



**ARAUJO, Ramón**

Construir en altura : sistemas, tipos y estructuras / Ramón Araujo ; prólogo: Enrique Álvarez-Sala ; edición: Jorge Sainz

Barcelona : Reverté, D.L. 2012

338 p. : il. ; 24 cm. -- (Manuales Universitarios de Edificación ; 3) (La Arquitectura como Técnica ; 2)

Índice alfabético

Bibliografía

D.L. B. 6099-2012

ISBN 978-84-291-3103-1

1. Rascacielos 2. Elementos arquitectónicos 3. Estructuras 4. Tipología de la edificación I. Álvarez-Sala Walther, Enrique II. Sainz, Jorge

3.02 Procedimientos constructivos

COAM 16885

Manuales  
Universitarios de  
Edificación

3

*Ramón Araujo*

# Construir en ALTURA

La arquitectura  
como técnica  
(2)



**Sistemas, tipos y estructuras**

Editorial  
Reverté

Ramón Araujo

Manuales  
Universitarios de  
Edificación

3

# Construir en ALTURA

La arquitectura  
como técnica  
(2)

Sistemas, tipos y estructuras

*Prólogo*  
Enrique Álvarez-Sala

*Edición*  
Jorge Sainz

**Editorial  
Reverté**

© Ramón Araujo Armero, 2012  
ra@estudioaraujo.es

Esta edición:  
© Editorial Reverté, Barcelona, 2012

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede realizarse con la autorización de sus titulares, salvo las excepciones previstas por la Ley 23/2006 de Propiedad Intelectual, y en concreto por su artículo 32, sobre 'Cita e ilustración de la enseñanza'. Los permisos para fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra pueden obtenerse en Cedro (Centro Español de Derechos Reprográficos, [www.cedro.org](http://www.cedro.org)).

Editorial Reverté, S.A.  
Calle Loreto 13-15, local B · 08029 Barcelona  
Tel: (+34) 93 419 3336 · Fax: (+34) 93 419 5189  
Correo E: [reverte@reverte.com](mailto:reverte@reverte.com) · Internet: [www.reverte.com](http://www.reverte.com)

Impreso en España · *Printed in Spain*  
ISBN 978-84-291-3103-1  
Depósito Legal: B 6099-2012  
Impresión: Reinbook Impres, S.L., Barcelona  
# 1376

#### Registro bibliográfico

Nº depósito legal: B 6099-2012  
ISBN: 978-84-291-3103-1  
CDU: 692  
CDU: 728.28  
Autor personal: Araujo Armero, Ramón (1957-)  
Título: Construir en altura : sistemas, tipos y estructuras /  
Ramón Araujo ; prólogo, Enrique Álvarez-Sala ;  
edición, Jorge Sainz  
Publicación: Barcelona : Reverté, 2012  
Descripción física: 338 p. : il., plan. ; 24 cm  
Serie: (Manuales Universitarios de Edificación ; 3)  
Bibliografía: Bibliografía: p. [317]-319. Índice  
Nota al título: Segunda parte de *La arquitectura como técnica*.  
Madrid: Arc Ediciones, 2007  
Encabezamiento materia: Partes estructurales y elementos de la construcción  
Encabezamiento materia: Arquitectura – Rascacielos

# Índice

Prólogo	7
Introducción	11
Láminas	17
I Características de la construcción en altura	25
II Tipología y evolución	51
III Forjados	81
IV Fachadas	109
V Fachadas de vidrio	141
VI El esqueleto de acero	171
VII La estructura de hormigón armado	207
VIII El hormigón prefabricado	239
IX Rascacielos	265
Conclusión	313
Bibliografía	317
Procedencia de las ilustraciones	321
Índice alfabético	333

# La enseñanza de la técnica

Enrique  
Álvarez-Sala

Leer libros o artículos de arquitectura requiere habitualmente una concentración absoluta para seguir el hilo del discurso y extraer las ideas que se esconden entre las palabras. Sin embargo, leer este libro de Ramón Araujo resulta sencillo: se lee sin esfuerzo y, sin darse cuenta, el lector se sumerge en un sugerente mundo de relaciones y referencias.

Nos encontramos ante un caso extraño: un libro técnico que es ameno y fácil de leer. ¿Cuál es la fórmula mágica?, ¿con qué enfoque se aborda un libro de arquitectura para que se lea sin esfuerzo?

## Arquitectura y técnica

La idea es sencilla: en el libro se estudia esa parte en que la arquitectura es 'técnica', y eso permite un análisis riguroso y sin dramatismos.

Por supuesto, la arquitectura no sólo es técnica –sería una ingenuidad plantear que no hay más variables, todos sabemos que sí las hay–, pero es en la parte en que la arquitectura es técnica en la que el libro busca su inspiración.

Este volumen es la segunda parte de la serie de estudios que Ramón Araujo inició en 2007 con la publicación de *La arquitectura como técnica (1): superficies*, en donde el autor aplica la misma filosofía y el mismo enfoque.

La primera frase de ese primer libro dice «La arquitectura es una disciplina científica». ¡Revelador! Todo un manifiesto; una expresión desde luego no casual y esclarecedora de una forma de pensar: de la forma de pensar de Ramón Araujo.

## Técnica y altura

En el caso del presente libro, el tema es –si cabe– aún más difícil: 'Construir en ALTURA'; y en la cubierta los editores han puesto 'altura' con mayúsculas. Inquietante. Por fortuna, el subtítulo ('sistemas, tipos y estructuras') tranquiliza, le da ese tono científico que ahuyenta el temor de que nos encontremos frente a otro tomo lleno de vaguedades y abstracciones del tipo «la luz que resbala».

Pero ¿lleva este enfoque al mundo exclusivo de la ingeniería? En absoluto. Precisamente, el conocimiento simultáneo de la técnica y de la forma es el campo específico de la arquitectura.

Los proyectos que llevan en su código genético ambas cuestiones son sin duda los mejores proyectos, los que dan como resulta-

Ramón Araujo, La arquitectura como técnica (1): superficies (Madrid: ATC Ediciones, 2007).



Enrique Álvarez-Sala estudió en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, de la que fue profesor del Departamento de Construcción entre 1983 y 2006; entre sus obras destaca la torre SyV en Madrid (2004-2008), realizada en colaboración con su socio, Carlos Rubio.

do los mejores edificios, los edificios que mejor han resistido el paso del tiempo, los que incluso han mejorado con él, porque las buenas ideas no envejecen.

Pero ¿es posible escribir sobre un tema tan atractivo –y, por tanto, tan recurrente– como la construcción en altura sin caer en repeticiones, en ideas ya manidas, en enfoques ya conocidos? ¿Es posible ofrecer un enfoque nuevo?

Este libro lo hace; parece imposible, pero lo hace. Y sin embargo, el planteamiento es tan simple que una vez hecho parece obvio. Construir en altura es sencillamente superponer plantas, una encima de la otra.

Parece elemental, pero no lo es en absoluto. ¿Hasta dónde se pueden superponer plantas? ¿En qué medida influye el número de plantas que se superponen? ¿Qué otras consideraciones y qué otros factores hay que tener en cuenta a medida que se aumenta el número de plantas?

Eso es, precisamente, lo que constituye el libro: un análisis científico de las técnicas idóneas en cada caso y de los factores que se han de considerar cuando varían las condiciones y el número de plantas; un análisis de la evolución de los sistemas estructurales; un análisis de la evolución de los sistemas constructivos; un análisis por separado de los forjados, de las fachadas, de las instalaciones, de los materiales, de los esfuerzos, de las deformaciones...

Simple, sí, pero de una eficacia contundente.

### *Altura y rascacielos*

Y la superposición de plantas ¿adónde lleva? Lógicamente, a los rascacielos: es el desenlace inevitable.

Pero esto no significa que la construcción en altura sea únicamente la construcción de rascacielos, ni que el objeto de este libro sea la tipología de los edificios altos.

Afortunadamente, el libro se mantiene alejado de la fascinación de los récords y de las extravagancias formales que con frecuencia acompañan ahora a los edificios altos; también se distancia de consideraciones exhibicionistas relacionadas con el poder económico.

El rascacielos es el desenlace de un sistema constructivo y un tipo edificatorio en sí mismo, con una lógica interna de extraordinario interés.

En un rascacielos, la técnica es siempre un factor determinante de la forma. De alguna manera, los rascacielos son los *fórmula uno* de la edificación, y eso convierte a este tipo constructivo en la expresión de la tecnología punta disponible en un lugar y en un momento histórico determinados. De hecho, los rascacielos aparecen cuando la técnica necesaria está disponible.

Se puede hablar de un primer intento de levantar un rascacielos en Babel, que finalmente no prosperó (parece que por un desafortunado fallo en el protocolo de comunicaciones). Donde sí hicieron

su aparición los primeros rascacielos fue en el Chicago de finales del siglo XIX. Necesidad y tecnología, al coincidir en un mismo momento, hicieron de la necesidad virtud. Y la transferencia de tecnologías entre distintas disciplinas se hizo a una velocidad vertiginosa: fueron tiempos heroicos.

Pero ¿es que la construcción en altura no había existido hasta entonces?

Por supuesto que sí: basta pensar, por ejemplo, en las 'ínsulas' romanas. Pero hay un momento en el que las diferencias cuantitativas suponen variaciones cualitativas, y es esa transformación la que es objeto de estudio.

¿Se puede arrancar estudiando directamente los edificios altos o los edificios que superan una determinada altura? Qué duda cabe: de hecho, es un planteamiento muy frecuente y una tentación muy comprensible.

Pero a Ramón Araujo no le gusta tomar atajos y ha sabido resistirse a esa *atracción fatal* de dar saltos en el vacío para tratar de avanzar más deprisa. En buena medida, el gran atractivo del libro es precisamente éste: no hay piruetas; el análisis es progresivo, científico.

#### *Conocimiento y enseñanza*

He comentado cuál creo que es el enfoque del libro. Pero ¿cuál es su intención, por qué se ha escrito, qué interés tiene?

A mi entender, su única intención es transmitir conocimiento.

En ese sentido, es un libro de una enorme generosidad intelectual, que no busca lucimiento personal alguno ni complacencia narcisista de ningún tipo; sólo busca compartir el entusiasmo por la comprensión de la lógica de construir y que otros entiendan una forma distinta de ver la arquitectura.

El discurso del libro es preciso y claro, el lenguaje es contenido, las palabras son las necesarias, sin adornos. Si Robert Le Ricolais decía que la estructura es el arte de saber colocar los huecos (lo que hacía referencia a la eliminación de lo superfluo), el discurso del libro es 'estructural': contiene las palabras justas para explicar, para sugerir, para entusiasmar, para que el lector complete el pensamiento sugerido y no agotado, para que lo haga suyo.

Es un libro que abre puertas, pero que no agota temas. Cada idea, cada ejemplo, es un microcosmos, una apertura a un mundo fascinante que sólo se vislumbra

El libro no sólo enseña: también ayuda a estudiar.

La metodología empleada es evidente: la arquitectura se utiliza para enseñar arquitectura; ejemplos paradigmáticos sirven para mostrar soluciones, para relacionar técnicas e ideas constructivas.

Se puede pensar que los ejemplos son conocidos, tal vez incluso que algunos son referencias utilizadas con frecuencia; pero hay que decir que si estos ejemplos se han utilizado a menudo es porque Ramón Araujo los ha manejado, ha enseñado con ellos, los ha *popula-*

*rizado* hasta el punto de hacer que todos los conozcamos y los entendamos como nuestros: tan nuestros y tan próximos como si de los personajes de un retrato de familia se tratase.

Y en cierto modo, algunos de los ejemplos tienen personalidad propia, son en cierta medida amores de juventud, con respecto a los cuales se aprecia un cariño y un respeto casi reverencial. Otros son gigantes, 'mitos' en torno a los cuales se ha tejido la trama de la arquitectura. Por último, otros son discretos ejemplos que han preferido pasar desapercibidos y a los que sólo la insistencia del autor ha rescatado del olvido. Todos ellos han dado mucho a Ramón Araujo, a quien también deben mucho.

La utilización de estos ejemplos en sus clases ha hecho ver a muchos estudiantes y arquitectos otra historia de la arquitectura: una historia menos formalista. Las clases del tándem Araujo-Azpiliqueta durante algunos años en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid ya son míticas y muchos las recuerdan como una forma distinta, apasionante y apasionada de aprender y de enseñar arquitectura.

De alguna manera, este libro es la punta del iceberg de una carrera profesional dedicada a la construcción arquitectónica, al estudio y a la docencia. Todo ello, a partes iguales.

Si alguien quiere una confirmación de la voluntad didáctica de este libro, le aconsejo que se fije en los dibujos. A mí me resulta imposible no ver en ellos las explicaciones de las clases del autor a sus estudiantes. Son dibujos precisos, conceptuales, *docentes*, nada formalistas, sin otra voluntad plástica que no sea la exposición de las ideas; y sin embargo –y probablemente por ello–, son deliciosos.

El resultado es un libro sencillo para el principiante y sorprendentemente sencillo para los que se consideran especialistas. Hay que tener las cosas claras para poder simplificar.

Conozco a Ramón Araujo. Le he oído hablar, le he visto dar clase, le he padecido, le he disfrutado, he estado en su casa, he viajado con él, he aprendido de él muchas veces y muchas cosas. Sé como piensa y, sin embargo, aún me sorprende con frecuencia. Y ahora, otra vez.

Este libro enseña cosas que no sabemos, aclara cosas que sabemos y sugiere cosas que deseamos saber.

Madrid, enero de 2012.

# Construir en altura

## La arquitectura como técnica (2)

Este libro es fruto del curso de Construcción que el autor imparte desde 1989 en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, y constituye la segunda parte de una secuencia iniciada con un volumen dedicado a las 'superficies'.

La mayoría de las construcciones que forman las ciudades son edificios 'de pisos', organizados mediante la superposición de una cantidad significativa de planos horizontales habitables; y la construcción en altura es desde hace mucho tiempo el sistema más generalizado en la ciudad contemporánea.

El edificio de pisos es un artefacto muy tecnificado y su evolución en los últimos años ha sido necesariamente técnica. El libro está organizado a partir de esas técnicas, y trata de describirlas en sus aspectos fundamentales, siempre con relación a los edificios en los que se emplean, haciendo cierto hincapié en las aplicaciones iniciales o más relevantes. El texto habla principalmente de estructuras, cerramientos y sistemas de instalaciones, y trata de describir su evolución y sus logros más recientes.

En el libro se ofrece en lo posible la descripción de edificios completos, más que la de sus partes. Además de la evolución del edificio en altura en estos años, destaca ante todo su carácter experimental, y son muchas las soluciones de todo tipo que se probaron y no han tenido después continuidad.

En la selección de los edificios se han escogido los ejemplos más relevantes, aunque se ha preferido lo más antiguo a lo más reciente, en un intento de tratar de colaborar a que todo ese esfuerzo no quede totalmente relegado.



**RAMÓN ARAUJO**  
(San Sebastián, 1957) es arquitecto (1980) y doctor (1992) por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, en la que es profesor del Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónica desde 1989, Titular desde 1995; es autor de *Construir en acero: arquitectura en España (Oviedo, 1994, con Enrique Seco)*, *La arquitectura como técnica (1): superficies (Madrid, 2007)* y *Construir en acero: arquitectura en España 1992-2008 (Madrid, 2009)*; su labor docente e investigadora se combina con su actividad como arquitecto profesional, de la que se presentan algunos ejemplos en este libro.

*Ilustración de cubierta:*  
Foster Associates, sede de HSBC, Hong Kong, en construcción, junio de 1984; foto: Ian Lambot.



Editorial  
Reverte

[www.reverte.com](http://www.reverte.com)

ISBN 978-84-291-3103-1



9 788429 131031