

Libertad espacial y materialidad de la estructura: Louis Kahn y la relación entre estructura y espacio

Spatial freedom and materiality of structure: Louis Kahn and the relationship between structure and space

Recibido: 8 de diciembre de 2011. Aprobado: 12 de marzo de 2012.

María Claudia Villate Matiz

Universidad de los Andes, Bogotá,
Colombia.

✉ mvillate@uniandes.edu.co

Arquitecta y Magister en Arquitectura de la
Universidad Nacional, profesora de cátedra
de la Universidad de los Andes.

Artículo de reflexión derivado de la
investigación del doctorado (en curso)
de la autora.

Resumen

Los resultados de experimentaciones en la relación espacio-estructura permiten nuevas maneras de proceder respecto a la búsqueda de rigidez ante sismos con elementos estructurales de grandes dimensiones. Esta relación ha constituido un recurrente punto de conflicto en la arquitectura, y de las distintas maneras de enfrentarlo se ha nutrido su historia. La estrategia proyectual de habitar la estructura no es nueva; está presente desde hace mucho en la arquitectura. Lo nuevo es su uso como resultado de una búsqueda espacial consciente y constituye un tema de investigación para enriquecer la manera de proceder en cuanto a la materialidad de la estructura.

Palabras clave: espacio, estructura, Louis Kahn.

Abstract

The results of spatial-structural experiments undertaken allow us to understand new ways of maintaining the rigidity of materials in the face of earthquakes with the use of structures of large dimensions. The relationship between structure and space has been a contentious one in the field of architecture, and the diverse methods of confronting the problem have created an interesting history. The planning strategy of living in the structure itself is not a new one; it has been present for rather a long time in architecture. What is new is using this as a result of a spatial search: something that is conscious and represents a subject for investigation in order to aide the process of selecting the correct materials to use in a structure.

Keywords: space, structure, Louis Kahn.

La estructura portante de un edificio surge de la necesidad de soportar el peso de los elementos delimitadores de espacio. Estos pesos actúan como cargas verticales; sin embargo, en muchos casos, las cargas horizontales hacen mayores exigencias a los elementos estructurales.

Las cargas horizontales principales son las producidas por acción del viento y del sismo. En lugares con alto riesgo de ocurrencia de sismos, como Colombia, los avances de la investigación en ingeniería sísmica han llevado a buscar estructuras cada vez más rígidas. La rigidez necesaria para soportar con desplazamientos mínimos las fuerzas horizontales exige el incremento de las dimensiones de los elementos del sistema portante. No obstante, la libertad espacial se ve afectada de manera significativa, principalmente por el tamaño de columnas y muros.

La libertad espacial se ha visto restringida de manera significativa por esta búsqueda de rigidez ante sismos. Es posible seguir proyectando con elementos estructurales de grandes dimensiones; pero también es un momento adecuado para reflexionar sobre la manera en que se ha dado en arquitectura la relación entre espacio y estructura, y tal vez a partir esta reflexión, buscar maneras de replantearla.

Sobre la relación estructura-espacio

Por medio de la materia, un proyecto de arquitectura conforma el espacio que es, en últimas, su razón de ser. Aunque un edificio tiene existencia material, es el espacio delimitado por elementos físicos aquello que justifica el empleo de materia; así mismo, el vacío dentro de un vaso permite que pueda ser empleado como tal.¹

Es entonces la materia la encargada de crear límites, de convertir el espacio en espacio arquitectónico. Los límites de un espacio arquitectónico pueden estar constituidos por elementos lineales, superficiales o por volúmenes pero, al estar hechos con materia, están sometidos a la ley de la gravedad y sus fuerzas deben mantenerse en equilibrio. La masa de los materiales necesarios para delimitar requiere que las cargas producidas por acción de la gravedad sean transmitidas a la cimentación, donde se equilibran con las reacciones del suelo.

La delimitación del espacio arquitectónico por medio de elementos materiales hace indispensable la existencia de un sistema de soporte. Este sistema portante puede estar constituido por los mismos elementos que delimitan el espacio o por otros que conforman un sistema autónomo.

Es posible hablar de dos formas básicas en que se relaciona la delimitación espacial con la función portante: los elementos que delimitan se sostienen entre sí, conformando un único sistema que cumple simultáneamente las dos funciones (limita y soporta), o los elementos que delimitan son soportados por otros elementos y forman dos sistemas (uno delimita los espacios y otro soporta y transmite las cargas). En este último caso se puede hablar de un *esqueleto estructural*.

1 "Treinta rayos convergen en el cubo de la rueda; y de esta parte, en la que no hay nada, depende la utilidad de la rueda. La arcilla se moldea en forma de vasos, y precisamente por el espacio donde no hay arcilla es por lo que podemos utilizarlos como vasos. Abrimos puertas y ventanas en las paredes de una casa, y por estos espacios vacíos podemos utilizarla. Así, pues, de un lado hallamos beneficio en la existencia; de otro, en la no-existencia". Lao-Tse (550 a. C.), citado Van de Ven, *Espacio en la arquitectura*.

Sin embargo, a partir de estas dos formas de relación se pueden establecer otras, bien porque el sistema portante, junto con otros elementos no estructurales, actúa como conformador de espacio o porque en un mismo proyecto se combinan de diversas maneras los dos tipos de interacción.

2 "Visto de esta manera, las formas técnicas nunca deben constituirse en objeto de la arquitectura, como sucede en buena parte del Movimiento Moderno, ya que, aunque posean los contenidos reales, la certeza constructiva e incluso, pudiéramos decir, la forma in nuce, renuncian a la expresión. La arquitectura, por el contrario, pretende la representación de contenidos y, consiguientemente, la comunicabilidad de los mismos mediante una verdadera forma, uniendo en última instancia el qué y el cómo, el fondo y la forma, el objeto y su imagen". Iñiguez, *Columna y muro*, 22.

3 "La sucesión de muros portantes ha sido durante siglos el sistema estructural más utilizado en la mayor parte de los tipos edificatorios. El espacio confinado entre los muros gemelos queda limitado en sus dimensiones a la máxima luz razonable de la viga de madera o de la bóveda de cañón [...] El sistema más razonable para superar esas limitaciones (espaciales) de la construcción muraria es la perforación de los muros paralelos con grandes arcos para así reunir espacialmente varias crujeas entre muros". Paricio, *Construcción de arquitectura*, 19.

4 "Ahoras unas palabras sobre la tecnología inspirada. El muro nos encerró durante mucho tiempo, hasta que el hombre que estaba detrás, sintiendo una nueva libertad, quiso mirar afuera y lo golpeó para hacer una abertura. El muro gritó: 'yo te he protegido'. Y el hombre dijo: 'Aprecio tu fidelidad pero siento que ha llegado el momento de hacer cambios'. El muro se quedó triste. El hombre se percató de algo bueno: se imaginó la abertura como un hueco elegantemente arqueado que glorificaba el muro. El muro quedó satisfecho con este arco y con sus jambas esmeradamente hechas. El hueco llegó a ser parte del orden del muro". Kahn, *La habitación, la calle y el consenso humano*, citado en Latour, *Louis I. Kahn*, 278.

5 "Se trata de un modelo de estructura de hormigón, imaginado para construir viviendas seriadas y basado en un forjado direccional con jácenas planas". Latour, *Louis I. Kahn*, 53.

Esta relación entre estructura portante y espacialidad en los proyectos ha constituido un recurrente punto de conflicto en la arquitectura, y su historia se ha nutrido de las distintas maneras de enfrentarlo. Es posible decir que la función portante se ha independizado, exaltado, ocultado, disfrazado o relegado; pero por tratarse de algo inevitable no se ha podido evadir hasta ahora. En muchos casos lo que realmente cumple una función estructural aparenta no tenerla y elementos que, desde el punto de vista meramente técnico, no son necesarios parecen ser los encargados de la transmisión de cargas.

En todo proyecto de arquitectura es posible estudiar la relación entre la función portante y la delimitación espacial, y aunque son variadas las maneras concretas en que se relacionan, en cualquier caso, la arquitectura debe primar, pues la necesidad de transmitir cargas es posterior al sentido de conformar espacios para la vida de los hombres.² Durante mucho tiempo, los muros portantes constituyeron —a pesar de sus limitaciones— el sistema estructural por excelencia, porque permitían soportar las cargas de los elementos de la cubierta o de los entrepisos y, al mismo tiempo, conformaban espacio.³

Con la aparición del arco se lograron aperturas amplias en los muros portantes y con la aplicación de su principio de transmisión de cargas a la bóveda se consiguieron espacios lineales extensos. Posteriormente, la cúpula permitió centralidad en espacios de mayores dimensiones. Cuando dos bóvedas de sección semicircular se intersecan, se forma un arco rebajado que, por su baja altura, presenta grandes esfuerzos; pero convertir dicha intersección en un arco de medio punto permite vencer luces mayores y la forma de las bóvedas pasa a tener mayor altura que la semicircular. Aparecen entonces como alternativa para lograr mayores alturas y luces la bóveda peraltada y el arco ojival.

Durante la Edad Media el empleo de contrafuertes, arbotantes y pináculos en las grandes catedrales liberó el espacio interior de elementos de apoyo. Estos se llevaron al exterior acercando la arquitectura al ideal de grandeza propio de la época para estos edificios.⁴

Separación de la delimitación espacial y la función portante

Las perforaciones en los muros proporcionaron algo de libertad en las direcciones horizontales; sin embargo, con el sistema *domin-o*, propuesto por Le Corbusier, se logró mayor libertad espacial; la estructura se resuelve con dos componentes principales: placas planas horizontales y elementos verticales esbeltos que las soportan.⁵

Le Corbusier, en su escrito sobre los cinco puntos para una nueva arquitectura, plantea aspectos que influyeron no solamente en su arquitectura sino, posteriormente, en muchos otros arquitectos. Aunque estos factores tienen como resultado final modificaciones espaciales, se basan en posibilidades que permitió la estructura por el empleo del hormigón armado.⁶

Los pilares exentos sustituyeron a los muros portantes y redujeron el área en planta ocupada por la estructura. El sistema de pilares liberó la composición de las restricciones impuestas por los antiguos muros de carga y permitieron, además, la no continuidad de las divisiones interiores de una planta a otra, logrando la llamada composición libre en planta.

La eficiencia de una estructura portante está determinada por su forma, pues una forma adecuada permite, con esfuerzos mínimos, resistir las cargas para las que se diseña. Establecer la mejor forma posible para una estructura logra el mínimo empleo de material; un extremo de esta idea sería pretender desaparecer la estructura, pero la existencia de la gravedad, el viento, los sismos y otras solicitaciones estructurales hacen de esta pretensión algo imposible de alcanzar. Sin embargo, muchos arquitectos modernos se acercaron al ideal de liberar el espacio arquitectónico de obstáculos como columnas de grandes secciones o muros, a fin de ganar mayor libertad horizontal. La función portante pasó a ser responsabilidad de la malla estructural y el cerramiento de los muros.⁷

La malla estructural, propia de la arquitectura moderna, permitió separar sistemas que antes conformaban un todo indivisible.⁸ La autonomía de la estructura respecto al cerramiento no implica que se haya logrado independencia entre ellos; por el contrario, solamente una adecuada interacción permite liberar el espacio de las restricciones impuestas por la estructura.

Estructura portante

Aunque los elementos conformadores de espacio y la estructura portante⁹ actúen como sistemas diferenciados, la materialidad de esta última influye de manera importante en las posibilidades de delimitación espacial.¹⁰

La capacidad portante de una columna es determinada por la resistencia y rigidez del material, los apoyos y la esbeltez, es decir, la relación entre su longitud y el ancho mínimo de su sección. De estos factores únicamente la esbeltez está directamente relacionada con la forma. Si se busca la mejor forma posible para una columna, esta sería aquella en que la esbeltez sea mínima; el reto está en lograrlo con poco material. En términos estructurales, lograr un momento de inercia grande con un área mínima. El momento de inercia mide el alejamiento del material con respecto al centro de la sección.

6 "It is pointless to discuss the new architecture in France without touching upon its foundation: ferroconcrete. It is not extracted from nature as a compact material. Its meaning is: artificial composition. Its origin: the laboratory...". Giedion, *Building in France*, 150.

7 "En concreto, las nuevas estructuras de acero y hormigón, al reclamar para sí la totalidad de la función portante, liberan al muro de sus necesidades constructivas reales y le asignan el nuevo papel de cerramiento y de elemento soportado, lo que le proporciona un grado de independencia insospechado hasta este momento. A raíz de esto se posibilitará una aclaración funcional de los diversos elementos componentes que intervienen en la arquitectura, con el fin de que los papeles que se les encomendarán dentro del conjunto aparezcan más definidos y especializados que nunca: por un lado, el resistente propiamente dicho, que vendrá ejercido exclusivamente por la estructura, y por el otro, el de cerramiento, confiado a un muro ya sin valor tectónico alguno, salvo el necesario para su propia construcción". Iñiguez, *Columna y muro*, 190-193.

8 "Es innegable que el carácter descomponible de la arquitectura moderna resulta de la aplicación de algunos avances técnicos como el principio del esqueleto estructural, el cual propicia, entre otras cosas, la idea de separación de estructura y cerramiento". Martí Aris, *Variaciones de la identidad*, 145.

9 "The challenge is to make structure the new discipline in a new re-examination of space". Balmond, *Informal*, 15.

10 "... la estructura es uno de los elementos más ciertos de la arquitectura, el sostén de la misma, y por tanto su necesidad primera, su objeto más propio y específico". Iñiguez, *Columna y muro*, 204.

11 "La viga con sección I o de H está diseñada para resistir la curvatura en una dirección, pero si es necesario que resista en todas direcciones (como sucede en un pilar alto) es obvio que lo mejor será una estructura tubular o cilíndrica, ya que está claro que un pilar tubular hueco no es sino una viga I convertida en un 'sólido de revolución', de manera que en dos puntos opuestos cualesquiera la compresión y la tracción se resisten por igual, y no es necesaria ninguna sustancia que haga las veces de travesaño o que llene los huecos del tubo". Thompson, *Sobre el crecimiento*, 219.

12 La diferencia entre los ladrillos de que habla Mies y estos bloques de la casa Adler estriba en que, para Kahn, la yuxtaposición de bloques se realiza con una manipulación espacial más sofisticada: estos bloques son piedras huecas que albergan funciones, pero además de estos vacíos interiores existen otros entre los bloques que se convierten, con naturalidad, en espacios para la extensión vital de la vivienda". Juárez, *Universo imaginario*, 146 y 147.

13 "Le Ricolais puso en el centro de su investigación el estudio interno de las estructuras, lo que él denominó 'la estructura de las estructuras', como área creativa basada en un saber topológico y mecánico, de raíz biológica, al margen de la experiencia reticular y sus métodos verificativos, unidimensionales y bidimensionales". Ábalos y Herreros, *Técnica y arquitectura*, 52.

14 "El universo numérico, geométrico y biológico de Anne Tyng no es el único foco referencial que podemos rastrear en la obra y en el pensamiento de Louis I. Kahn. Las ideas del ingeniero francés Robert Le Ricolais nos abren otro campo más abstracto, topológico y experimental que tendrá una influencia inmensa en el pensamiento de Louis I Kahn". Juárez, *Universo imaginario*, 33.

15 "Así llegamos a una conclusión aparentemente paradójica, que el arte de la estructura es cómo y dónde colocar los huecos. Es un buen concepto para construir, construir con huecos, utilizar elementos huecos, cosas que no tienen peso, que tienen fuerza pero no peso". Le Ricolais, *Visiones y paradojas*, 43.

Si la mayor inercia se logra alejando el material del centro geométrico de la sección de una columna, es evidente que una columna hueca¹¹ es más eficiente que una maciza; pero surgen dos inconvenientes: las columnas se convierten en algo destacado que no se puede esconder y aparece espacio en su interior que podría convertirse en espacio habitable. Algo similar ocurre al buscar mayor eficiencia estructural en una viga, alejar el material de su eje incrementa la capacidad portante. De ahí que, en general, es mayor la capacidad de carga de una viga hueca. Pero, y ¿qué hacer con el vacío en el interior de los elementos estructurales?

Habitar la estructura

Una manera particular de relación entre espacio y estructura es la propuesta por el arquitecto Louis I. Kahn, quien exploró en sus proyectos las consecuencias de crear espacio en el interior de los elementos estructurales y denominó este procedimiento *habitar las piedras*.¹²

El ingeniero francés Robert Le Ricolais, a partir del estudio de la estructura de los seres vivos, llegó a comprender y explicar las estructuras de manera diferente a como lo han hecho otros ingenieros. Su investigación se focalizó en lo que él denominó estructura de las estructuras. Analizar la composición interna de los huesos (los elementos que conforman la estructura portante de los vertebrados) le permitió ver la estructura como algo a su vez compuesto por otras estructuras, todas ellas tridimensionales.¹³ Su experimentación se basó, más que en aspectos cuantitativos, en la relación entre elementos desde un punto de vista eminentemente topológico. Es notoria la similitud entre sus ideas y las de Kahn¹⁴ cuando propone en su arquitectura espacios delimitados por otros espacios que, a su vez, son estructura portante.¹⁵

Para Juan Antonio Cortés, Louis Kahn modificó el concepto de planta libre al inventar la estructura hueca y transformar la relación entre la estructura y el cerramiento.¹⁶ Dicen Ábalos y Herreros, cuando se refieren a Louis Kahn: "El 'ideal Dominó' habrá derivado en una concepción tridimensional de los elementos secundarios de la estructura ya no entendidos como 'planchas que separan' sino como 'oquedades que contienen y conectan'".¹⁷ El sistema portante así entendido cambia de manera destacada su relación con el espacio, la función portante ya no se ha independizado, exaltado, ocultado, disfrazado o relegado. Estructura portante y delimitación espacial se relacionan de manera directa y sin ningún tipo de eufemismo. Se trata pues de habitar la estructura.

Kahn fue mucho más allá de la simple búsqueda de eficiencia estructural o de la modificación de la retícula y propuso dos tipos de espacio a los que llamó: *principales* y *subordinados*¹⁸ o *servidores* y *servidos*.

La comprensión del concepto de Kahn de *espacios servidores* y *servidos*, relacionada con el sistema portante de tal manera que los pri-

meros se encuentran en el interior de la estructura; mientras que los segundos se delimitan por elementos soportados por esta, implica al menos dos tipos diferenciados de espacios arquitectónicos dentro de un edificio. La diferencia entre ellos tiene que ver con las restricciones que impone la estructura a la libertad de desplazamiento del cuerpo dentro de la arquitectura.¹⁹

En varios de los proyectos de Kahn los elementos estructurales o de cerramiento son huecos y sus espacios interiores son empleados de diversas maneras: permiten el paso de instalaciones eléctricas o mecánicas, sirven como circulación interior, albergan servicios como baños o depósitos o contienen los sistemas de circulación vertical como ascensores o escaleras.

Elementos verticales huecos de las estructuras se han habitado. En el proyecto para Centro de la Comunidad Judía de Treton, específicamente en sus baños, las columnas portantes se emplean como espacios dentro de los cuales se alojan los servicios (fig. 1).²⁰ En las torres de investigación médica de la Universidad de Pensilvania las columnas huecas albergan servicios y escaleras, algo similar ocurre en la Biblioteca de la Academia Exeter.

El espacio interior de elementos estructurales horizontales también se utiliza. Los vacíos entre los tetraedros en concreto de los entrepisos de la galería de arte de la Universidad de Yale se emplean para el paso de instalaciones. El cielorraso plegado en concreto del teatro de artes de Fort Wayne, Indiana, además de cumplir una función acústica, contiene espacio interior transitable. La cubierta del Centro de Arte Británico de Yale, en New Haven, constituida por pirámides truncadas, contiene servicios mecánicos.

En el Instituto Salk de Estudios Biológicos de La Jolla, California se puede notar una evolución en la estrategia: no solamente se habita la estructura tanto en sus elementos verticales como en los horizontales, sino que incluso el cerramiento llega a convertirse en espacio habitable (figs. 2 y 3).

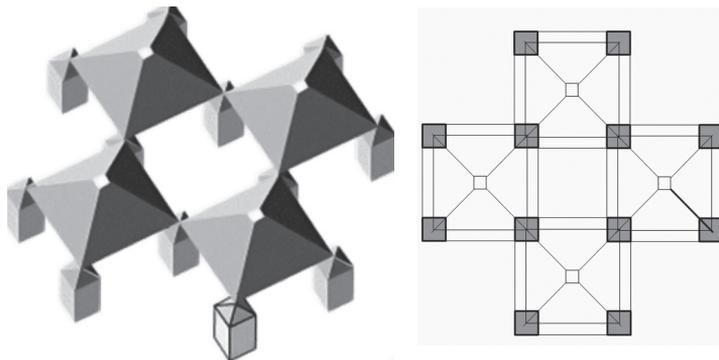


Figura 1. Baños de Treton. Las columnas huecas contienen los servicios. Fuente: elaboración propia

16 "Kahn atacó la arquitectura de planta libre en su elemento más aparentemente irreductible, la estructura reticular, y lo hizo en un sentido aparentemente opuesto al de Mies; no tratando de hacerla desaparecer del espacio diáfano, sino haciendo que el espacio penetrara en su interior, inventando la estructura hueca, la estructura que contiene espacio". Cortés, *Nueva consistencia*, 23.

17 Ábalos y Herreros, *Técnica y arquitectura*, 228.

18 "La casa de baños de Trenton se basa en un concepto de orden espacial en el que las columnas huecas sobre las que se apoyan los techos piramidales diferencian los espacios principales de los subordinados". Kahn, *Forma y diseño*, 55.

19 "En los tiempos del gótico, los arquitectos construían con piedras macizas. Nosotros ahora podemos construir con piedras huecas. Los espacios definidos por los elementos de una estructura son tan importantes como los propios elementos. En cuanto a su escala, estos espacios abarcan desde los alvéolos de un panel de aislamiento, o los conductos para que pasen las instalaciones de ventilación, iluminación y calefacción, hasta espacios suficientemente grandes como para caminar por ellos o vivir dentro". Kahn, *Un plan para el centro de Filadelfia*, citado en Latour, *Louis I. Kahn*, 50.

20 *These hollow columns were a major development for Kahn, in that they combined and gave form to two important concepts: first, that modern architects build with 'hollow stones', as he said earlier; and second, that architectural space consist of spaces that serve, the 'servant' spaces". McCarter, Louis I. Kahn*, 91.

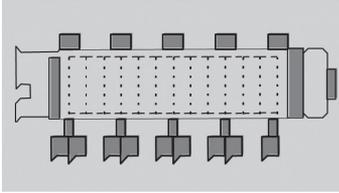


Figura 2. Instituto Salk. Espacio habitado dentro de la estructura. Fuente: Camilo Villate (fotografía) y autora (dibujo)

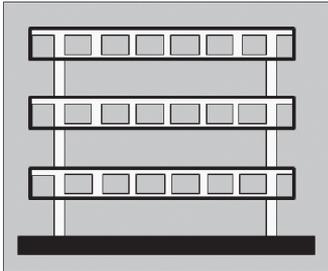


Figura 3. Instituto Salk. Dos tipos de espacio, dentro de las vigas y en los pisos libres. Fuente: Camilo Villate (fotografía) y autora (dibujo)

La estrategia proyectual de habitar la estructura no es nueva; está presente desde hace mucho en la arquitectura. Lo nuevo es su uso como resultado de una búsqueda espacial consciente. En la arquitectura del gótico, por ejemplo, el espacio residual dentro de los muros, entre el tejado y las bóvedas interiores, o en las torres, se empleaba también como espacio habitable.

Le Corbusier, en la Unidad de Habitación de Marsella, empleó por primera vez el espacio en los apoyos de la estructura. Esta estrategia de aprovechar el espacio dentro de la estructura la utilizó posteriormente en otros proyectos, especialmente de su último periodo.

En la actualidad, varios arquitectos exploran diferentes estrategias que coinciden con lo propuesto por Kahn y Le Ricolais. Rem Koolhaas,²¹ del grupo de la *Office for Metropolitan Architecture* (OMA), en colaboración con el ingeniero Cecil Balmond, propone el *contendor*, que da un nuevo sentido a la fachada de los edificios y la convierte en un elemento estructural al incrementar su espesor, pues se vuelve un elemento hueco que aísla el edificio del exterior y ello ahorra recursos energéticos. El empleo de vigas Vierendeel, tipo puente, permite vencer grandes luces que de otro modo necesitarían muchos apoyos intermedios.

21 "The section is no longer simply divided by the discreet demarcations of individual floors; it has become a sandwich, a kind of conceptual zebra; free zones for human occupancy alternate with inaccessible bands of concrete, wiring, and ducts". Koolhaas y Mau, *S, M, L, XL*, 663 y 664.

Arquitectos como Toyo Ito, Steven Holl, Rem Koolhaas, Jacques Herzog y Pierre De Meuron exploran nuevas maneras de relación entre el espacio y el sistema portante en la arquitectura hoy en día. Los resultados de estas experimentaciones pueden servir como ejemplo de nuevas maneras de proceder en las cuales la estructura portante no constituye una restricción para el espacio sino, por el contrario, enriquece las posibilidades de este. 

Bibliografía

Ábalos, Iñaki y Juan Herreros. *Técnica y arquitectura en la ciudad contemporánea*. Madrid: Nerea, 1992.

Balmond, Cecil. *Informal*. Munich: Prestel, 2002.

Cortés, Juan Antonio. *La nueva consistencia, estrategias formales y materiales en la arquitectura de la última década del siglo XX*. Valladolid: Universidad de Valladolid, 2003.

Giedion, Sigfrido. *Building in France Building in Iron / Building in Ferroconcrete*. Oxford: The Getty Center for the History of Art and the Humanities, 1995.

Iñiguez, Manuel. *La columna y el muro: fragmentos de un diálogo*. Barcelona: Fundación Caja de Arquitectos, 2001.

Juárez, Antonio. *El universo imaginario de Louis I. Kahn*. Barcelona: Fundación Caja de Arquitectos, 2006.

Kahn, Louis. *Forma y diseño*. Buenos Aires: Nueva Visión, 1984.

Koolhaas, Rem y Bruce Mau. *S, M, L, XL*. New York: The Monacelli Press, 1995.

Latour, Alessandra. *Louis I. Kahn: escritos conferencias y entrevistas*. Madrid: El Croquis, 2003.

Le Ricolais, Robert. *Visiones y paradojas*. Madrid: Gustavo Gili, 1997.

Marti Aris, Carlos. *Las variaciones de la identidad, ensayo sobre el tipo en arquitectura*. Barcelona: Serbal, 1993.

McCarter, Robert. *Louis I. Kahn*. New York: Phaidon Press Limited, 2009.

Paricio, Ignacio. *La construcción de la arquitectura*, tomo 3: *La composición, la estructura*. Cataluña: Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya, 1995.

Thompson, D'Arcy Wentworth. *Sobre el crecimiento y la forma*. Madrid: Blume, 1980.

Van de Ven, Cornelis. *El espacio en la arquitectura*. Madrid: Cátedra, 1981.

Zalewski, Waclaw y Edward Allen. *Shaping Structures Statics*. Philadelphia: John Wiley and Sons, 1997.