



DESECHOS



INNOVACIÓN



ENERGÍA



AGUA



SALUD Y BIENESTAR

ARQUITECTURA ECOLÓGICA

UN MANUAL ILUSTRADO

FRANCIS D. K. CHING
IAN M. SHAPIRO



TRANSPORTE



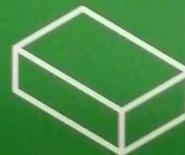
USO DEL SUELO
Y ECOLOGÍA



CONTAMINACIÓN



GESTIÓN



MATERIALES

**ARQUITECTURA
ECOLÓGICA**
UN MANUAL ILUSTRADO

ARQUITECTURA
ARQUITECTURA
ECOLÓGICA
UN MANUAL ILUSTRADO

Editorial Gustavo Gili, SL

Via Laietana 47, 2º, 08003 Barcelona, España. Tel. (+34) 93 322 81 61

Valle de Bravo 21, 53050 Naucalpan, México. Tel. (+52) 55 55 60 60 11

**ARQUITECTURA
ECOLÓGICA**
UN MANUAL ILUSTRADO

**FRANCIS D. K. CHING
IAN M. SHAPIRO**

Título original: *Green Building Illustrated*, publicado por John Wiley & Sons, Inc., Hoboken (Nueva Jersey), 2014.

Versión castellana: Carlos Jiménez Romera

Diseño de la cubierta: RafamateoStudio

1ª edición, 2ª tirada, 2018

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

La Editorial no se pronuncia ni expresa ni implícitamente respecto a la exactitud de la información contenida en este libro, razón por la cual no puede asumir ningún tipo de responsabilidad en caso de error u omisión.

© de la traducción: Carlos Jiménez Romera

© John Wiley & Sons, Inc., Hoboken (Nueva Jersey), 2014

Todos los derechos reservados. Traducción en lengua castellana según acuerdo con John Wiley & Sons, Inc. Hoboken (Nueva Jersey).

y para esta edición:

© Editorial Gustavo Gili, SL, Barcelona, 2015

Printed in Spain

ISBN: 978-84-252-2743-1

Depósito legal: B. 17.245-2015

Impresión: Gráficas 92, SL, Rubí (Barcelona)

Índice

Prólogovii
1	Introducción1
2	Principios básicos13
3	Normas, estándares y guías25
4	Contexto y emplazamiento35
5	Forma construida57
6	Elementos externos al edificio73
7	Envolvente exterior83
8	Espacios sin acondicionar113
9	Envolvente interior125
10	Zonificación y compartimentación térmica137
11	Iluminación y otras instalaciones eléctricas145
12	Agua caliente y fría159
13	Calidad del ambiente interior167
14	Climatización187
15	Energías renovables205
16	Materiales211
17	Ejecución y presupuesto227
18	La calidad del proyecto y la arquitectura ecológicos233
19	Conclusiones253
	Sistema de evaluación LEED259
	Glosario261
	Bibliografía265
	Índice269

Nota

En este libro se utilizan las referencias a los puntos cardinales consideradas desde el hemisferio norte. Invitamos a los lectores del hemisferio sur a que establezcan las respectivas correspondencias.

Índice

1	Introducción
2	Principios básicos
3	Historia, evolución y usos
4	Contexto y organización
5	Forma constructiva
6	Elementos externos del edificio
7	Elementos interiores
8	Espacios de acondicionamiento
9	Condiciones climáticas
10	Condiciones y comportamiento térmico
11	Condiciones y otros parámetros climáticos
12	Aire caliente y frío
13	Calidad del ambiente interior
14	Calentamiento
15	Energías renovables
16	Integridad
17	Flexibilidad y adaptabilidad
18	La calidad del proyecto y la arquitectura sostenible
19	Conclusiones
20	Formas de contacto IIB
21	Índice
22	Bibliografía
23	Índice

Prólogo

La arquitectura ecológica es un campo relativamente nuevo, cuyo objetivo es reducir sustancialmente el impacto medioambiental de los edificios, sin que dejen de proporcionar un entorno saludable a sus ocupantes. Este libro pretende introducir el tema de la arquitectura sostenible y explorar una serie de conceptos fundamentales del proyecto y de la construcción sostenibles, con el objetivo de que sirva de manual tanto para los estudiantes como para los profesionales de la arquitectura.

Proyectar y construir edificios consiste en llevar a cabo una serie de elecciones al empezar el proyecto, en evaluar las distintas opciones durante el proceso del mismo, en asumir ciertas decisiones junto al cliente, y en trasladar dichas elecciones a los dibujos o ejecutarlas en la fase de construcción. Por ello, en este libro hemos intentado plasmar una amplia diversidad de alternativas para abordar el proyecto y la construcción de edificios ecológicos.

El libro comienza explorando los objetivos de la arquitectura ecológica y definiendo en qué consiste un edificio ecológico, teniendo siempre en cuenta que el objetivo en este caso es reducir las emisiones de gases de efecto invernadero que conlleva la construcción y mitigar los impactos cada vez mayores del cambio climático. También aporta diferentes normativas, estándares y guías que definen con más detalle los requisitos asociados a la arquitectura ecológica.

En él se realiza una exploración metódica del proyecto ecológico, desde un enfoque estructurado "de fuera adentro": del emplazamiento y su entorno, pasando por las diversas envolventes del edificio, para acabar con el análisis de los aspectos medioambientales de la iluminación o los sistemas de calefacción y refrigeración. En este recorrido se exploran distintos temas transversales, como el ahorro de agua o materiales, la calidad medioambiental interior o el uso de energías renovables.

Los temas relacionados con la energía se han planteado desde la diversidad de principios físicos cuya combinación recibe cada vez con más frecuencia la denominación de "ciencia de la construcción". Por ejemplo, los principios básicos de transferencia de calor se aplican al cálculo y a la reducción de las pérdidas térmicas. Los aspectos de la iluminación se exploran en relación con el consumo energético y la interacción con las personas y la ergonomía. Los principios de la dinámica de fluidos sirven como base para tratar fenómenos como el efecto chimenea en los edificios. Los principios de la termodinámica se aplican a la generación y a la distribución eficiente de calor o frío dentro del edificio y a la aplicación de recursos eficaces asociados a la temperatura, con el fin de reducir el consumo de energía.

Tanto las ilustraciones, que explican con detalle todos estos principios, como el texto conforman un manual para el proyecto y la construcción de edificios ecológicos. Presenta también una serie de buenas prácticas lo suficientemente flexibles como para que los arquitectos puedan encajar los principios de la arquitectura ecológica en sus encargos. Las ilustraciones también intentan transmitir este carácter integral y plasmar la amplia gama de opciones posibles para desarrollar una arquitectura ecológica.

Por último, el tema del control de calidad se aprovecha para explorar cómo el proyecto y la construcción pueden lograr de manera efectiva los objetivos de la arquitectura ecológica.

Recomendamos al lector que considere los distintos métodos tratados en este libro como herramientas para el desarrollo de sus proyectos. No es imprescindible que un edificio incorpore todos los temas que aquí se tratan para que pueda ser considerado ecológico. En todo caso, el libro plantea los aspectos generales, ya que es difícil cubrir todos los enfoques, métodos y productos que están surgiendo en la actualidad para mejorar los aspectos ecológicos de los edificios. Por el contrario, el foco del libro se centra en las herramientas y en las estrategias generales que sirven de fundamento al proyecto y a la construcción de edificios ecológicos de altas prestaciones.

Agradecimientos

En primer lugar, agradecer a Florence Baveye los esquemas de investigación y conceptualización, y a Marina Itaborai Servino las tareas de comprobación y cálculo. Zac Hess y Daniel Clark hicieron una segunda revisión de estos cálculos.

Un agradecimiento especial a Roger Beck por animarme a escribir este texto hace cuarenta años y por revisar el manuscrito cuarenta años después. También agradezco las revisiones realizadas por Mona Azarbayjani, de la University of North Carolina en Charlotte, y Jonathan Angier, funcionario del Departamento de Aguas de la Agencia de Protección Medioambiental (EPA) de Estados Unidos. Otras personas que han revisado el manuscrito y aportado comentarios de valor incalculable han sido mi esposa Dalya Tamir, mi hija Shoshana Shapiro, Susan Galbraith, Deirdre Waywell, Theresa Ryan, Jan Schwartzberg, Daniel Rosen, Shira Nayman, Ben Myers, Bridget Meeds y Courtney Royal. Gracias también a Lou Vogel y Nate Goodell por la información sobre licitaciones, a Javier Rosa y Yossi Bronsnick por su ayuda en materia de estructuras, y a Umit Sirt por su asesoría en modelos. Gracias a Nicole Ceci por los análisis energéticos iniciales. Gracias a todos mis colegas de Taitem Engineering por las investigaciones, las observaciones y los debates que subyacen en gran parte de lo que se dice en este libro. Gracias a Sue Schwartz por permitirme usar su apartamento en el lago Cayuga para escribir el manuscrito. Gracias a Paul Drougas de la editorial Wiley por sus interesantes comentarios editoriales. Gracias a mi familia —Dalya, Shoshana, Tamar y Noa— por su apoyo a lo largo de todo el proceso. Gracias a mi madre, Elsa Shapiro, por ser una fuente cotidiana de sabiduría imprescindible para sacar adelante el trabajo. Y, por último, el mayor agradecimiento de todos al coautor de este libro, Francis D. K. Ching, cuyo trabajo es un gran regalo para el mundo. Mi colega Theresa Ryan lo expresa de un modo mejor: "Nos gustaría vivir en los dibujos de Ching". Las ilustraciones, guías, esquemas de Francis D. K. Ching, así como su colaboración en el diseño editorial, han hecho posible este libro.

Ian M. Shapiro

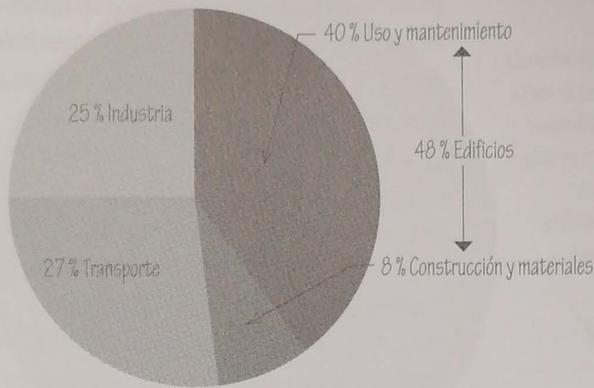
1

Introducción

En unos pocos años, las disciplinas del urbanismo, la arquitectura y la construcción se han visto agitados por el debate de la sostenibilidad y de la arquitectura sostenible. Tanto a la hora de proyectar como a la de construir han tenido que aprender a incorporar nuevos objetivos y estándares e, incluso, un nuevo lenguaje. Para muchos profesionales, la incorporación y el aprendizaje de los medios y los significados de este nuevo lenguaje han supuesto un enriquecimiento de sus capacidades y conocimientos. Otros, sin embargo, siguen desorientados, preguntándose de dónde viene todo esto y cómo ha llegado a ocupar un lugar tan importante en la práctica de la profesión.

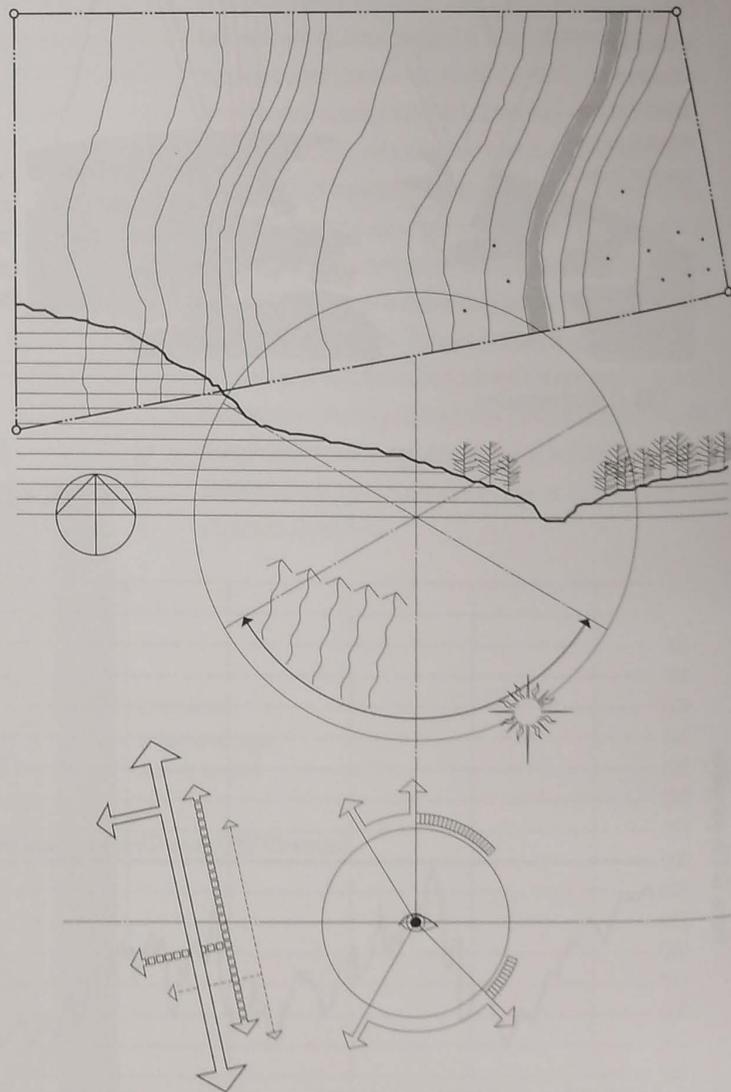
La sostenibilidad se funda en la promesa de durabilidad: edificios con una larga vida útil, formas renovables de energía y comunidades estables. La arquitectura ecológica es una forma de convertir en realidad estas promesas.

En paralelo a las promesas de la sostenibilidad, incluso exigiendo su cumplimiento, tenemos el recordatorio permanente por parte de los científicos sobre los riesgos medioambientales que, por otra parte, nuestras propias observaciones no cesan de confirmar. En todo caso, si dejamos de ignorar dichas amenazas y empezamos a enfrentarnos a ellas en un trabajo colectivo y desarrollando estrategias para superarlas, descubrimos un potencial de actuación enorme. En última instancia, esta puede ser la principal promesa de la sostenibilidad: el valor para afrontar los desafíos medioambientales y para encontrar formas de superarlos.



1.05 Consumo energético por sector. Se ha identificado el consumo asociado a la construcción como uno de los mayores causantes de la emisión de gases de efecto invernadero, principalmente CO₂. (Fuente: Sistema de Información Energética de Estados Unidos).

Datos del Sistema de Información Energética de Estados Unidos indican que la construcción es responsable de casi la mitad de las emisiones totales anuales de gases de efecto invernadero del país; en el ámbito global el porcentaje puede ser incluso superior. Lo más relevante en cualquier discusión en torno al proyecto sostenible es que la mayoría de estos consumos energéticos no pueden atribuirse a los materiales o al proceso de construcción, sino al propio uso y mantenimiento de los edificios, como la calefacción, la climatización o la iluminación. Esto implica que, para reducir el consumo energético y las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por el uso y el mantenimiento del edificio a lo largo de su vida útil, es preciso proyectarlo adecuadamente, teniendo en cuenta su localización y su uso para incorporar estrategias de calefacción, climatización, ventilación e iluminación eficientes.

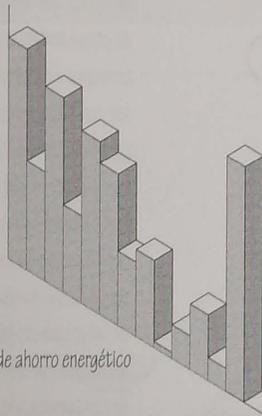


1.06 Los edificios adecuadamente ubicados y proyectados en función de la eficiencia energética también pueden reducir las emisiones de carbono en otros sectores, por ejemplo, disminuyendo la energía necesaria para fabricar y transportar los materiales de construcción o para que los usuarios accedan al mismo. Además, los beneficios potenciales de reducción en el futuro del consumo energético pueden entenderse como una compensación al incremento de la inversión inicial que requiere reducir las emisiones de carbono.

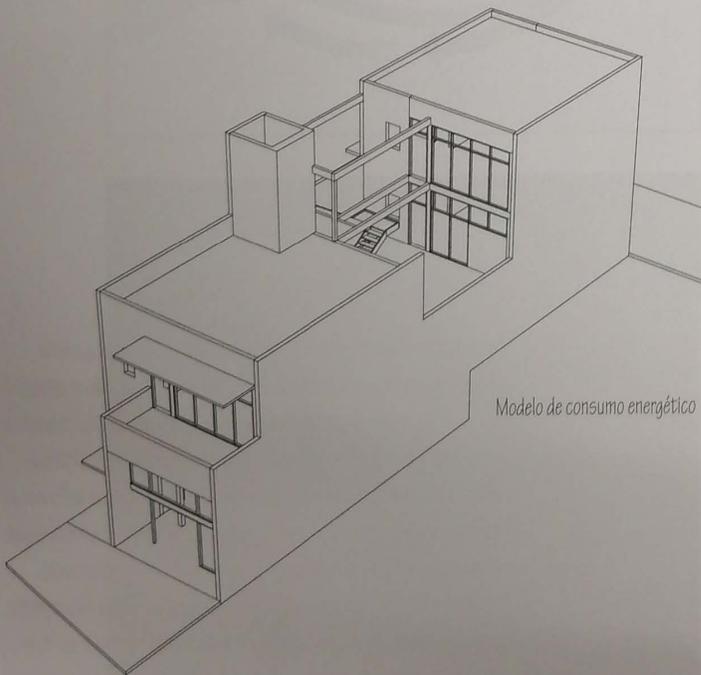




Termografía de infrarrojos



Objetivos de ahorro energético



Modelo de consumo energético

Nuevos datos, nuevos riesgos, nuevas oportunidades

A medida que, durante las últimas décadas, han ido conociéndose datos sobre el cambio climático y otros riesgos medioambientales, la investigación, tanto formal como informal, en el campo de la arquitectura ha ido ofreciendo avances sobre cómo funcionan los edificios, qué fallos pueden tener desde un punto de vista medioambiental y, lo más importante, cómo puede evitarse que se produzcan tales problemas. Las múltiples crisis medioambientales y las demandas convergentes que han planteado, así como los datos relativamente nuevos acerca del rendimiento ecológico de los edificios y las posibilidades de proyecto sostenible, ofrecen oportunidades para enfocar el proyecto arquitectónico desde nuevos ángulos. El campo de la arquitectura ecológica es joven y ofrece infinitas posibilidades. Plantea nuevas formas para proyectar y construir mejorando la eficiencia energética y el ahorro de recursos, reduciendo el uso de materiales tóxicos y mejorando también los costes financieros.

En cualquier caso, existen numerosos riesgos y obstáculos a los que hay que enfrentarse en el desarrollo de una arquitectura y una construcción ecológicas. Resulta tentador dejarse llevar por los nuevos productos o enfoques que presumen de ser ecológicos pero que, en la práctica, resultan tan poco eficaces o tan costosos que acaban limitando las inversiones en otras mejoras más razonables. Nuestro desafío consiste en utilizar el sentido común y rechazar los enfoques más anecdóticos, espectaculares o ineficaces, sin dejar de estar abiertos a cualquier idea o herramienta potencialmente válida. Hay una necesidad urgente tanto de análisis crítico de cualquier idea nueva como de flexibilidad para adaptarse a un cambio que se está produciendo de un modo muy acelerado.

El proyecto de edificios ecológicos no puede enfocarse exclusivamente añadiendo nuevos elementos a los edificios para hacerlos más ecológicos. Si bien aumentar el aislamiento térmico mejorará, sin duda, su eficiencia energética, y añadir paneles fotovoltaicos reducirá la dependencia de fuentes no renovables de energía, puede ganarse mucho más a través de un proyecto razonable que no sea simplemente aditivo, sino más integrado y orgánico. Por ejemplo, pueden utilizarse superficies más reflectantes en los acabados interiores para reducir la necesidad de iluminación artificial sin que afecte a los niveles de iluminación. Podrían utilizarse formas arquitectónicas más compactas que reduzcan la superficie de contacto con el exterior, obteniendo menores consumos energéticos para la misma superficie construida que en el caso de edificios con formas más complejas.

Teniendo en cuenta la naturaleza estética del proyecto, también podemos preguntarnos qué efectos puede tener el proyecto ecológico en la belleza del entorno construido. Afortunadamente, no es necesario sacrificar la belleza por la ecología. Los edificios ecológicos pueden desafiar las nociones convencionales de belleza, pero también son una oportunidad para reevaluar dichas nociones, reexaminar cómo definimos la belleza de los edificios y explorar la belleza de nuevas formas arquitectónicas.

1.07 Cada año surgen nuevos enfoques, herramientas y productos que ofrecen vías para reducir el consumo de energía y de materiales en los edificios.