

Arquitectos e ingenieros: una relación rica y llena de grandes oportunidades



Hugo Corres Peiretti

Doctor ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Catedrático de Hormigón Estructural.
ETSICCP-UPM

Resumen

En este artículo se presenta brevemente una aproximación histórica a la evolución de la arquitectura y la ingeniería. Se presentan ejemplos extraordinarios que se han dado a lo largo del tiempo. Ejemplos pretéritos, cuando la actividad de la arquitectura, la ingeniería, la construcción y el arte se integraban en una única persona. Ejemplos mucho más recientes, cuando las distintas disciplinas se separaron pero que, sin embargo, requerían de una integración inteligente de las distintas actuaciones para poder obtener resultados adecuados y que solo pocos arquitectos, ingenieros y constructores –en esta etapa los artistas de separaron aún más de la actividad más específica constructiva– han sabido cultivar y aprovechar hasta las últimas consecuencias. Se muestran por último algunos ejemplos recientes en los que el autor ha participado directamente y en los que se describe la interacción arquitectura ingeniería.

Palabras clave

Arquitectura, ingeniería, T4, Pasarela Cáscara, Torre Intecsa-San Paolo, Escultura Vela Arturo Bernet

Abstract

This article presents a brief historic overview of the evolution of architecture and engineering, revealing extraordinary examples produced over the course of history. Ancient examples, reflecting times when architecture, engineering, building and art were exercised as just one profession. Far more recent examples, following the division of the different disciplines into separate branches but which still required intelligent coordination and incorporation of the different activities to ensure satisfactory results and one which only a few architects, engineers and builders – not to mention artists, who had already distanced themselves even further from the specific area of building – have known how to cultivate and exploit to the maximum. The article concludes with several, more recent examples in which the author has intervened directly and where a description is given of the interaction between architecture and engineering.

Keywords

Architecture, engineering, T4, Cascara bridge, Intecsa Tower – Sao Paulo, "Sail Sculpture" Arturo Bernet

1. Introducción

La arquitectura, la ingeniería –la estructural en particular–, el arte y la construcción han estado gestionadas por las mismas personas hasta hace relativamente poco tiempo, si se mira este aspecto desde una perspectiva amplia. Hay muchos y grandes ejemplos del gran oficio de algunos de estos grandísimos artistas/técnicos.

El Panteón de Agripa [1], posiblemente una de las obras más interesantes de la historia de la arquitectura y la ingeniería estructural, construido en el siglo II por Apolodoro de Damasco, es un buen ejemplo de esta actividad polifacética de los arquitectos, ingenieros, constructores y artistas de todos los tiempos. Apolodoro de Damasco fue asimismo el proyectista del puente,

extraordinario para su época –más de 1.000 m de longitud, vanos de 52 m de luz y pilas de 20 m a 45 m– construido para Trajano sobre el Danubio [2 y 3], a principios del siglo II.

El Renacimiento alumbró a Juan de Herrera, otro grandísimo arquitecto, ingeniero, constructor y artista, que intervino en edificios como el monasterio de El Escorial [4], con elementos estructurales también extraordinarios con la bóveda plana de la Basílica, o puentes, como los construidos en la ruta entre El Escorial y Madrid, u otras infraestructuras de distintos tipos.

Insignes, cultivados, sensibles humanistas que dominaban el conocimiento de la época, estos personajes, a los que cabría



Fig. 1. Panteón de Agripa. Siglo II



Fig. 2. Monasterio de El Escorial. Bóveda plana de la Basílica. 1563-1584



unir los nombres de Brunelleschi, Rodrigo Gil de Hontañón o el propio Leonardo da Vinci, conocían la historia de sus actividades y tenían la ambición de mejorar, innovar, ir más allá de los límites alcanzados.

A partir del s. XVIII las actividades se han ido haciendo poco a poco más complejas, las disciplinas de las distintas actividades se han desarrollado de forma especializada y más independientemente, con menos interacciones. Esta evolución, que desde el punto de vista técnico y tecnológico es inevitable, no se ha visto seguida por un proceso de integración de las disciplinas que cultive, a todos los

niveles, una capacidad de integración, de comprensión de los problemas comunes.

La educación en las Escuelas de Ingeniería y Arquitectura no ha ayudado mucho a forjar este proceso integrador. Los arquitectos gestionan problemas muy complejos, la arquitectura requiere satisfacer muchos requerimientos con muchas interacciones, que los ingenieros deben, primero, conocer adecuadamente y, luego, tener la mente abierta para contribuir con propuestas que resuelvan de forma creativa las necesidades. El intercambio, además, exige unos niveles de comunicación que requiere de un nivel cultural común y de una predisposición abierta.



Fig. 3. Frontón Recoletos



Fig. 4. Cubierta del Hipódromo de la Zarzuela

Eduardo Torroja [5] fue también ejemplo en este tipo de relaciones. Trabajó con arquitectos en muchos proyectos –el Frontón Recoletos y el Hipódromo de la Zarzuela son sólo algunos ejemplos–, en los que siempre se vio la influencia decisiva de la propuesta estructural que engrandece la obra.

Ha habido otros, pocos pero grandes ingenieros, que han contribuido a afianzar esta rica relación entre ingenieros y arquitectos. Peter Rice [6] es sin duda uno de ellos y, quizás, quien contribuyó como nadie a hacer posible este periodo magnífico de la arquitectura ‘high tech’ junto con grandes arquitectos como Foster, Rogers y Piano.

En adelante se muestran algunos ejemplos, resultado de algunas de las muchas oportunidades que ha tenido el autor de este trabajo de compartir faena con arquitectos. Estos encuentros han sido siempre intensos, interesantes y, sobre todo, ricos en experiencias complementarias y llenos de aprendizajes.



Fig. 5. Beaubourg o Centro Nacional de Arte y Cultura Georges Pompidou

2. T4 Madrid

La T4 de Madrid [7] ha sido, sin ninguna duda, uno de los grandes proyectos de Fhecor Ingenieros Consultores. Nos obligó a crecer de forma especial. El proyecto había sido objeto de un concurso internacional que había ganado una UTE entre Lamela y Rogers.

Fue un proyecto extraordinario por sus dimensiones, más de 1.000.000 m², por su presupuesto, del orden de 6.000 millones de euros, por el tiempo de ejecución, por su trascendencia para Madrid, etc.

Entramos en el proyecto después del concurso y durante su elaboración. Entramos para asesorar a Aena. Salimos el día de su inauguración, aunque en realidad, por suerte, no hemos salido nunca, ni en los momentos más tristes, cuando el atentado, ni ahora que se está transformando para ganar rentabilidad y requiere de intervenciones para cirujanos que lo conocen bien.

Desde la posición en la que estábamos, primero como asesores del cliente Aena y luego como proyectistas del proyecto constructivo trabajando para los constructores, podríamos haber tenido una relación compleja con el equipo de proyecto, pero nunca fue así.

Desde el primer momento en que se sentaron las bases de colaboración y a lo largo del día a día, fue creándose ese nivel de confianza que es imprescindible para afianzar la relación. Debe siempre, en este ámbito y probablemente en todos, generarse un nivel de confianza que avale los intercambios que se establecen en este tipo de trabajos. Esta confianza debe ser mutua. Esta confianza es imprescindible porque supone poner en manos de otros, actividades y decisiones que tienen trascendencia. Esta confianza que debe conse-



Fig. 6. T4 de Madrid. Edificio terminal y satélite

guirse es casi mágica y una muestra de entendimiento. Es el indicador más vivo de que la simbiosis se ha conseguido.

En este proyecto ha habido mil ejemplos de colaboración. Quizás los más significativos que recuerdo, por el carácter más ingenieril de los mismos y por suponer, en cualquier caso, un mayor nivel de confianza entre arquitectos e ingenieros: el procedimiento constructivo adoptado y el desarrollo de los puentes de acceso a la terminal.

En cuanto al proceso constructivo, que creo que fue uno de los mayores aciertos de esta obra para permitir una velocidad de construcción extraordinaria, se pusieron encima de la mesa todos los posibles: prefabricación, sistemas tradicionales, sistemas típicos de puentes, etc. Aparecieron también todas las desconfianzas. Las de los arquitectos que temían, no sin razón, por la calidad de la ejecución, las de los constructores, que intentaban optimizar todas las variables de su ecuación: facilidad constructiva, velocidad de construcción, eficiencia económica, etc.

El resultado fue adoptar un procedimiento constructivo típico de puentes pero para una estructura de edificación, de cargas y dimensiones más modestas. La solución estructural es de pórticos con luces de 18,00 m de vano y vigas pretensadas. Había más de 80 km de vigas. Debía construirse con un alto grado de sistematización. La propuesta fue utilizar unas cimbras para las vigas autoportantes y combinarlas con un proceso constructivo en donde la sección transversal era evolutiva, con mejor peso cuando se hormigonaba sobre la junta y cargando la viga a medida que aumentaba su capacidad resistente. El ciclo era:

a. Hormigonado de las vigas en longitudes de 72 m con cimbra autolanzable. Movimiento de la cimbra a las pocas horas haciendo trabajar la sección de la viga solo con armadura pasiva, es decir, armada.

b. Pretensado de la viga cuando tenía una fracción mínima de la carga total final. Esto creaba los problemas típicos de vacío, pretensado con poca carga para compensar.

c. Instalación de las losas alveolares entre pórticos.

d. Hormigonado de la capa superior de las losas alveolares y de la parte superior de la viga.

Un proceso rápido, optimizado económicamente y con unas calidades compatibles con los requerimientos de la arquitectura.

El otro ejemplo fue el proyecto de los puentes de acceso a la terminal, inicialmente planteados con formas y proceso constructivo diferentes de los que finalmente se ejecutaron.

En este caso las luces de los vanos de los puentes, en la zona de la terminal, eran los mismos que las de los pórticos, 18,00 m, es decir, una luz modesta. Por otro lado los puentes esta-



Fig. 7. Construcción de la T4. Vigas longitudinales de los pórticos de 18,00 m de vano con cimbra autolanzable

ban a distintos niveles, para acceder a salidas llegadas y otros usos de las distintas plantas. Por último, los puentes eran muy anchos, por lo que la mayor demanda estructural estaba en el comportamiento transversal más que en el longitudinal, como ocurre normalmente en puentes.

La experiencia de los ingenieros en puentes y las necesidades de los mismos para servir a un edificio dieron lugar a muchas reuniones de diseño, maquetas incluidas tal como normalmente se hace en arquitectura, dio lugar al final a un resultado realmente adecuado.

3. Torre Intesa-San Paolo

En estos momentos en los que trabajar en el exterior es una necesidad, de una complejidad extraordinaria por miles de razones, también la arquitectura nos ha dado la oportunidad de realizar el proyecto de la estructura de la torre Intesa-San Paolo en Turín, proyecto del arquitecto Renzo Piano.

Este es un edificio de una complejidad estructural extraordinaria. Tiene distintos usos a largo de su altura. Debajo de la rasante, aparcamiento e instalaciones. La planta suelo es una plaza prácticamente diáfana donde no llegan más que



Fig. 8. Torre Intesa-San Paolo en Turín, Italia

seis megacolumnas. A nivel 7, a 34,00 m de altura, existe una planta de transición, que es la que permite minimizar el número de pilares que llega al suelo, de la que cuelga un anfiteatro y de la que parten 35 plantas de oficinas. Es una estructura de 2.000 toneladas de peso propio que es necesario construir a esta altura. Las plantas normales son bastante diáfanas pero con más pilares que los que llegan al suelo. En los últimos niveles, en la parte superior del edificio, hay un jardín de invierno, público con salas de exposiciones, restaurante y otras instalaciones.

Es un edificio que tenía un proyecto básico, pero había que hacer el proyecto de construcción y modificaciones para la optimización. A pesar de que el contexto de la obra era muy complejo –en Italia las gestiones tienen una complejidad infinita–, de nuestra posición en el proyecto, de nuevo del lado del constructor que es una situación mal entendida y estigmatizada, y de la complejidad específica de la obra, la colaboración con Piano fue adecuada y el resultado fue también muy bueno.

4. Pasarela Cáscara Madrid Río

Este es un ejemplo especialmente interesante. M-Río [8] ha sido uno de los proyectos de urbanismo más interesantes de la historia de Madrid, y tendrá una trascendencia histórica para la ciudad. Se han quitado de la superficie más de 120.000 vehículos/hora en horas punta. Se ha eliminado la separación que suponía la M-30 en una gran parte de su trazado y, quizás lo más importante, se han habilitado más de 1.000.000 Ha para uso de la ciudad. Extraordinario, a pesar de las críticas de su costo y los inconvenientes causados por su construcción.

En este contexto, Fhecor Ingenieros Consultores ha colaborado con el equipo de arquitectos ganador del concurso –Garrido-Burgos, Rubio-Álvarez Salas, Javier Porras, West 8– en el proyecto de pasarelas y otras intervenciones estructurales necesarias. Otra gran oportunidad y un gran placer.

Estas pasarelas sobre el Manzanares son la entrada al nuevo ámbito cultural que constituye el rehabilitado edificio de los antiguos mataderos de Madrid. Para estas pasarelas se pensó en una intervención especial, se pensó en una pasarela que fuera a su vez soporte para una obra de arte que anunciara al paseante que entraba en un recinto especial, en una nueva área cultural. Salvando las distancias, era como realizar una Capilla Sixtina moderna pero aunando el encuentro y la colaboración entre muchos interlocutores: arquitectos, artistas, ingenieros y constructores, que antaño eran, ya se ha dicho, una única persona. Había que poner en común capacidades y



Fig. 9. Pasarela Cáscara en la zona de Matadero. M-Río. Madrid.



Fig. 10. Escultura de Arturo Berned

oficios ejecutados desde distintas experiencias y entornos de educación. El resultado, como puede verse, ha sido fantástico.

5. Esculturas de Arturo Berned

Los arquitectos siempre ofrecen nuevas posibilidades. Arturo Berned [9], arquitecto, es también un conocido escultor y utiliza materiales estructurales, como el acero, para realizar esculturas de grandes dimensiones, gran altura y gran esbeltez.

Invitados a participar en uno de sus proyectos, vimos, tras una aproximación al problema, que sus esculturas son estructuras elegantísimas que requieren muchos de los ingredientes de otras estructuras. Requieren además de una enorme delicadeza para tratar las superficies, para esconder las soldaduras para exaltar la forma y la textura. Son estructuras delicadas a las que hay que tratar de forma especial. También ha sido un aprendizaje una invitación tan atractiva.

6. Consideraciones finales

Nuestros respectivos oficios, de arquitecto y de ingeniero, siempre han tenido un objetivo similar: pensar, actuar y hacer poniendo el ser humano en el centro de nuestra actividad.

En el pasado más remoto ha sido tarea de grandes de la historia de la ingeniería, la arquitectura, la construcción y el arte, todas actividades gestionadas por el mismo y brillante artista.

La historia ha marcado un camino que ha tendido a la especialización y, con ella, al alejamiento de estas dos disciplinas, tan complementarias. Es imprescindible rehacer las relaciones entre ingenieros y arquitectos para poder servir mejor a nuestro

verdadero objetivo, contribuir a la evolución del género humano, ejerciendo responsablemente y con amplitud de miras nuestros respectivos oficios para ayudar a vivir, para enseñar a vivir, para armonizar nuestras obras con el entorno, para dejar trazas de nuestra evolución, para contribuir a mantener mejor nuestra existencia y la de nuestro planeta... **ROP**

Referencias

- [1] Montero Fernández, Francisco Javier (2004). 'El Panteón: Imagen, tiempo y espacio. Proyecto y patrimonio'. Sevilla: Universidad de Sevilla. Instituto Universitario de Ciencias de la Construcción. ISBN 84-472-0824-9
- [2] Galliazzo, Vittorio (1994), *I ponti romani. Catalogo generale*, Vol. 2, Treviso: Edizioni Canova, pp. 320-324 (No. 646), ISBN 88-85066-66-6.
- [3] Griggs, Francis E. (2007), 'Trajan's Bridge: The World's First Long-Span Wooden Bridge', *Civil Engineering Practice* 22 (1): 19-50, ISSN 0886-9685.
- [4] Chueca Goitia, Fernando (1966). 'Casas reales en monasterios y conventos españoles'; 2ª ed. corr. y aum. 1982. Xarait, Madrid. ISBN 84-85434-18-8.
- [5] Torroja E. (1958): *The Structures Of Eduardo Torroja. An Autobiography Of Engineering Accomplishment*. F W Dodge Corporation. ISBN: 84-498-0430-2.
- [6] Rice, P (1994): 'Un ingeniero imagina'. 1994. ISBN: 978-84-932270-5-0.
- [7] 'Hormigón y Acero'. Número Monográfico dedicado a la Nueva Área Terminal del Aeropuerto de Barajas. ACHE nº 239 1º Trimestre 2006.
- [8] Madrid Río. Un Proyecto de Transformación Urbana (2011) ISBN: 978-84-7506-978-4.
- [9] Arturo Berned. <http://www.berned.com/>