

## Arquitectos e ingenieros

Hitos de su colaboración tras la desaparición de las Casas de Vida



**Pepa Cassinello**

Doctora arquitecta.

Directora de la Fundación Eduardo Torroja

### Resumen

Ser arquitecto o ser ingeniero son dos cosas muy diferentes, porque diferentes son sus cometidos profesionales en la sociedad actual. Pero hubo un tiempo, ya muy lejano, en el que la arquitectura y la ingeniería civil fueron una única disciplina, que estaba destinada a realizar cualquier tipo de construcciones. Fue en el Antiguo Egipto, donde aunque les llamaron arquitectos, eran formados en las Casas de Vida como arquitectos e ingenieros.

Hoy, pese a sus diferentes formaciones, tienen parcelas de interés común, y la historiografía nos demuestra que su colaboración no cesa de producir un sin fin patrimonial de icónicas innovaciones teñidas del color de la pluralidad profesional.

### Palabras clave

Arquitecto, ingeniero, estructura resistente, forma geométrica

### Abstract

*Architects and engineers are currently held to be two very different professions conducting different roles. However, there was a time in the distant past when architecture and civil engineering were just one discipline responsible for all types of buildings. This was the case of Ancient Egypt where the profession known as "architects" were educated in the Houses of Life as architects and engineers.*

*Nowadays, in spite of their different education and training, these professions have many areas in common and throughout history the collaboration between the two has produced a vast wealth of iconic innovations imbued with the colour of this professional plurality.*

### Keywords

*Architect, engineer, robust structure, geometric form*

### Introducción

El ADN del arquitecto es diferente al del ingeniero civil, porque diferente es la información y el conocimiento almacenado en las moléculas que actúan en sus anhelos, pensamientos y miradas profesionales. Mientras que la arquitectura se encarga del diseño y construcción del hábitat del hombre: viviendas, hospitales, museos, teatros, oficinas, colegios, mercados...; la Ingeniería Civil se ocupa fundamentalmente del desarrollo y construcción de las infraestructuras del territorio: puentes, carreteras, viaductos, presas, depósitos, puertos... Son, por ello, dos disciplinas muy distintas, pese a que ambas pertenezcan al campo de la construcción y aunque existan algunas insoslayables parcelas de interés común y situaciones que demandan o propician la colaboración entre ambas.

Pero antes de tejer una breve reflexión sobre su colaboración, es interesante recordar que hubo un tiempo, ya muy

lejano, en el que la arquitectura y la ingeniería civil fueron una única disciplina, que estaba destinada a realizar cualquier tipo de construcciones, con independencia de que se tratara de un templo o de un dique. Los llamados arquitectos del Antiguo Egipto eran además ingenieros, escultores y, en muchos casos, incluso médicos y astrónomos, como lo fue el célebre Senmut, autor del asombroso Templo de Abu Simbel (siglo XIII a. C.), hoy Patrimonio de la Humanidad. Fue Ramsés quien ordenó construirlo para conmemorar su victoria en la batalla de Kadesh. Un memorable legado que pone de manifiesto los plurales conocimientos de su arquitecto. El templo contó no sólo con una impactante fachada escultórica de piedra granítica de 33 m de altura, sino también con la mayor cúpula excavada en una montaña jamás realizada por el hombre. Y por si fuera poco, la puesta en escena del templo consiguió su primordial objetivo, disipar cualquier duda del pueblo egipcio sobre la divinidad de su faraón. Y es que –como por orden divino– dos veces al año, los rayos

del sol penetran en el templo hasta el fondo, iluminando las estatuas de tres de los cuatro dioses que presiden la más profunda cámara del templo: Amón, Ra y Ramsés, mientras que el dios de la oscuridad, Path, permanece en la penumbra. La cuestión es que parece ser que, precisamente, este fenómeno de luz ocurre dos días muy significativos para Ramsés: el de la batalla de Kadesh y el de su cumpleaños. Una asombrosa puesta en escena en la que hasta la luz del sol parecía obedecer al faraón<sup>1</sup>.



Fig. 1. Templo de Abu Simbel, siglo XII a.C.

Sin duda, el ADN de estos ‘especiales arquitectos’, estaba lleno de variados y entrelazados conocimientos. Su formación la realizaban en unas escuelas especiales llamadas Casas de Vida, una especie de universidades minoritarias, en las que recibían clases de diferentes disciplinas y en las que la filosofía y la religión ocupaban gran parte de su tiempo. A estas Casas de Vida tan sólo accedían unos pocos alumnos muy especiales, que eran seleccionados con sumo cuidado, dado que estaban destinados a almacenar en su memoria el conocimiento que posteriormente debería ser transmitido a las generaciones futuras. Al final de su aprendizaje sabían tanto que no es de extrañar que a muchos de ellos, como a Senmut, los consideraran dioses.

Tras la desaparición de las Casas de Vida, diferentes civilizaciones del mundo continuaron aunando en un solo oficio la arquitectura y la ingeniería. Una larga y apasionante historia de la construcción civil y arquitectónica de la que aquí sólo podemos extraer unas muy breves pinceladas. A esta estirpe de arquitectos-ingenieros perteneció Sóstrato de Cnido, del periodo Helenístico, autor del desaparecido del Faro de Alejandría (siglo III a.C./altura entre 115 m y 150 m),

una de las Siete Maravillas del Mundo Antiguo. Y saltando en el tiempo y el espacio, también los ‘maestros medievales’ que construyeron las catedrales góticas lo fueron. Es sobradamente sabido que –buscando la luz– construyeron bóvedas nervadas de crucería que dirigen los empujes resultantes al sistema de contrarresto, liberando la fachada de su función portante. Construyeron la estructura en altura más prodigiosa jamás realizada en piedra, dotándola incluso de mecanismos especiales antisismo<sup>2</sup>. Se trata de una proeza nacida de la simbiótica armonía entre el innovador espacio arquitectónico presidido por la luz y su esqueleto de piedra. También lo fue Leonardo da Vinci, que trasgrediendo profesiones y disciplinas, se convirtió en uno de los genios de la Historia de la Humanidad. Seguramente, de haber nacido en el Antiguo Egipto, hubiera sido alumno destacado de la Casa de Vida y posteriormente adorado como un dios.

Pero hoy las cosas son muy diferentes para los arquitectos y los ingenieros, como para todos los integrantes de la sociedad, en la que las diferentes disciplinas están integradas por muy diversos especialistas, que se reparten los extensos y poliédricos conocimientos alcanzados por la ciencia y la tecnología. Sin embargo, en sus escuelas técnicas superiores –arquitectura e ingeniería– existen asignaturas basadas en algunos conocimientos comunes, pese a sus diferentes programas y alcance. La que mayor repercusión tiene en el ámbito profesional es la de ‘Estructuras de Edificación’ que, en edificios especiales, demanda la colaboración de ingenieros estructuralistas en la arquitectura.

No en vano, Eduardo Torroja –referente de la ingeniería española–, catedrático de Estructuras en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos y defensor de la estrecha colaboración entre la arquitectura y la ingeniería civil, aglutinó la investigación y desarrollo de ambas disciplinas en el que se denominó Instituto Técnico de la Construcción (1934), hoy Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas. El lema que reza en su puerta define con rotunda claridad el apoyo a la colaboración pluriprofesional de este centro: “*Técnicas Pluses Opera Unica*”.

Eduardo Torroja integró además en su instituto la participación de otras disciplinas, que como la pintura y la escultura, reforzaban la reivindicación de “la técnica como arte”<sup>3</sup>. De

alguna manera, creó un nuevo tipo de Casa de Vida donde la aglutinación de la pluralidad reconstruía el poliédrico conocimiento completo del mundo de la construcción unido al arte. No es de extrañar que este instituto dirigido por Eduardo Torroja se convirtiera en el buque insignia de la investigación internacional durante las doradas décadas de la modernidad.

### De la colaboración entre arquitectos e ingenieros

No es posible enhebrar en una sola aguja la poliédrica colaboración profesional entre arquitectos e ingenieros acaecida a lo largo de los siglos, pero es un hecho que de esta colaboración, al igual que cuando se trataba de una misma profesión, han surgido multitud de admirables e innovadores edificios, algunos tan icónicos como las Maravillas del Mundo Antiguo.

Una de las más frecuentes, y por ello la que cuenta con una mayor historiografía, es la colaboración de ingenieros estructuralistas en la arquitectura. La necesidad surge en torno a algunos tipos de edificios, fundamentalmente de grandes dimensiones, altura o luces de vano, como es el caso de los rascacielos y de los estadios de fútbol; así como otros que, aún siendo de reducidas dimensiones el hábitat arquitectónico –como si se trata de un puente–, está definido, de manera rotunda, por la propia forma resistente de su estructura que, en un solo gesto, integra y define el espacio habitable. Éste último es el caso de las icónicas Estructuras Laminares de la Arquitectura Moderna –*Thin Concrete Shells*–, de las posteriores Estructuras Ligeras a tracción,

y de la última generación de muchas de las formas libres espaciales que inundan hoy nuestras ciudades.

Por otra parte, hay dos maneras diferentes en las que la estructura resistente se incorpora a estos edificios; cuando la estructura es determinante de la forma espacial de la arquitectura, e incluso de su imagen, y cuando la estructura no solo no es determinante de la arquitectura, sino que además suele estar oculta.

### De lo que la estructura impone en la forma de la arquitectura

Los rascacielos –de primera y última generación– son el más claro ejemplo de edificio dependiente de su estructura resistente, dado que su gran altura demanda una concepción especial que ha de resistir las fuertes cargas dinámicas producidas por el viento, influyendo de manera determinante en la generación espacial del edificio y en sus fachadas. Son edificios que han alcanzado una prodigiosa evolución, protagonizada por el ingeniero estructural, que es quien ha hecho posible su existencia; pero que, como todo hábitat, ha necesitado del arquitecto para ser habitable porque un rascacielos no es sólo una estructura. De esta necesaria colaboración arquitecto-ingeniero han surgido icónicos referentes que acuden ahora a nuestra memoria. Baste recordar algunos muy diferentes referentes de su evolución: el mítico Edificio Seagram de Nueva York (1957/Mies Van Der Rohe y Philip Johnson-Severud Associates ingeniero estructural/ 157 m), el desaparecido World Trade Center de Nueva York (1966-1975/ Minoru Yamasaki-Leslie E Robertson/ 526,3 m), el innovador Swiss Re. de Londres ( 2010/Norman Foster y



Fig. 2. Rascacielos: Edificio Seagram (1957); World Trade Center (1975); Swiss Re. de Londres (2010); Burj Khalifa (2010)

Arup/180 m), o el Burj Khalifa (Burj Dubai), actual récord de altura con 828 metros (2010/Adrian Smith y SOM-Bill Baker ingeniero estructural)<sup>4</sup>.

También es determinante –en la forma geométrica del edificio– la estructura resistente de la mayor parte de los edificios que cuentan con grandes luces de vano, máxime si su estructura se integra en la piel del edificio de manera visible. Un referente del siglo XXI es el Estadio Olímpico de Pekín (2008/330 m x 220 m y 69 m de altura), conocido como ‘el nido de pájaro’, proyectado por los arquitectos Herzog & De Meuron, los ingenieros Arup Sport y el China Architecture Design and Research Group, contando con la colaboración del escultor Ai Weiwei. Otro ejemplo, pero de reducido tamaño, es el Serpentine Gallery Pavilion (2002/Toyo Ito, Cecil Balmod y Arup), cuya fachada estructural se construyó con una cinta de acero que se quiebra definiendo una retícula irregular de triángulos y trapecios. Una caja de acero y vidrio que parece flotar en el espacio. Referentes de una perfecta simbiosis entre la forma resistente y la forma espacial del edificio y su icónica imagen, que construyen la tercera dimensión de manera discontinua.



Fig. 3. Estadio Olímpico de Pekín (2008)



Fig. 4. Serpentine Gallery Pavilion (2002)

Pero, sin duda, el mayor hito de la influencia de la estructura resistente en la forma de la arquitectura fueron las Estructuras Laminares de la Arquitectura Moderna. Una aventura tecnológica de la modernidad en la que arquitectos e ingenieros buscaron la más eficaz, ligera y desnuda forma resistente, aprovechando las características adecuadas del hormigón armado y la desnudez anhelada –*less is more*–. En ellas, la forma resistente es, a su vez, la forma de la arquitectura. Entre sus más admirados referentes destacan las tres cubiertas laminares más conocidas de Eduardo Torroja<sup>5</sup>, que nacieron integradas en tres edificios en los que intervinieron diferentes y destacados arquitectos: el Mercado de Algeciras, el Frontón Recoletos y el Hipódromo de la Zarzuela. Tres ejemplos en los que el protagonismo alcanzado, a nivel internacional, corresponde de manera indudable a las cubiertas de Eduardo Torroja. Al igual que la autoría del restaurante Los Manatales de Xochimilco, una de las estructuras laminares de mayor esbeltez jamás construida (30 m luz de vano y 4 cm de espesor), es del arquitecto Félix Candela<sup>6</sup>. Un extenso legado producto, en gran medida, de la colaboración entre arquitectos e ingenieros, del que otro referente es el famoso y desaparecido Pabellón Philipp (1958) de Le Corbusier, Iannis Xenakis y el ingeniero estructural Hoyte Duyster. También adquirieron este mismo protagonismo las posteriores estructuras ligeras. Uno de sus máximos iconos es el Estadio Olímpico de Munich del arquitecto Frei Otto y el ingeniero Jörg Schlaich. La más asombrosa e innovadora cubierta ligera, referente de cuantas nacieron tras ella y que la oficina alemana Schlaich Bergerman und Partner continua liderando en gran medida en la actual vanguardia internacional<sup>7</sup>.



Fig. 5. Mercado de Algeciras



Fig. 6. Restaurante Los Manantiales

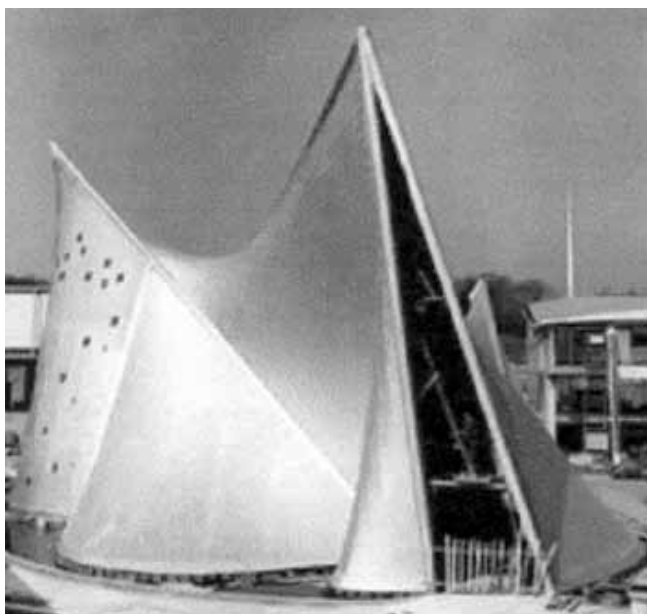


Fig. 7. Pabellón Philipp

### De la dictadura de la forma arquitectónica

Hay otros casos en los que la arquitectura se genera al margen de su estructura resistente, y posteriormente el ingeniero tiene la ardua labor de buscar la mejor solución para hacer viable su construcción. Una estructura generalmente oculta y por ello despojada de protagonismo. Éste fue el caso de la Estatua de la Libertad de Nueva York (1875-1886), uno de los más famosos iconos de los Estados Unidos a nivel internacional, que alcanza una altura total de 93 metros. Su forma fue diseñada por el escultor Frédéric Auguste Bartholdi, en el proyecto arquitectónico intervino también Eugène Viollet-le-Duc y su estructura portante la realizó el célebre ingeniero francés Alexandre Gustave Eiffel. Una magnífica estructura de hierro recu-

bierto de cobre, oculta en el interior de la estatua. Hito nacido de la colaboración de relevantes profesionales del siglo XIX procedentes de diferentes disciplinas.



Fig. 8. Estatua de la Libertad de Nueva York

Este mismo tipo de colaboración es el que existe hoy en los edificios de la vanguardia del deconstructivismo del siglo XXI, que son proyectados por sus arquitectos como gigantes esculturas habitables con vocación de iconos, cuyas caprichosas formas geométricas son a veces de difícil representación, si no fuera por los avances de los programas informáticos de diseño. Los arquitectos Zaha Hadid y Frank Gehry son dos magníficos representantes de esta tendencia –la dictadura de la forma–, en la que la colaboración del ingeniero es la misma que realizó Eiffel en la Estatua de la Libertad. Las estructuras resistentes de estas complejas geometrías se resuelven habitualmente con entramados espaciales metálicos que se adaptan a las formas no convencionales. Su montaje es rápido y permite optimizar la compleja secuencia del proceso de construcción. Cuando el binomio arquitecto-ingeniero está en manos de relevantes profesionales, se obtienen admirables e innovadores edificios. Como el fabuloso Centro de Ciencia Phaeno de Wolfsburg de Zaha Hadid (2005) cuyos ingenieros estructurales fueron AKT Adams Kara Taylor y Tokarz Freirichs Leipold. O el sorprendente Museo Guggenheim de Bilbao de Frank Gehry, siendo la ingeniería estructural del proyecto SOM y de la obra IDOM<sup>8</sup>.

Y ahora que ya tengo que terminar de escribir, acude otra vez a mi memoria el Gran Templo de Abu Simbel. Esta vez para recordar la ya mítica colaboración internacional de arqueólogos, arquitectos<sup>9</sup> e ingenieros realizada en 1960 para salvarlo de quedar para siempre sepultado bajo las aguas del Nilo en una “mutilante oscuridad”. La audaz co-



Fig. 12. Museo Guggenheim de Bilbao



Fig. 11. Centro de Ciencia Phaeno de Wolfsburg

laboración de arquitectos e ingenieros del siglo XX consiguió, no sólo salvar las fábricas pétreas que dieron forma y soporte estructural al espacio habitable, realizando su traslado mediante una meticulosa anastilosis, sino que también salvaron el fenómeno de luz del sol que fue su “razón de ser”. Una admirable colaboración que legó a las generaciones futuras, no solo un tipo de espacio para el culto y una impactante imagen, sino también el sentir que transmite su arquitectura. **ROP**

#### Notas y referencias

[1] Hawass, Z. A; Hosni, F.; Hosni, H L F. (2001): '*Mysteries of Abu Simbel: Ramesses II and the Temples of the Rising Sun*'. American University. El Cairo.

[2] Cassinello, P. (2004): 'Trazado y Estabilidad de las Catedrales Góticas'. Cuadernos INTEMAC nº53

[3] Torroja, E. (1958): '*Art and Artist*'. Cambridge University Press.

[4] Javier Manterota ha realizado un interesante análisis de sobre 'La Estructura en la Arquitectura Actual' publicado en varios artículos en la revista Informes de la Construcción del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja.

[5] Torroja, E. (1958): 'Las estructuras de Eduardo Torroja'. Ministerio de Fomento. CEDEX. 1999.

[6] Cassinello, P. (2010): Félix Candela/Centenario-Centenary. Edición Fundación Juanelo Turriano

[7] Böëgle, A.; Cachola, P.; Cassinello, P. (2011): Schlaich Bergerman und Partner. *Light Weight Structures/ Estructuras Ligeras*. Catálogo de la exposición en versión española. Edición Universidad Politécnica de Madrid

[8] Estructura premiada por la Asociación de Ingenieros de Estructura de los Estados Unidos.

[9] La propuesta del arquitecto y arqueólogo italiano Piero Gazzola fue la aprobada por la UNESCO.