/Tania_Pamies_Rahan.pdf].
- [6] Fermín GONZÁLEZ BLANCO: “Los huesos de Fisac. La búsqueda de la pieza ideal”. Madrid, 2010. [<http://ferminblanco.com/contenidos/120131+ARQUIA+TESIS+FISAC.pdf>].
- [7] Jesús MONTANER FRAGUET, Javier LÓPEZ GARCÍA y José Luis LLEYDA DIONIS: “Sustitución de la estructura de cubierta de la nave de ensayos del Centro de Estudios Hidrográficos de Madrid”. Revista Hormigón y acero, nº 204, pág. 85. Madrid, 2º trimestre 1997. [<http://e-ache.com/modules/hormigonyacero/pdf.php?id=204>].
- [8] Carlos BARREDO: “Lanzamiento de vigas de puentes y colocación de vigas de forjados y cubiertas”. Revista Hormión y acero, nos. 94 y 95, pág. 229. Madrid, 1969. [<http://e-ache.com/modules/hormigonyacero/pdf.php?id=94>].
- [9] Carlos FERNÁNDEZ CASADO: “Montaje”. Revista Hormigón y acero, nos. 94 y 95, pág. 269. Madrid, 1969. [<http://e-ache.com/modules/hormigonyacero/pdf.php?id=94>].
- [10] Pablo LEÓN: “Se parte en dos un puente de la carretera de Villalba a El Escorial”. El País, 8 de junio de 2015. [http://ccaa.elpais.com/ccaa/2015/06/07/madrid/1433698384_486856.html].
- [11] 2015 Tráfico. Dirección General de Carreteras e Infraestructuras de la Comunidad de Madrid. Madrid, 2016. [<http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM006214.pdf>].
- [12] Álvaro DEL CUVILLO y Ramón DEL CUVILLO: “Trenes de carga de puentes de carretera”. Revista de Obras Públicas, nº 3.424. Madrid, 2002.
- [13] “Un muerto y cinco heridos tras derrumbarse un puente en Italia”. Euronews.com. 30/10/2016. [<http://es.euronews.com/2016/10/30/un-muerto-y-cinco-heridos-tras-derrumbarse-un-puente-en-italia>].

[14] El mantenimiento y la conservación de las estructuras de las distintas redes de carreteras están basados, en general, en el Sistema de Gestión de Obras de Paso implantado por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, cuya metodología se recoge en las tres publicaciones siguientes:

- “Guía para la realización del inventario de obras de paso. Red de Carreteras del Estado”. Ministerio de Fomento, Madrid, 2009.
- “Guía de inspecciones básicas de obras de paso. Red de Carreteras del Estado”. Ministerio de Fomento, Madrid, 2009.
- “Guía para la realización de inspecciones principales de obras de paso en la Red de Carreteras del Estado”. Ministerio de Fomento, Madrid, 2012.

[15] Eugenio RIBERA: Puentes de fábrica y hormigón armado. Tomo IV (cap. III: Modelos oficiales de puentes). Madrid, 1932. [https://issuu.com/juaneloturriano/docs/puentes_de_fabrica_tomo_iv_parte_i].

[16] “Reparados los seis puentes de la carretera LR-333 entre Viniegra de Arriba y Viniegra de Abajo”. Gobierno de La Rioja. 18 de octubre de 2016. [<http://www.larioja.org/carreteras/es/reparados-seis-puentes-carretera-lr-333-viniegra-arriba-vin>].

[17] “Puente de San Telmo. Rehabilitación estructural”. BASF. [<http://www.masterbrace.es/pdf-obra?fitxerInfo.codi=34>].

[18] Luis M. ABAD PÉREZ: “Rehabilitación del puente de la A-6 sobre la senda real”. Ayuntamiento de Madrid. Diciembre de 2009. [http://www.ciccp.es/biblio_virtual/Puente%20de%20la%20A6%20Senda%20Real_Ayto%20Madrid.pdf].

[19] “Rehabilitación del puente de la Autopista A-6 sobre el río Manzanares, calzada derecha”. Ines, Ingenieros Consultores. [https://ines.es/wp-content/PDF/ES/33_A6_sobre_Manzanares_CD_VE0926_es.pdf].

[20] “Case Summary 13-007187”. Washington State Patrol, Major Accident Investigation Team. 11/12/2014. [http://www.wsp.wa.gov/_secured/cid_reports/skagit_case_summary_redacted.pdf].

[21] “I-5 Skagit River Bridge. Estimate of the Direct Cost of Closure”. WSDOT Freight Systems Division. Septiembre de 2013 [https://www.wsdot.wa.gov/NR/rdonlyres/983F3385-A349-4372-9493-1C21E033DEC0/0/SkagitRiverBridge_DirectCost_1082013.pdf].

[22] NTSB: “Collapse of the Interstate 5 Skagit River Bridge Following a Strike by an Oversize Combination Vehicle. Mount Vernon, Washington. May 23, 2013”. 15 de julio de 2014. [<http://www.nts.gov/investigations/AccidentReports/Reports/HAR1401.pdf>].

[23] Timothy D. STARK, Rahim BENEKHAL, Larry A. FAHNSTOCK, James M. LaFAVE, JIAJUN He y Cody WITTENKELLER: “I-5 Skagit River Bridge Collapse Review”. ASCE, 2016. [<http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29CF.1943-5509.0000913>].

Retos de la expansión de los sistemas de bicicletas públicas en las aglomeraciones urbanas metropolitanas



Guillermo Zozaya

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Resumen

Los sistemas de bicicletas públicas son un nuevo tipo de infraestructura de transporte de creciente implantación, que se enfrenta en las aglomeraciones metropolitanas a retos propios de la expansión de las redes de infraestructura urbana. La creación de estándares y de regulación específica que garantice la compatibilidad de los elementos clave entre los diferentes proveedores de estos sistemas se perfila como un elemento esencial para asegurar el éxito durante el proceso de integración metropolitana.

Palabras clave

Sistemas de bicicletas públicas / de alquiler. Gestión local y territorial de la movilidad urbana. Innovación e infraestructuras de transporte. Gobierno local y movilidad

Abstract

Public bike hire schemes form an increasingly popular form of transport infrastructure in metropolitan areas. However, these schemes all face the challenges posed by the expansion of urban infrastructure networks. The creation of specific regulations and standards that would guarantee the compatibility of key elements among the different providers of these schemes is essential to ensure their success during the process of metropolitan integration.

Keywords

Public bike/hire schemes. Local and territorial management of urban mobility. Transport infrastructure and innovation, Local government and mobility

Los sistemas de bicicletas públicas se han convertido en la última década en un elemento importante de las estrategias de movilidad sostenible en ciudades de todo el mundo. Estos sistemas generalmente toman la forma de servicios municipales de alquiler de bicicletas, las cuales se utilizan en trayectos cortos entre las estaciones de autoservicio donde se aparcan las bicicletas. Suponen un ejemplo de innovación en la infraestructura de transporte en la ciudad, que transforma la movilidad ciclista tradicional, condicionada a la posesión de la bicicleta, en un servicio público de movilidad.

De esta manera, eliminando parte de las inconveniencias de la movilidad ciclista, los sistemas de bicicletas públicas bajan las barreras al uso de la bicicleta en el entorno urbano. Dichos sistemas pueden convertirse en un elemento clave en la estrategia de movilidad sostenible de las ciudades, especialmente en aquellas con tasas bajas de uso de la

bicicleta que tratan de dar un impulso inicial a la movilidad ciclista. Además, la fácil identificación de la bicicleta pública y de las estaciones sirve para publicitar la apuesta por la movilidad sostenible en el municipio, generando interés en la ciudadanía por este medio de transporte e incluso llegando a incorporar el sistema a la “marca” y al atractivo del municipio. Y a pesar de que de momento la implantación de esta infraestructura se ha centrado por regla general en los sectores urbanos de mayor intensidad de circulación para maximizar su visibilidad y la intensidad de uso, también ofrecen una posible solución al problema del último kilómetro de las redes de transporte público, que se nota especialmente en el entorno suburbano donde los puntos de acceso al transporte público son más escasos.

No obstante, la decisión de incorporar un sistema de bicicletas públicas en la ciudad debe tener en cuenta las dificultades que conlleva el proyecto de implantación, como lograr



la aceptación de la ciudadanía, así como su sostenibilidad económica, que dependerá, entre otros factores, de los costes de mantenimiento y de reemplazo, de la obtención de fuentes de ingresos significativos y del compromiso de futuras administraciones con el sistema. Por último, la cercanía en el tiempo de la creación de los modelos más extendidos de este nuevo tipo de infraestructura urbana dificulta conocer con claridad los problemas y retos de adaptación que se pueden revelar en su proceso de expansión y a medida que se incluyen innovaciones tecnológicas y en la gestión.

En cualquier caso, la historia de la creación y del desarrollo de los sistemas de bicicletas públicas puede ayudar a reconocer los problemas y retos mencionados y explorar posibles soluciones. Uno de los precursores de estos sistemas se produjo en los 60 en Ámsterdam, cuando un colectivo recolectó y pintó cientos de bicicletas de blanco que se colocaron en el centro de Ámsterdam a disposición de la ciudadanía de forma gratuita. Se trata de un ejemplo temprano de infraestructura urbana desarrollada a partir de la iniciativa ciudadana. Sin embargo, ya desde los comienzos de los sistemas públicos de bicicletas, la facilidad de robo y vandalismo de las bicicletas suponen uno de los mayores obstáculos en su implantación. El verdadero boom de los sistemas públicos de bicicletas llegará por un lado gracias al desarrollo de diseños específicos de bicicletas públicas y a la aplicación de las nuevas tecnologías de información, que permitirán una mayor facilidad de su uso como auto-servicio y facilitar el seguimiento de las bicicletas al introducir mecanismos de seguimiento y control; y por otro lado gracias al apoyo institucional y a la multiplicación de iniciativas, sobre todo a nivel municipal, en el marco de los programas de sostenibilidad y de

la aplicación del Programa 21 local en ciudades de todo el mundo.

Aunque su desarrollo como mercado es reciente y por lo tanto sus características actuales pueden cambiar rápidamente, un número creciente de proveedores de estos sistemas se va perfilando. A veces estos proveedores nacen de iniciativas públicas que pasan a comercializar su solución particular, otras veces son empresas tecnológicas con un interés de entrar en el mercado o start ups centradas en la movilidad ciclista, y otras veces son empresas dedicadas a la publicidad externa que desarrollan estos sistemas como parte de su estrategia comercial para las ciudades. Por regla general, estos proveedores proponen sus soluciones particulares a los Ayuntamientos con un interés en desarrollar un sistema de bicicletas públicas, aunque también hay en marcha proyectos alternativos e iniciativas ciudadanas en línea con los primeros sistemas. Las particularidades de cada servicio ofertado (características de la bici y del sistema de atraque, fuentes de ingresos, eficacia de gestión, etc.) influyen en su calidad y en la sostenibilidad a largo plazo, es quizá pronto todavía para ver qué soluciones prevalecerán.

Por otra parte, la historia del desarrollo de otras infraestructuras urbanas en áreas metropolitanas también ofrece pistas sobre los retos de su desarrollo. Frecuentemente, la creación de una nueva infraestructura, por ejemplo la red de electricidad o de gas, comienza en el desarrollo de una red local en un núcleo urbano, por parte de un proveedor público o privado, en el que se asegura el dominio de un mercado importante. A medida que madura el mercado para el servicio que proporciona esa infraestructura, las redes locales se van integrando en sistemas más extensos.



La creación de redes que atienden a criterios de diseño diferentes puede resultar en grandes trabas durante el proceso de integración posterior, limitando la utilidad potencial de la red a no ser que se emprendan grandes inversiones en su actualización. Las infraestructuras de transporte no son ajenas a este fenómeno; por ejemplo una red ferroviaria en un territorio dado tendrá más dificultades para readaptar los tramos de la red cuanto más difieran las características de diseño de cada tramo, como el ancho de vía, requiriendo un parque móvil heterogéneo y segregado en áreas incompatibles de la red. La introducción de regulación y la creación de estándares que determinan características de diseño comunes, como el ancho de vía internacional o ancho UIC en la infraestructura ferroviaria, es un componente esencial en la resolución de los problemas que se originan durante la consolidación de las redes de infraestructuras.

Aunque un sistema de bicicletas públicas probablemente no vaya a llegar al grado de extensión estatal e internacional de la red ferroviaria moderna, su ámbito de actuación potencial, las aglomeraciones urbanas, supera muchas veces el perímetro municipal en el que se desarrollan muchas de las iniciativas en marcha. Como se ha señalado, la mayor parte de los sistemas de nueva generación se desarrollan a partir de iniciativas municipales, y en las regiones metropolitanas se corre el riesgo de desarrollar sistemas independientes en

los distintos sectores urbanos resultando en una red metropolitana fragmentada. Además, la resolución adecuada del encaje metropolitano de la infraestructura variará según cada situación particular, la cual depende de una multitud de factores tanto técnicos, por ejemplo el diseño de las estaciones y los vehículos, como sociales y administrativos, como sería el caso del modelo de explotación del servicio o la estructura administrativa de los gobiernos locales y regionales respecto a la aglomeración urbana.

Un ejemplo de sistema de bicicletas públicas que ha entrado en la fase de articulación metropolitana lo encontramos en la aglomeración urbana de París. El sistema de alquiler de bicicletas Velib' se inaugura hace casi una década a iniciativa del municipio de París, el cual domina el área central de la metrópoli parisina contando con una población de más de dos millones de habitantes. El programa inicial se ha expandido a gran velocidad en los últimos años y en la actualidad es uno de los más extensos del mundo, contando con más de 18000 bicicletas repartidas en más de 1200 estaciones. El sistema es gestionado por un consorcio de empresas de publicidad externa bajo una asociación público-privada con el Ayuntamiento de París, en el que se distribuyen los costes de inversión y mantenimiento del sistema a cambio del uso de los espacios publicitarios urbanos. La primera fase de la metropolización comenzó con

la extensión del sistema parisino a los municipios contiguos a París, la *petite couronne*, que comparten características urbanas con éste y son en cierta manera una extensión del mismo. Desde la perspectiva de estos municipios, la extensión de la red de Vélib' les permite disfrutar de un servicio de bicicleta pública de más valor que uno exclusivamente local, pero les impide diseñar el servicio en sus propios términos. En la actualidad se planea la extensión del sistema al resto del área metropolitana (12 millones de habitantes), esta vez abriéndose el debate acerca del modelo de sistema deseado, el cual se articula desde el nivel administrativo supramunicipal contando con los actores interesados del área metropolitana.

El ejemplo de Vélib' es representativo de las regiones urbanas donde un municipio con mayores recursos y población proyecta su solución particular a su alrededor, pero en las regiones donde la población se distribuye más uniformemente, o donde municipios con relativamente menos recursos muestran más iniciativa, se puede producir la creación

paralela de sistemas de bicicletas de alquiler incompatibles. Éste es potencialmente el caso del área metropolitana de Bilbao, donde se desarrollan en paralelo varias iniciativas de sistemas de bicicletas públicas: Bilbon Bizi en el municipio de Bilbao (300.000 habitantes), Getxo Bizi en Getxo (80.000 habitantes) y Bizimeta en Uribe Kosta (mancomunidad de 7 municipios, 60.000 habitantes). Por una parte, la variedad introducida permite probar sistemas diferentes, fomentando la innovación y ayudando a identificar las soluciones más exitosas, y por otra conserva la autonomía de cada municipio (y de una asociación de municipios en este caso) a la hora de decidir el modelo de gestión y las características del servicio, pero excluye la posibilidad de una integración futura de los diferentes sistemas en una red metropolitana. En conclusión, tanto en París como en Bilbao se revelan problemas específicos durante la expansión de los sistemas municipales a nivel metropolitano, problemas que sólo pueden superarse a través de la definición de elementos comunes compatibles que todos los proveedores de la infraestructura deben incorporar.



Por lo tanto, aunque emprender una estandarización de los aspectos técnicos de este nuevo tipo de infraestructura de transporte introduce riesgos propios, porque disminuye la capacidad de adaptación de los elementos estandarizados, y no soluciona por sí sola otros aspectos relacionados con su gestión (eficacia de la estructura administrativa, gestión local vs. metropolitana, etc.), la creación de un estándar es un paso necesario si se quiere garantizar la máxima utilidad de los sistemas de bicicletas públicas en el entorno metropolitano. La estandarización permitiría invertir en sistemas de bicicletas a partir de iniciativas a nivel local con la seguridad de poder integrarlos más adelante en una red metropolitana, y posibilita la convivencia de distintas soluciones de estaciones y vehículos facilitando la competencia y la innovación; además abre la puerta a nuevas formas de gestión donde la capacidad de decisión puede repartirse más fácilmente entre las autoridades locales y metropolitanas.

Por último, en el proceso de creación de un estándar para esta infraestructura es necesario estudiar en detalle las características de diseño de las estaciones y de los vehículos, especialmente en los elementos clave para la compatibilidad, como los puntos de anclaje o el sistema de pago, y llegar a una solución de consenso que admita la mayor flexibilidad posible de manera factible y económica. Pero tan importante como lograr un diseño óptimo de los elementos estandarizados es el desarrollo del proceso de negociación. En principio, los actores naturalmente interesados en impulsar la creación de un estándar son las administraciones directamente responsables de aglomeraciones metropolitanas y los organismos públicos con interés en el fomento de la movilidad sostenible, pero en cualquier caso es recomendable que participen la mayor cantidad posible de actores interesados presentes en el área de aplicación potencial de la normativa. Durante la creación del estándar, la colaboración de los principales proveedores de los sistemas de bicicletas públicas es esencial para aportar experiencia técnica en la elaboración del mismo y para lograr su compromiso en la incorporación de la normativa. En definitiva, el proceso de negociación del estándar es clave durante su creación y para la redacción de una normativa adecuada que incluya las necesidades de todos los actores interesados; siendo el objetivo último de dicho proceso sentar las bases de la estrategia de incorporación del estándar en las iniciativas futuras en sistemas de bicicletas públicas existentes y en proyecto. **ROP**



El consorcio del Grupo Carso, en el que participan ACCIONA y FCC, adjudicatario de la construcción de la nueva terminal del aeropuerto de Ciudad de México

Un consorcio de empresas, en el que participan las españolas Acciona y FCC, ha sido el adjudicatario de la construcción de la nueva terminal de aeropuerto de Ciudad de México



La decisión se dio a conocer a principios de año. El grupo aeroportuario de la Ciudad de México, de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes del Gobierno de México, adjudicó al consorcio de empresas liderado por el Grupo Carso la construcción del edificio terminal del Nuevo Aeropuerto Internacional Ciudad de México (NAICM), en el terreno localizado en la Zona Federal del Lago de Texcoco al presentar la mejor propuesta económica y técnica. El importe del contrato asciende a más de 84.800 millones de pesos mexicanos sin IVA

(4.000 millones de dólares/3.900 millones de euros) y contará con un plazo de ejecución de 44 meses.

El futuro aeropuerto de Ciudad de México será el segundo aeropuerto en construcción a nivel mundial, el principal contrato del proyecto del nuevo primer aeródromo del país y una de las mayores obras de infraestructuras actualmente en marcha en Latinoamérica.

En este consorcio, además de Acciona y FCC, se encuentran otras

constructoras locales mexicanas como ICA, GIA, Prodemex, Grupo Hermes Infraestructura.

La adjudicación consiste en la construcción de un edificio de 743.000 metros cuadrados de superficie, repartidos en cuatro plantas en una parcela de 4.430 hectáreas. En la planta primera estarán localizadas las llegadas, la sala de reclamación de equipaje y todas las actividades de apoyo en rampa y del sistema de manejo de equipaje. Además, en este nivel se encuentra el acceso al

aparcamiento, la plaza, el aparcamiento de corta estancia y el acceso al Metro a partir del Centro de Transporte Terrestre. El segundo piso estará destinado a las Llegadas internacionales, inmigración y a la zona de vuelos en transferencias. En la tercera planta se ubicará la zona de salida de vuelos, con el gran espacio central comercial, los corredores de salidas y el espacio reservado para *preclearance*. Y por último, en la cuarta altura se localizarán el aparcamiento, la sala de documentación y el control de seguridad.

La superficie de la cubierta doblará el tamaño de la de la terminal 4 del aeropuerto de Barajas. Estará compuesta por planchas de aluminio y vidrios cerámicos que permitirán que el agua de lluvia, el aire y la luz solar se conduzcan por tuberías y sistemas fotosensibles para su uso en el interior.

La construcción del NAICM generará alrededor de 160.000 empleos y cuando esté en operación creará cerca de 450.000 puestos de trabajo.

El edificio se construirá siguiendo un diseño en forma de equis realizado por los arquitectos Norman Foster y Fernando Romero que combina vanguardia arquitectónica, criterios de sostenibilidad y funcionalidad de las instalaciones para garantizar el tráfico fluido de los pasajeros en las zonas de tránsito aeroportuario y las áreas comerciales y de restauración.

Se espera que este aeropuerto tenga capacidad para albergar a unos 68 millones de pasajeros al año, en





una primera fase, para alcanzar los más de 120 millones en 2060.

La nueva terminal contará con seis pistas con operación “triple simultánea” lo que convertirá al futuro aeropuerto de México en uno de los primeros en emplear este sistema fuera de la Unión Europea. El inmueble será sostenible, contará con la certificación energética LEED Platinum (*Leadership in Energy & Environmental Design*), con una huella ambiental neutra.

En materia hidráulica, el proyecto detonará obras de gran magnitud.

Se triplicará la capacidad de regulación de la zona hasta 38 millones de metros cúbicos (60 veces el Estadio Azteca), limitando el riesgo de inundaciones. Adicionalmente, se construirán 24 plantas de tratamiento de agua que aumentarán la capacidad de tratamiento disponible, y se entubarán 25 kilómetros de drenajes a cielo abierto. Con estas acciones se reducirán riesgos sanitarios y malos olores, a la vez que se incrementará la oferta de agua limpia en la zona. Asimismo, el agua que se utilice en la terminal será 100 % tratada para no afectar el abasto de agua potable de las zonas aledañas.

La adjudicación consiste en la construcción de un edificio de 743.000 metros cuadrados de superficie, repartidos en cuatro plantas en una parcela de 4.430 hectáreas. En materia ambiental, el proyecto rescatará una zona ecológicamente degradada

En materia ambiental, el proyecto rescatará una zona ecológicamente degradada. Se generarán nuevas áreas verdes, entre las que destaca el Bosque Metropolitano que, con un área de 670 hectáreas, se convertirá en el principal pulmón de la zona. Adicionalmente, se acondicionarán nuevos humedales para proteger la biodiversidad y se reducirá la población afectada por altos niveles de ruido.

Experiencia de Acciona y FCC en obras aeroportuarias

Acciona cuenta con más de 100 años de experiencia y una sólida trayectoria en la construcción de aeropuertos, incluyendo edificios

terminal, pistas de despegue y aterrizaje y torres de control. En los últimos años ha participado en importantes proyectos aeroportuarios, tanto en España, con la vanguardista terminal T4, como a nivel internacional. Con este nuevo contrato, Acciona refuerza su presencia en México, país en el que está presente desde la década de los 70 y donde ha desarrollado importantes proyectos de infraestructuras como el Distribuidor Vial de Ixtapaluca, que conecta al Estado de México con el Estado de Morelos sin cruzar por el Distrito Federal.

La participación de FCC, por su parte, agrega la experiencia de una em-

presa constructora con más de 110 años de antigüedad y una demostrada capacidad técnica y experiencia en la ejecución de proyectos de estas características, lo que garantiza un éxito en su consecución. Entre los grandes proyecto aeroportuarios que FCC ha realizado se encuentra la terminal 4 del aeropuerto de Barajas, la terminal 2 del aeropuerto de Barcelona, el aeropuerto de Riga , en Letonia y la terminal del aeropuerto Internacional de Santiago de Chile, entre otros. Recientemente, ha inaugurado la torre de control del Aeropuerto de Bogotá Colombia. **ROP**





Daniel Crespo Delgado y Alfonso Luján Díaz, Mirar el paisaje moderno. Paisaje, ingeniería e industria en los viajes por España (siglos XVI-XIX), Madrid, Polifemo, 2016. ISBN:978-84-16335-06-0

La literatura de viajes aportó a los lectores la posibilidad de conocer las ‘cosas’ de un país –Las cosas de España de Richard Ford– entendido como una totalidad que englobaba sus costumbres, sus gentes, sus paisajes, su patrimonio construido e industrias, siempre bajo la visión del autor que, en ocasiones, caía en prejuicios, idealizaciones o exageraciones. Este es el tema básico de lo escrito por Daniel Crespo y Alfonso Luján en el libro de reciente publicación de Ediciones Polifemo, que trata sobre cómo percibieron las obras de ingeniería y la industria los extranjeros que viajaron por España entre los siglos XVI y XIX.

Tal y como subrayan los autores de este sugestivo libro, sin duda “fue en el siglo XVIII, bajo el signo de la Ilustración y de la consolidación del empirismo, cuando se produjo la eclosión de los viajes por sus valores ligados al conocimiento”, aunque será en el XIX cuando España se convierta en la “nación europea cuya visita proporcionaba mayor emoción... tanto por una enjundiosa historia que empezaba a reconocerse, como por la particularidad de sus costumbres y el carácter de sus gentes”. Por ello, los siglos XVIII y XIX, siglos además en los que la ingeniería y la industria viven una espectacular transformación, conforman lo principal de su ensayo.

Los autores han logrado que la lectura del libro, al margen de ser muy

amena, nos aporte una idea global de muchos aspectos de la España que visitaron y que, posteriormente, plasmaron en sus relatos. Este libro nos permite ‘viajar’ por la ingeniería y la industria de una España recreada con los materiales aportados por el estudio de la extensa bibliografía que han empleado. Se analiza con detención cómo los viajeros describieron el paisaje y el territorio del país, “una realidad ineludible para los viajeros”, y como fue evolucionando hasta constituirse en uno de sus objetivos preferentes. A pesar de ser un aspecto tradicionalmente olvidado por la bibliografía, Crespo y Luján destacan que en la definición de España trazada desde los viajes las obras de ingeniería civil jugaron un papel muy importante. El fomento de los caminos, los canales y el acondicionamiento de los grandes ríos españoles como vías de comunicación interna, fue un tema recurrente en muchos de ellos que los consideraban los pilares sobre los que asentar el desarrollo económico de España, un país atrasado comparándolo con los países del norte de Europa. Los autores nos van detallando las impresiones que les causaban la contemplación de los puentes romanos y los más modernos del XVIII y XIX, los de piedra o los de hierro, como, por citar un puñado de casos, el puente de Ronda, el de Isabel II de Sevilla, o los romanos de Alcántara, Salamanca o de Martorell, y el magnífico puente de Molins de Rei construido en el siglo XVIII y derribado en 1972 de una forma ignominiosa.

Los sistemas de regadío de las huertas del Levante y Andalucía, así como su modo de gestión, fueron reconocidos por muchos viajeros de

todas las épocas como el origen de su fertilidad, cuyo buen funcionamiento se atribuyó a los árabes españoles que durante siglos habían desarrollado “un sistema de azudes, norias y canales... que vivificaban los más alejados campos de la huerta”. Les deslumbró de igual modo la presa alicantina de Tibi por su tamaño, calificada por uno de ellos como un “muro gigantesco, tan impresionante que se atribuiría a los romanos si no se supiese que fuealzada a finales del siglo XVI”. La fertilidad de estas tierras fue contrapuesta a las tierras yermas del interior de España, con reducidas cosechas de cereal en los años secos y cuya transformación pasaba por la aplicación de la misma técnica de regadío de las huertas levantinas. La construcción de canales que derivasen de los mal aprovechados ríos atlánticos fue una idea mantenida por los viajeros del XVIII, conocedores del éxito de los canales construidos en otros países del norte de Europa, pues la consideraban como un asunto prio-

ritario para la regeneración de las tierras de cultivo abandonadas por falta de producción y de nuevas zonas sin explotación. Estos canales también servirían para la instalación de industrias que aprovecharan su energía hidráulica, como molinos, batanes o ferrerías, pero también como vías de comunicación para el transporte comercial de las producciones de estas zonas interiores. Las inacabadas obras del Canal Imperial de Aragón y del de Castilla, así como las fracasadas desde el inicio como el canal del Manzanares, le dieron la razón a los viajeros que pensaban que eran obras inviables.

Los viajeros en general consideraron que los caminos eran lamentables hasta prácticamente la llegada del ferrocarril, salvo los tramos de los Caminos Reales construidos desde el reinado de Carlos III u honrosas excepciones como los caminos vascos. Las condiciones de las ventas y posadas de las rutas camineras no motivaron mejores juicios. En el

libro se recoge de forma bien articulada la impresión que produjo la construcción del ferrocarril a los numerosos personajes que por esta época viajaron por España, así como sus valoraciones del nuevo medio de comunicación. Nos aporta una visión de lo que implicó para España esta entrada en la modernidad, y cómo se convirtió en un privilegiado símbolo de una nueva era.

Este libro, por tanto, es ameno y provechoso, presenta además un buen número de láminas bien elegidas y oportunamente situadas en el texto, contiene una amplia bibliografía y, sobre todo, es de lectura obligada para entender la visión que de España y de sus ‘cosas’ transmitieron los viajeros que la visitaron y del papel que jugaron la ingeniería civil y la industria en todo ello. A través de sus páginas se constata que las obras de ingeniería fueron vistas desde antiguo como decisivas para juzgar la situación de un país. **ROP Manuel Durán, doctor ingeniero de Caminos.**





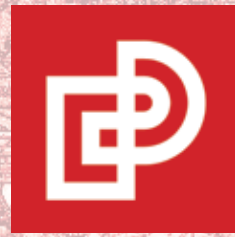
**FUNDACIÓN
CAMINOS**



**FUNDACIÓN
CAMINOS**



**FUNDACIÓN
CAMINOS**



**FUNDACIÓN
CAMINOS**



**FUNDACIÓN
CAMINOS**

La fuerza de los ingenieros de Caminos

El Think Tank que proyecta la profesión en la sociedad

FUNDACIÓN CAMINOS



**FUNDACIÓN
CAMINOS**



**FUNDACIÓN
CAMINOS**



**FUNDACIÓN
CAMINOS**



**FUNDACIÓN
CAMINOS**



**FUNDACIÓN
CAMINOS**

Indicador de riesgo y alertas aplicables al depósito a plazo a 12 meses.

1/6

Este número es indicativo del riesgo del depósito, siendo 1/6 indicativo de menor riesgo y 6/6 de mayor riesgo.

Banco Caminos S.A. es una entidad adherida al Fondo de Garantía de Depósitos Español. La cantidad máxima es de 100.000€ por depositante.

DEPÓSITO PLUS

La alternativa de inversión a un año que combina las ventajas de un Depósito a Plazo con un Fondo de Inversión.

DEPÓSITO PLUS
hasta

0,40%

TIN y TAE, a plazo de 1 año.
Hasta el 100 % de la
inversión en Fondos de
Inversión de
Gestifonsa

+

Fondo de Inversión de
Gestifonsa, reconocida
como 1 de las 5 mejores
Gestoras de Renta Fija
Euro según CityWire

Puede contactar y contratar a través del correo electrónico cat@bancocaminos.es, en el teléfono 91 310 95 50 o en cualquiera de nuestras oficinas.

Puede ampliar más información en www.bancocaminos.es

Tipo de interés 0,20% TIN y TAE. Interés adicional del 0,20% TIN por el cumplimiento del compromiso del cliente de mantener la cuantía invertida en el Fondo de Inversión durante 12 meses. En caso de que se abone la prima, el TIN y la TAE del depósito será de un 0,40%. Sin penalización por cancelación anticipada. Liquidación de intereses a vencimiento. Para contratar el Depósito Plus es necesaria la suscripción previa de cualquier fondo de inversión de Gestifonsa SGIIC. Citywire es una entidad independiente de cualquier entidad financiera que ofrece noticias, información y conocimiento para los compradores de fondos profesionales que trabajan en la industria de gestión de activos.

Banco Caminos
banco privado

Gestifonsa
Sociedad Gestora de
Instituciones de Inversión Colectiva
Grupo Banco Caminos-Bancofar