

**entender
la arquitectura**
sus elementos,
historia y
significado

Leland M. Roth

prólogo de Josep Maria Montaner

GG

Editorial Gustavo Gili, SL

Rosselló 87-89, 08029 Barcelona, España. Tel. (+34) 93 322 81 61

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

Entender la arquitectura

Sus elementos, historia y significado

Leland M. Roth

GG[®]

Título original

UNDERSTANDING ARCHITECTURE

Its Elements, History, and Meaning

Versión castellana de Carlos Sáenz de Valicourt, arq.

Diseño de la cubierta de Eulàlia Coma Spc

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 la editorial si necesita reproducir 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.

© Leland M. Roth, 1993

Publicado de acuerdo con Harper-Collins Publishers, Inc.
y para la edición castellana:

© Editorial Gustavo Gili, SL, Barcelona, 1999

ISBN: 978-84-252-2580-2 (digital PDF)

www.ggili.com

*A Carol,
por su colaboración*

Contenido

<i>Lista de mapas</i>	XII
<i>Lista de ilustraciones</i>	XIII
<i>Prólogo a la edición española por Josep Maria Montaner</i>	XXIX
<i>Prefacio</i>	XXXI
Introducción: La arquitectura, el arte inevitable	1
PRIMERA PARTE: LOS ELEMENTOS DE LA ARQUITECTURA	6
1 “Utilidad”: ¿cómo funciona un edificio?	8
2 “Solidez”: ¿cómo se sostiene un edificio?	18
<i>La columna y el dintel</i>	22
<i>Entramados</i>	27
<i>Arcos</i>	27
<i>Bóvedas</i>	29
<i>Armaduras de cubierta</i>	34
<i>Mallas espaciales y cúpulas geodésicas</i>	37
<i>Láminas</i>	37
<i>Estructuras suspendidas</i>	40
<i>Membranas (carpas) y estructuras neumáticas</i>	42
<i>Tecnología y riesgo</i>	43
<i>La estructura como expresión cultural</i>	45
3 “Deleite”: el espacio en la arquitectura	46
4 “Deleite”: ver la arquitectura	58
<i>Percepción visual</i>	59
<i>Proporción</i>	64
<i>Escala</i>	68
<i>Ritmo</i>	69
<i>Textura</i>	73
<i>Luz y color</i>	77
<i>Fealdad</i>	82
<i>Ornamento</i>	83
5 “Deleite”: acústica arquitectónica, forma y sonido	94
6 El arquitecto: del sumo sacerdote al profesional	108
7 La arquitectura como parte del entorno	126
8 Arquitectura, memoria y economía	140

SEGUNDA PARTE: LA HISTORIA Y EL SIGNIFICADO DE LA ARQUITECTURA	144
Gráfico cronológico	144
9 La invención de la arquitectura: de las cavernas a las ciudades	146
<i>Terra Amata (Niza, Francia)</i>	148
<i>Cultura Neanderthal</i>	149
<i>Las moradas del Homo sapiens</i>	151
<i>Moradas neolíticas</i>	154
<i>Stonehenge</i>	158
<i>Skara Brae</i>	160
<i>Las primeras ciudades</i>	160
<i>Çatal Hüyük</i>	160
<i>Ciudades mesopotámicas</i>	163
<i>Inventando la arquitectura y la ciudad</i>	164
10 Arquitectura egipcia	166
<i>El paisaje de Egipto</i>	167
<i>La cultura de Egipto</i>	170
<i>Historia de Egipto</i>	172
<i>La pirámide escalonada de Zoser en Saqqara</i>	174
<i>Las pirámides de Gizeh</i>	176
<i>Poblados y casas egipcias</i>	182
<i>La tumba de Hatsepsut en Deir el-Bahari</i>	183
<i>El templo de Amón en Karnak</i>	185
<i>Arquitectura egipcia tardía</i>	190
<i>Una arquitectura de la permanencia</i>	190
11 Arquitectura griega	192
<i>La geografía de Grecia</i>	193
<i>La Grecia minoica y micénica</i>	195
<i>El carácter griego</i>	198
<i>La 'polis' griega</i>	201
<i>Urbanismo griego</i>	202
<i>Arquitectura doméstica</i>	204
<i>Edificios públicos</i>	205
<i>El templo griego</i>	207
<i>Arquitectura helenística</i>	221
<i>Una arquitectura de la excelencia</i>	222
12 Arquitectura romana	224
<i>Historia de Roma</i>	225
<i>El carácter romano</i>	228
<i>La religión de Roma y el templo romano</i>	229
<i>Urbanismo romano</i>	231
<i>El cierre y la manipulación del espacio</i>	235
<i>Arquitectura doméstica</i>	241
<i>Edificios públicos</i>	244
<i>Arquitectura romana barroca</i>	250
<i>Una arquitectura de la universalidad</i>	251
13 Arquitecturas paleocristiana y bizantina	254
<i>La transformación del Imperio Romano</i>	255
<i>Arquitectura paleocristiana</i>	258
<i>Iglesias de Constantino</i>	259
<i>El Imperio después de Constantino</i>	266

<i>Arquitectura bizantina</i>	269
<i>Iglesias justinianas</i>	269
<i>Iglesias tardobizantinas</i>	276
<i>Una arquitectura del Cielo</i>	280
14 Arquitectura medieval primitiva	282
<i>El renacimiento carolingio</i>	284
<i>La arquitectura doméstica y los castillos medievales</i>	286
<i>Monasterios medievales</i>	290
<i>San Martín de Canigó</i>	292
<i>Monasterio de Saint-Gall</i>	293
<i>Monasterio de Cluny</i>	294
<i>Iglesias románicas</i>	297
<i>Saint-Michael de Hildesheim</i>	297
<i>Santa María de Ripoll</i>	297
<i>Iglesias de peregrinación</i>	298
<i>Sainte-Foi, Conques</i>	299
<i>Saint-Sernin, Toulouse</i>	301
<i>Santiago de Compostela</i>	302
<i>Saint-Philibert, Tournus</i>	304
<i>Iglesias románicas en Italia</i>	305
<i>Catedral de Durham</i>	306
<i>Una arquitectura del refugio</i>	308
15 Arquitectura gótica	310
<i>Cambios políticos y sociales. El resurgir de la ciudad</i>	311
<i>Cambios religiosos. El escolasticismo</i>	313
<i>La catedral gótica</i>	314
<i>La iglesia abacial de Saint-Denis</i>	314
<i>Notre-Dame de Amiens</i>	318
<i>Saint-Pierre de Beauvais</i>	322
<i>Catedral de Salisbury</i>	325
<i>La Sainte-Chapelle, París</i>	326
<i>Arquitectura gótica en España</i>	327
<i>Iglesias con techumbre de madera</i>	329
<i>Arquitectura gótica tardía</i>	329
<i>Arquitectura doméstica y arquitectura pública</i>	334
<i>Una arquitectura de la aspiración</i>	337
16 Arquitectura del renacimiento y del manierismo	340
<i>Italia en el quattrocento</i>	342
<i>El mecenazgo renacentista</i>	342
<i>Humanismo</i>	343
<i>Vitruvio y la forma ideal</i>	345
<i>Brunelleschi y la ordenación racional del espacio</i>	348
<i>La forma ideal y la iglesia de planta central</i>	353
<i>Las iglesias de planta en cruz latina de Alberti</i>	354
<i>Bramante y la nueva iglesia de San Pedro de Roma</i>	358
<i>Arquitectura residencial. Los palacios de los príncipes mercaderes</i>	364
<i>Palazzo Medici, Florencia</i>	364
<i>Palazzo Rucellai, Florencia</i>	364
<i>Palazzo Farnese, Roma</i>	366
<i>Villas de Palladio</i>	366
<i>El manierismo. El renacimiento en transición</i>	369
<i>El Palazzo del Te</i>	373
<i>Los jardines tardorenacentistas</i>	375
<i>La expansión del renacimiento fuera de Italia</i>	378
<i>El renacimiento en España</i>	381
<i>Una arquitectura de los ideales humanistas</i>	385

X Contenido

17	Arquitectura barroca y rococó	388
	<i>Una arquitectura para los sentidos</i>	390
	<i>Iglesias barrocas romanas</i>	391
	<i>Una arquitectura del impacto emocional</i>	394
	<i>La planta central modificada</i>	397
	<i>Iglesias de Bernini</i>	397
	<i>Iglesias de Borromini</i>	399
	<i>Iglesias de Guarini</i>	404
	<i>La escala barroca</i>	405
	<i>La propagación del barroco fuera de Italia</i>	408
	<i>Barroco francés. Versalles</i>	408
	<i>Barroco inglés</i>	411
	<i>La escalera barroca</i>	418
	<i>Arquitectura barroca en España</i>	418
	<i>Arquitectura rococó. El fin del barroco</i>	422
	<i>El Amalienburg</i>	424
	<i>Vierzehnheiligen</i>	425
	<i>Una arquitectura del artificio</i>	428
18	Arquitectura en la era de la ilustración, 1720-1800	430
	<i>Reinventando una arquitectura racional</i>	433
	<i>Sainte-Geneviève, París</i>	437
	<i>"Arquitectura parlante"</i>	438
	<i>El museo del Prado</i>	442
	<i>El proyecto de la ciudad</i>	442
	<i>El jardín inglés</i>	443
	<i>El eclecticismo. La arquitectura de la elección</i>	448
	<i>Revolución y arquitectura</i>	451
	<i>Una arquitectura de la razón</i>	454
19	Arquitectura del siglo XIX	456
	<i>Neoclasicismo</i>	458
	<i>El resurgimiento del gótico</i>	462
	<i>El Parlamento inglés, Londres</i>	462
	<i>Saint Giles, Cheddle</i>	465
	<i>Eclecticismo creativo</i>	467
	<i>Neobarroco segundo imperio</i>	468
	<i>Neogótico victoriano</i>	471
	<i>La arquitectura de la industrialización</i>	473
	<i>El impacto de la industria</i>	473
	<i>Reacciones contra la máquina</i>	477
	<i>Industria y crecimiento urbano</i>	478
	<i>El urbanismo en España</i>	480
	<i>Eclecticismo racionalista. École des Beaux-Arts</i>	482
	<i>Una arquitectura de utilidad pragmática y expresión simbólica</i>	491
20	Arquitectura de principios del siglo XX: la perfección de la utilidad	500
	<i>Arquitectura: La voluntad de la época concebida desde el punto de vista del espacio</i>	507
	<i>Peter Behrens (1868-1940)</i>	507
	<i>Walter Gropius (1883-1969)</i>	508
	<i>Ludwig Mies van der Rohe (1886-1969)</i>	512
	<i>Le Corbusier (1887-1966)</i>	515
	<i>El primer racionalismo en España</i>	521
	<i>Una arquitectura de la función perfecta: ¿éxito o fracaso?</i>	522

21 Arquitectura de finales del siglo xx: una cuestión de significado	528
<i>Expresionismo alemán (1918-1930)</i>	529
<i>Neoexpresionismo (1955-1970)</i>	531
<i>Arquitectura de la ambivalencia</i>	544
<i>Neomodernismo</i>	547
<i>Posmodernismo</i>	548
<i>Arquitectura de finales de siglo xx en el mundo hispanoparlante</i>	560
<i>Una arquitectura de la sustancia</i>	564
Glosario	569
Índice	585

Lista de mapas

1.	<i>La Europa prehistórica</i>	150
2.	<i>El Antiguo Egipto</i>	169
3.	<i>La Antigua Grecia</i>	194
4.	<i>El Imperio Romano</i>	227
5.	<i>La Europa medieval antigua</i>	268
6.	<i>La Europa medieval románica y gótica</i>	284
7.	<i>La Italia del renacimiento</i>	359
8.	<i>La Europa del barroco</i>	391

Mapas de Greg Koester

Lista de ilustraciones

Introducción

1. *Nido del petirrojo suramericano constructor de castillos. De P. Goodfellow, Birds as Builders. xxxvi*
2. *Sección del caparazón de un nautilo. Fotografía: Leland Roth. 1*
3. *Cobertizo para guardar bicicletas, Departamento de Tráfico, Eugene (Oregón), 1984. Fotografía: Leland Roth. 2*
4. *Catedral de Lincoln, Lincoln (Inglaterra), 1192-1280. Fotografía: Edwin Smith, Londres. 3*
5. *Henry J. Goodwin, Big Donut Shop, Los Angeles, 1954. Fotografía: Leland Roth. 4*

PRIMERA PARTE: LOS ELEMENTOS DE LA ARQUITECTURA

6. *Stonehenge III, llanura de Salisbury (Inglaterra), ca. 2000-1500 a. de C. Fotografía: Marian Card Donnelly. 6*

1 “Utilidad”: ¿cómo funciona un edificio?

- 1.1. *Ludwig Mies van der Rohe, Crown Hall, Instituto Politécnico de Illinois (IIT), Chicago, 1952-1956. Colección de Leland Roth. 11*
- 1.2. *Adler & Sullivan, edificio de la Guaranty Trust, Buffalo, 1895. Fotografía: Chicago Architectural Photographing Company. 8*
- 1.3. *Mies van der Rohe, edificio de calderas, Instituto Tecnológico de Illinois (IIT), Chicago, 1940. Fotografía: Hedrich-Blessing, Chicago. 12*
- 1.4. *Mies van der Rohe, capilla, Instituto Tecnológico de Illinois (IIT), Chicago, 1949-1952. Fotografía: Hedrich-Blessing, Chicago. 13*
- 1.5. *Pietro Belluschi, iglesia luterana Sión, Portland (Oregón), 1950. Fotografía: ©Wayne Andrews; Esto Photographics, Mamaroneck (Nueva York). 14*
- 1.6. *Cass Gilbert, Capitolio del Estado de Minnesota, Saint Paul, 1895-1905. Fotografía: Leland Roth. 15*
- 1.7. *Diagrama de los componentes relativos de la función en diferentes tipos de edificio. Dibujo: Leland Roth. 15*
- 1.8. *Louis I. Kahn, Instituto Biológico Jonas Salk, La Jolla (California), 1959-1965. Fotografía: Leland Roth. 16*

2 “Solidez”: ¿cómo se sostiene un edificio?

- 2.1. *Columnas, templo de Poseidón, Paestum (Italia), ca. 550 a. de C. 18*
- 2.2. *Skidmore, Owings & Merrill (SOM), edificio de la Lever Brothers Company, Nueva York, 1951-1952. Fotografía: Leland Roth. 20*
- 2.3. *Paulsen and Gardner, Shapero Hall de la Facultad de Farmacia, Wayne State University (Detroit), 1965. Fotografía: archivos de la Wayne State University (Detroit). 21*
- 2.4. *Frank Furness, edificio de la Provident Life and Trust Company, Filadelfia, 1876-1879 (demolido ca. 1950). Fotografía: Penrose Collection, Historical Society of Pennsylvania. 21*
- 2.5. *Coro de la iglesia catedralicia de Saint-Pierre, Beauvais (Francia), 1225-1569. Fotografía: Bildarchiv Foto Marburg; Art Resource, Nueva York. 22*
- 2.6. *Diagrama del sistema estructural de columna y dintel. Dibujo: Leland Roth. 23*
- 2.7. *Templo del Valle, pirámide de Kefrén, Gizeh (Egipto), ca. 2570-2500 a. de C. Fotografía: Hirmer Verlag, Múnich. 23*
- 2.8. *Diagrama de un voladizo. Dibujo: Leland Roth. 23*
- 2.9. *Comparación de los cinco órdenes clásicos. Dibujo: Leland Roth. 24*

XIV Lista de ilustraciones

- 2.10. *Columna adosada y pilastra*. Dibujo: Leland Roth. 25
- 2.11. *Estructura de esqueleto de acero*. Fotografía: Hedrich-Blessing, Chicago. 26
- 2.12. *Estructura de entramado sin rigidez (balloon frame)*. Fotografía: Leland Roth. 26
- 2.13. *Diagrama de un sistema de arco*. Dibujo: Leland Roth. 27
- 2.14. *Diagrama de una arcada*. Dibujo: Leland Roth. 28
- 2.15. *Acueducto de Segovia (España), siglo I*. Grabado de Somonostro (1842) y vista en escorzo del tramo central del acueducto. 29
- 2.16. *Bóveda de cañón*. Dibujo: Leland Roth. 30
- 2.17. *Diagrama de una bóveda por arista*. Dibujo: Leland Roth. 30
- 2.18. *Basílica de Majencio, Roma, 307-312 d. de C.* Fotografía: Leland Roth. 30
- 2.19. *Giovanni Paolo Panini, Interior del Panteón, ca. 1750*. Colección de Samuel H. Kress, National Gallery of Art, Washington DC. Fotografía: National Gallery of Art, Washington, DC. 31
- 2.20. *Diagrama de una bóveda sobre pechinas*. Dibujo: Leland Roth. 32
- 2.21. *Santa Sofía, Estambul (Turquía), 532-537*. Interior. Fotografía: Marvin Trachtenberg. 33, 254
- 2.22. *Diagrama de una bóveda nervada*. Dibujo: Leland Roth. 34
- 2.23. *Robert de Luzarches, Notre-Dame de Amiens, Amiens (Francia), 1221-1269*. Fotografía: Leland Roth. 34
- 2.24. *Comparación de tipos de cercha*. Dibujo: Leland Roth. 35
- 2.25. *C. F. Murphy and Associates, McCormick Place, Chicago, 1970-1971*. Fotografía: cortesía de Murphy-Jahn. 36
- 2.26. *C. F. Murphy and Associates, pabellón conmemorativo R. Kemper Crosby, Kansas City (Misuri), 1975*. Fotografía: cortesía de Murphy-Jahn. 36
- 2.27. *R. Buckminster Fuller, pabellón de Estados Unidos, Exposición Universal de Montreal de 1967, Montreal (Quebec, Canadá) (destruido por un incendio en 1976)*. 37
- 2.28. *Félix Candela, restaurante, Xochimilco (México), 1958*. Fotografía: George Andrews, Architecture and Allied Arts Slide and Photo Library, Universidad de Oregón. 38
- 2.29. *Hipódromo de la Zarzuela, Madrid, 1935-1936*. C. Arniches Moltó y M. Domínguez Esteban, arquitectos, y E. Torroja Miret, ingeniero. 39
- 2.30. *Harrison & Abramovitz en colaboración con los ingenieros Ammann & Whitney, salón de actos de la Universidad de Illinois, Champaign, 1961-1962*. Fotografía: cortesía de la Universidad de Illinois. 39
- 2.31. *John Augustus Roebling, puente de Brooklyn, Nueva York, 1867-1883*. Fotografía: cortesía de la Long Island Historical Society. 41
- 2.32. *Eero Saarinen, terminal del aeropuerto internacional Foster Dulles, Washington DC, 1958-1962*. Fotografía: ©Wayne Andrews; Esto Photographics, Mamaroneck (Nueva York). 41
- 2.33. *Gunnar Birkerts, Federal Reserve Bank, Minneápolis (Minnesota), 1971-1973*. Dibujo: David Rabbitt. 42
- 2.34. *Rhone & Iredale en colaboración con los ingenieros Bogue & Babicki, edificio de la compañía Westcoast Transmission, Vancouver, Columbia Británica (Canadá), 1968-1969*. Fotografía: Jack Lindsay, Vancouver (Canadá). 43
- 2.35. *Frei Otto, pabellón de Alemania, Exposición Universal de Montreal de 1967, Montreal, (Quebec, Canadá)*. Fotografía: extraída de W. Hoffmann y U. Kutterman, Modern Architecture in Color. 44
- 2.36. *Yutaka Murata, pabellón Fuji, Exposición Universal de Osaka de 1970, Osaka (Japón)*. Fotografía: extraída de D. Sharp, A Visual History of Twentieth-Century Architecture; versión castellana: Historia en imágenes de la arquitectura del siglo xx, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1973. 44

3 “Deleite”: el espacio en la arquitectura

- 3.1. *Frank Lloyd Wright, casa de Lloyd Lewis, Libertyville (Illinois), 1939*. Plantas. Dibujo: Leland Roth. 48
- 3.2. *Casa de Lloyd Lewis. Vista de la sala de estar*. Fotografía: Hedrich-Blessing, Chicago. 48
- 3.3. *Casa de Lloyd Lewis. Vista de la sala de estar*. Fotografía: Hedrich-Blessing, Chicago. 49
- 3.4. *Casa de Lloyd Lewis. Vista del comedor*. Fotografía: Hedrich-Blessing, Chicago. 49
- 3.5. *Plaza de San Marcos, Venecia (Italia), 830-1640*. Fotografía: extraída de J. McAndrew, Venetian Architecture of the Early Renaissance. 50
- 3.6. *Frank Lloyd Wright, casa de Edgar Kaufmann (casa de la Cascada), cerca de Mill Run (Pensilvania), 1936-1938*. Planta. Dibujo: M. Burgess y Leland Roth. 51
- 3.7. *Pabellón Shokin-tei, villa imperial de Katsura, cerca de Kioto (Japón), 1645-1649*. 52
- 3.8. *Pabellón Shoi-ken (pabellón de los pensamientos sonrientes), villa imperial de Katsura, cerca de Kioto (Japón), 1645-1649*. 52
- 3.9. *Charles A. Platt, casa William F. Fahnestock, Katonah (Nueva York), 1909-1924 (demolida)*. Planta. Dibujo: Leland Roth. 52
- 3.10. *Catedral de Salisbury, Salisbury (Inglaterra), 1220-1266*. Nave central. 46, 53
- 3.11. *Cueva excavada en la roca, Karli (India), ca. 100 d. de C.* Planta y sección. Dibujo: Leland Roth, a partir del libro de Susan y John Huntington, The Art of Ancient India. 54
- 3.12. *Piazza della Signoria, Florencia (Italia), 1298-1310*. Dibujo: Leland Roth. 55
- 3.13. *Filippo Brunelleschi y otros, Piazza Annunziata, Florencia (Italia), empezada en 1419*. Dibujo: Leland Roth. 55
- 3.14. *Palomos posados sobre el caballete de un granero*. Fotografía: Leland Roth. 56

4 “Deleite”: ver la arquitectura

- 4.1. *Diagrama de siete puntos para ilustrar el concepto de proximidad. Dibujo: Leland Roth. 60*
- 4.2. *Hilera de puntos para ilustrar el concepto de repetición. Dibujo: Leland Roth. 60*
- 4.3. *Diagramas para ilustrar los conceptos de continuidad y cierre. Dibujo: Leland Roth. 60*
- 4.4. *Ilustración de la relación figura/fondo. Dibujo: Leland Roth. 61*
- 4.5. *Notre-Dame de Chartres, Chartres (Francia), 1194-1260. 58*
- 4.6. *Mies van der Rohe, edificio Federal Center, Chicago, 1959-1964. Fotografía: Hedrich-Blessing, Chicago. 62*
- 4.7. *Kallmann, McKinnel & Knowles, ayuntamiento de Boston, Boston, 1961-1968. Fotografía: ©Wayne Andrews; Esto Photographics, Mamaroneck (Nueva York), 63*
- 4.8. *Walter Gropius, Monumento a las Víctimas de Marzo, Weimar (Alemania), 1920. Fotografía: ©Wayne Andrews; Esto Photographics, Mamaroneck (Nueva York), 63*
- 4.9. *Rectángulo $\sqrt{2}$. Dibujo: Leland Roth. 64*
- 4.10. *Rectángulo $\sqrt{5}$. Dibujo: Leland Roth. 64*
- 4.11. *Diagrama para dividir un segmento de modo que sus partes guarden entre sí la relación áurea. Dibujo: Leland Roth. 65*
- 4.12. *Construcción de un rectángulo en relación áurea. 65*
- 4.13. *Espirales logarítmicas basadas en la relación áurea. Dibujo: Leland Roth. 66*
- 4.14. *Le Corbusier, diagrama del Modulor, 1947. 66*
- 4.15. *Le Corbusier, Unité d'Habitation, Marsella (Francia), 1946-1952. Fotografía: ©Wayne Andrews; Esto Photographics, Mamaroneck (Nueva York), 67*
- 4.16. *Miguel Ángel, basílica de San Pedro, Roma, 1549-1564. Fotografía: Leonard von Matt. 68*
- 4.17. *Skidmore, Owings & Merrill (SOM), biblioteca Beinecke de manuscritos raros, Universidad de Yale, New Haven (Connecticut), 1960-1963. Fotografía: cortesía de Skidmore, Owins & Merrill. 69*
- 4.18. *Giulio Romano, Palazzo del Te, Mantua (Italia), 1527-1534. Fotografía: Art Resource, Nueva York. 70*
- 4.19. *Mies van der Rohe, torres de viviendas de los números 860-880 de Lake Shore Drive, Chicago, 1948-1951. Detalle de ventanas y pilares estructurales. Dibujo: Leland Roth. 70*
- 4.20. *Le Corbusier, edificio del Secretariado, Chandigarh (India), 1951-1958. Fotografía: John E. Tomkins. 71*
- 4.21. *Alvar Aalto, edificio de dormitorios de estudiantes (Baker House), Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), Cambridge (Massachusetts), (1947-1948). Fotografía: colección de Leland Roth. 72*
- 4.22. *Paul Rudolph, Facultad de Bellas Artes y Arquitectura, Yale University, New Haven (Connecticut), 1958-1964. Fotografía: Ezra Stoller, ©ESTO. 73*
- 4.23. *Facultad de Bellas Artes y Arquitectura, Yale University. Diagrama de los encofrados para el hormigón. Dibujo: Leland Roth. 74*
- 4.24. *Frank Lloyd Wright, casa de Edgar Kaufmann (casa de la Cascada), cerca de Mill Run (Pensilvania), 1936-1938. Fotografía: Hedrich-Blessing, Chicago. 75*
- 4.25. *André Le Nôtre, palacio de Versalles, Versalles (Francia), 1661-ca. 1750. Fotografía: Marion Dean Ross. 76*
- 4.26. *Villa imperial de Katsura, cerca de Kioto (Japón), 1620-1658. Fotografía: Leland Roth. 77*
- 4.27. *Adolf Loos, casa Steiner, Viena, 1910. 84*
- 4.28. *Samuel y Joseph Newson, casa William M. Carson, Eureka (California), 1884-1885. Fotografía: ©Wayne Andrews; EstoPhotographics, Mamaroneck (Nueva York). 85*
- 4.29. *Notre-Dame de Amiens, Amiens (Francia), 1221-1269. Fotografía: Leland Roth. 86*
- 4.30. *Harrison & Abramovitz, Philharmonic Hall, Nueva York, 1960-1962. Fotografía: ©Lincoln Center for the Performing Arts, Nueva York, realizada por Norman McGrath. 87*
- 4.31. *Cyril M. Harris y Philip Johnson, Avery Fisher Hall (antes, Philharmonic Hall), Nueva York, 1971-1974 (1973, durante la renovación). Fotografía: ©Lincoln Center for the Performing Arts, Nueva York, realizada por Sam Spirito. 87*
- 4.32. *Notre-Dame de Reims, Reims (Francia), empezada en 1241. Fotografía: Jean Roubier, París. 88*
- 4.33. *Cass Gilbert, edificio Woolworth, Nueva York, 1911-1913. Fotografía: colección de Leland Roth. 89*
- 4.34. *Notre-Dame de Chartres, portada occidental, Chartres (Francia), 1194-1220. 90*
- 4.35. *Vista aérea del recinto sagrado, Olimpia (Grecia), con el templo de Zeus, siglo v a. de C. Dibujo extraído del libro de A. E. Lawrence, Greek Architecture. 91*
- 4.36. *Libón (arquitecto), extremo oriental del templo de Zeus, Olimpia (Grecia), 470-456 a. de C. Dibujo extraído del artículo de J. Hurwit, “Narrative Resonance... at Olympia”, en Art Bulletin, núm. 69, marzo de 1987. 91*
- 4.37. *Extremo oriental del templo de Zeus, Olimpia. Dibujo extraído del libro de Berve y Gruben, Greek Temples, Theaters and Shrines. 92*

5 “Deleite”: acústica arquitectónica, forma y sonido

- 5.1. *Antonio da Sangallo el Joven, patio del palacio Farnesio, Roma, comenzado en 1535. Fotografía: Leonard von Matt. 94*
- 5.2. *Diagrama en el que se muestra la reflexión de las ondas de sonido. Dibujo: Leland Roth. 96*
- 5.3. *Capitán Francis Fowke con el arquitecto George Gilbert Scott, Royal Albert Hall, Londres, 1867-1871.*

XVI Lista de ilustraciones

- Planta. Dibujo: Leland Roth, según el libro de George C. Izenour, Theater Design. 98*
- 5.4. *Royal Albert Hall, Londres. Sección. De Izenour, Theater Design. 98*
 - 5.5. *Andrea Palladio, Teatro Olímpico, Vicenza (Italia), 1580-1584. Interior. 99*
 - 5.6. *Teatro Olímpico. Planta. Dibujo: Leland Roth, de Izenour, Theater Design. 100*
 - 5.7. *Teatro Olímpico. Sección. Dibujo: Leland Roth, de Izenour, Theater Design. 100*
 - 5.8. *Diagrama comparativo entre la forma de un tubo cerrado de órgano y la larga planta de la basílica de San Apollinare in Classe, en Ravenna (Italia), construida en 530-549. Dibujo: Leland Roth. 101*
 - 5.9. *Iglesia de Santo Tomás, Leipzig (Alemania). Interior. Grabado: Archiv für Kunst und Geschichte, Berlín. 102*
 - 5.10. *Theophil von Hansen, Musikvereinsgebaude, Viena, 1867-1870. Planta. Dibujo: Leland Roth, de Izenour. Theater Design. 103*
 - 5.11. *Musikvereinsgebaude, Viena. Sección. De Izenour, Theater Design. 104*
 - 5.12. *Otto Brückwald y Carl Brandt, Festspielhaus (Teatro del Festival), Bayreuth (Alemania), 1872-1876. Planta. Dibujo: Leland Roth, de Izenour, Theater Design. 105*
 - 5.13. *Festspielhaus (Teatro del Festival), Bayreuth (Alemania). Sección, de Izenour, Theater Design. 105*
 - 5.14. *McKim, Mead & White, Boston Symphony Hall, 1892-1900. Exterior. Fotografía: Leland Roth. 106*
 - 5.15. *Boston Symphony Hall. Sección. De Izenour, Theater Design. 106*

6 El arquitecto: del sumo sacerdote al profesional

- 6.1. *Reconstrucción de un papiro egipcio con un dibujo que muestra el alzado lateral de un relicario, ca. XVIII Dinastía, Turín (Italia). Dibujo: Leland Roth, de un papiro de la XVIII Dinastía, Museo Egiziano, Turín. 110*
- 6.2. *Planta de una casa grabada en una placa de arcilla, ca. 2300 a. de C.; hallada en Tell Asmar, Irak. Dibujo: Leland Roth, de una placa de Tell Asmar, Oriental Museum, Chicago. 110*
- 6.3. *Estatua de Gudea de Lagash, ca. 2200 a. de C., Museo del Louvre, París. Fotografía: Museo del Louvre. 111*
- 6.4. *Cubiculum (dormitorio) de villa Boscoreale (Italia), ca. 40-30 a. de C. Restauración en el Metropolitan Museum of Art, Nueva York; Fondo Rogers, 1903. Fotografía: cortesía del Metropolitan Museum of Art. 112*
- 6.5. *Planta del monasterio de Saint-Gall (Suiza), ca. 814. Fotografía de la vitela original, biblioteca del monasterio de Saint-Gall. 113*
- 6.6. *Planta del monasterio de Saint-Gall. Disposición de los diversos edificios. Diagrama de Kenneth Conant. De Conant, Carolingian and Romanesque Architecture. 113*
- 6.7. *Villard de Honnecourt, alzados exterior e interior de Notre-Dame de Reims, Reims (Francia), ca. 1220. De J. B. A. Lassus, Facsimile of the Sketch of Wilars de Honnecourt. 114*
- 6.8. *Lápida de Hugh Libergier, catedral de Notre-Dame de Reims, siglo XIII. 108*
- 6.9. *Rafael, La escuela de Atenas, fresco mural, Stanza della Segnatura, Palacio Vaticano, Roma, 1509-1511. Fotografía: Art Resource. 116*
- 6.10. *Giacomo Barozzi da Vignola, el orden toscano, lámina 4 de Regola delli cinque ordini d'architettura, libro IV, Roma, 1562. Cortesía de Avery Library, Columbia University. 117*
- 6.11. *Andrea Palladio, Villa Capra (llamada Villa Rotonda), afueras de Vicenza (Italia), ca. 1550. Lámina 13 del libro II de Palladio, Los cuatro libros sobre arquitectura. Cortesía de Avery Library, Columbia University. 119*
- 6.12. *Gianlorenzo Bernini, primer proyecto de la fachada este del Louvre, París, 1664-1665. Fotografía: Réunion des Musées Nationaux, Paris. 121*
- 6.13. *Claude Perrault, Louis Le Vau y Charles Le Brun, ala este, el Louvre, París, 1667-1671. Fotografía: A. F. Kersting, Londres. 121*
- 6.14. *Sir John Soane, comedor de desayunos, casa Soane (Museo Soane), Lincoln's Inn Fields, Londres, 1812-1813. Fotografía: fondos del Museo Soane. 122*
- 6.15. *Benjamin Henry Latrobe, catedral de Baltimore, 1804-1821. Sección longitudinal/alzado, 1805. Fotografía: cortesía de la Diocese of Baltimore and the Maryland Historical Society, Baltimore. 123*

7 La arquitectura como parte del entorno

- 7.1. *Poblado de la cultura anasazi, Mesa Verde (Colorado), ca. 1100. Fotografía: Lindsay Hall, Architecture and Allied Arts Slide and Photo Library, University of Oregon. 128*
- 7.2. *Dibujo de una típica morada de adobe del suroeste de Estados Unidos. De J. M. Fitch, American Architecture: The Environmental Forces That Shape It. 129*
- 7.3. *Diagrama de tiempos y temperaturas para una casa de adobe. De J. M. Fitch, American Architecture: The Environmental Forces That Shape It. 129*
- 7.4. *Dibujo de un iglú esquimal. De J. M. Fitch, American Architecture: The Environmental Forces That Shape It. 130*
- 7.5. *Diagrama de tiempos y temperaturas para un iglú. De J. M. Fitch, American Architecture: The Environmental Forces That Shape It. 130*

- 7.6. *Celosías islámicas de piedra calada. Ustad Abdul Qasim, mezquita Masjid-i-Sah, Isfahan (Persia, actual Irán), 1611-1638. Fotografía: Wallace Baldinger, Architecture and Allied Arts Slide and Photo Library, University of Oregon. 131*
- 7.7. *Frank Lloyd Wright, casa Robie, Chicago, 1908-1909. Sección de la sala de estar. Dibujo: Leland Roth, según Mary Banham. 132*
- 7.8. *Le Corbusier, Cité de Refuge (residencia para el Ejército de Salvación), París, 1929-1933. Fotografía: colección de Leland Roth. 133*
- 7.9. *Le Corbusier, edificio del Tribunal Supremo, Chandigarh, (Punjab, India), 1951-1956. Fotografía: John E. Tompkins. 134*
- 7.10. *Le Corbusier, Tribunal Supremo, Chandigarh, (Punjab, India), 1951-1956. Fotografía: John E. Tompkins. 126*
- 7.11. *Ludwig Mies van der Rohe con Philip Johnson, edificio Seagram, Nueva York, 1954-1958. 135*
- 7.12. *Edificio Seagram, Nueva York. Vista nocturna. Fotografía: ©Ezra Stoller, Esto Photographics, Mamaroneck (Nueva York). 135*
- 7.13. *Philip Johnson, casa Johnson (casa de Cristal), New Canaan (Connecticut), 1945-1949. Fotografía: Alexandre Georges; cortesía de Philip Johnson. 136*
- 7.14. *Skidmore, Owings & Merrill (SOM), John Hancock Center, Chicago, 1965-1970. Fotografía: Hedrich-Blessing, Chicago; cortesía de Skidmore, Owings & Merrill. 137*
- 7.15. *I. M. Pei, torre John Hancock, Boston, 1966-1975. Fotografía: The Boston Globe. 138*

8 Arquitectura, memoria y economía

- 8.1. *McKim, Mead & White, estación de Pensilvania, Nueva York, 1902-1910, demolida en 1963-1965. Interior de la sala de espera. Fotografía: Avery Library, Columbia University, Nueva York. 140*
- 8.2. *Charles Luckman Associates, estación de Pensilvania, Nueva York, 1966-1968. Fotografía: William E. Sauro; cortesía de The New York Times Pictures. 142*
- 8.3. *Taj Mahal, Agra (India), 1630-1653. 143*

SEGUNDA PARTE: LA HISTORIA Y EL SIGNIFICADO DE LA ARQUITECTURA

Gráfico de la duración de las sucesivas culturas y períodos culturales occidentales. Dibujo: Leland Roth. 138

9 La invención de la arquitectura: de las cavernas a las ciudades

- 9.1. *Tabla cronológica con las relaciones entre las sucesivas eras glaciares, la evolución humana y las culturas prehistóricas. Dibujo: Leland Roth. 148*
- 9.2. *Terra Amata, choza del Homo erectus, Niza (Francia), ca. 400.000-300.000 a. de C. De Scientific American, mayo 1969. 149*
- 9.3. *Chozo del hombre de Cro-Magnon, Ucrania, ca. 44.000-12.000 a. de C. De Scientific American, junio 1974. 151*
- 9.4. *Poblado de la edad de piedra media, Lepenski Vir (Serbia), ca. 5000-4600 a. de C. De D. Srejovic, New Discoveries at Lepenski Vir. 152*
- 9.5. *Maqueta de arcilla de una casa, Strelce, (República Checa), ca. 4500 a. de C. De N. K. Sandars, Prehistoric Art in Europe, 152*
- 9.6. *Vista aérea de las alineaciones de menhires, Carnac (Bretaña, Francia), ca. 4500 a. de C. Fotografía: Oficina de Turismo del Gobierno Francés, Nueva York. 155*
- 9.7. *Centro religioso megalítico llamado Ggantija, Malta, ca. 4000-2700 a. de C. Dibujo: Leland Roth. 156*
- 9.8. *Lanyon Quoit, Cornwall (Inglaterra), ca. 3000 a. de C. Colección fotográfica Architecture and Allied Arts Slide and Photo Library, University of Oregon. 156*
- 9.9. *Tumba de New Grange, cerca de Dublín, ca. 3100 a. de C. Planta y sección. Dibujo: Leland Roth. 157*
- 9.10. *Stonehenge III, planicie de Salisbury (Inglaterra), ca. 2000-1500 a. de C. Vista aérea. 158*
- 9.11. *Skara Brae, islas Orcadas (Escocia), ca. 2500-1500 a. de C. Planta. Dibujo: David Rabitt. 161*
- 9.12. *Skara Brae. Vista de una de las moradas. Fotografía: cortesía de Marian Card Donnelly. 161*
- 9.13. *Vista del nivel VI, Çatal Hüyük (Turquía), ca. 6000 a. de C. De J. Mellaart, Çatal Hüyük. 162*
- 9.14. *Templo Blanco, Uruk (actual Irak), ca. 3500-3100 a. de C. Dibujo: Leland Roth, según el libro de H. Frankfort, The Art and Architecture of the Ancient Orient. 162*
- 9.15. *Zigurat de Nannar, el dios de la Luna, Ur (actual Irak), ca. 2113-2006 a. de C. Dibujo: Leland Roth, según H. Frankfort. 164*
- 9.16. *La Babilonia de Nabucodonosor, con la torre Ishtar (ca. 575 a. de C.) y la torre de Babel. Reconstrucción. Cortesía de Oriental Institute, University of Chicago. 146*

10 Arquitectura egipcia

- 10.1. *Ciudad de el-Lahum (actual el-Kahun), ca. 1897-1878 a. de C. Dibujo: Leland Roth, según W. M. F. Petrie, Illahun, Kahun, and Gurob. 170*
- 10.2. *Sección en perspectiva de una mastaba. De E. B. Smith, Egyptian Architecture as Cultural Expression. 173*
- 10.3. *Imhotep, pirámide de Zoser, Saqqara (Egipto), ca. 2750 a. de C. Planta del conjunto funerario. Dibujo: A. Stockler y Leland Roth. 174*
- 10.4. *Pirámide de Zoser. Vista de la pirámide. Fotografía: Hirmer Fotoarchiv, Múnich. 175*
- 10.5. *Conjunto de las pirámides de Gizeh (Egipto), ca. 2680-2500 a. de C. Vista aérea desde el suroeste. 177*
- 10.6. *Planta del grupo de pirámides de Gizeh. Dibujo: A. Stockler. 177*
- 10.7. *Pirámide de Keops, ca. 2680-2560 a. de C. Sección. Dibujo: Leland Roth, según Ahmen Fakhry, The Pyramids. 178*
- 10.8. *Casa suburbana, Ajtátón (actual Tell el-Amarna, Egipto), ca. 1379-1362 a. de C. Reconstrucción. Oriental Institute, University of Chicago. Fotografía: cortesía de la University of Chicago. 181*
- 10.9. *Planta de una casa de Tell el-Amarna. Dibujo: Leland Roth, según Seton Lloyd. 181*
- 10.10. *Plano del poblado de los artesanos que trabajaban en las tumbas del Valle de los Reyes, Deir el-Madina (Egipto), empezado hacia 1530 a. de C. Dibujo: Leland Roth, según Romer. 182*
- 10.11. *Una de las casas de los artesanos en Deir el-Madina. Planta y sección. Dibujo: Leland Roth, según T. G. H. James. 182*
- 10.12. *Senmut, tumba de la reina Hatsepsut, Deir el-Bahari (Egipto), ca. 1500 a. de C. Fotografía: Hirmer Verlag, Múnich. 184*
- 10.13. *Planta del conjunto funerario de la reina Hatsepsut. Dibujo: Leland Roth, según J. L. de Cenival. 184*
- 10.14. *Plano general del conjunto religioso de Karnak, Tebas (Egipto), ca. 2000-323 a. de C. Dibujo: A. Stockler y Leland Roth, según A. Badawy. 186*
- 10.15. *Templo de Khonsu, Karnak, Tebas (Egipto), ca. 1170 a. de C. Dibujo: Leland Roth, según B. Fletcher. 187*
- 10.16. *Sección en perspectiva del templo de Khonsu. De B. Fletcher, A History of Architecture... 187*
- 10.17. *Templo de Amón en Karnak, Tebas (Egipto), ca. 2000-323 a. de C. Planta. Dibujo: Leland Roth, según B. Fletcher. 188*
- 10.18. *Sala hipóstila, templo de Amón, Karnak, Tebas (Egipto), ca. 1315-1235 a. de C. 166, 189*

11 Arquitectura griega

- 11.1. *Palacio real, Cnossos (Creta), ca. 1600 a. de C. Planta del nivel principal. Dibujo: Leland Roth, según Evans, Hood y Taylor, The Bronze Age Palace at Knossos. 195*
- 11.2. *Palacio real fortificado, Tirinto (Grecia), ca. 1400-1200 a. de C. Planta. Dibujo: Leland Roth. 196*
- 11.3. *Megarón, palacio real, Tirinto (Grecia), ca. 1400-1200 a. de C. Dibujo: Leland Roth. 196*
- 11.4. *Mapa de Atenas, ca. 400 a. de C. Dibujo: Leland Roth, según Travlos. 200*
- 11.5. *Acrópolis, Atenas, vista desde el oeste. Fotografía: Hirmer Fotoarchiv, Múnich. 200*
- 11.6. *Ágora, Atenas, ca. 100 a. de C. Planta. Dibujo: B. Huxley y Leland Roth, según Travlos. 201*
- 11.7. *Hipódamo, planta de Mileto (Asia Menor), ca. 450 a. de C. Dibujo: Leland Roth. 203*
- 11.8. *Plano de Priene (Asia Menor), ca. 450 a. de C. Dibujo: Leland Roth. 204*
- 11.9. *Casas de artesanos cerca del ágora, Atenas, ca. 350 a. de C. Dibujo: Leland Roth, según Travlos. 205*
- 11.10. *Casa, Priene (Asia Menor), ca. 450 a. de C. Dibujo: Leland Roth. 205*
- 11.11. *Estoa de Atalo, Atenas, ca. 150 a. de C. De J. L. Coulton, The Architectural Development of the Greek Stoa. 206*
- 11.12. *Bouleuterion, Priene (Asia Menor), ca. 200 a. de C. Vista interior. De A. W. Lawrence, Greek Architecture. 206*
- 11.13. *Policiclo el Joven, teatro de Epidauro (Grecia), ca. 350 a. de C. Vista. Fotografía: Hirmer Fotoarchiv, Múnich. 208*
- 11.14. *Teatro de Epidauro. Planta. Dibujo: Leland Roth, según Izenour. 208*
- 11.15. *Temenos, o recinto sagrado de Olimpia (Grecia), siglo v a. de C. Dibujo: Leland Roth, según Lawrence. 210*
- 11.16. *Libón de Élide (arquitecto), templo de Zeus, Olimpia (Grecia), ca. 468-460 a. de C. Planta. Dibujo: A. Stockler. 210*
- 11.17. *Acrópolis, Atenas, planta general con los edificios construidos en la época de Percicles, en torno al 400 a. de C. Dibujo: Leland Roth. 211*
- 11.18. *Templo de Atenea Niké, Atenas, ca. 435-420 a. de C. 192, 212*
- 11.19. *Mnesicles, Propileos, Atenas, 437-432 a. de C. 213*
- 11.20. *Propileos, Atenas. Dibujo: G. P. Stevens. 213*
- 11.21. *Erecteion, Atenas, ca. 421-405 a. de C. Fotografía: A. Frantz. 214*
- 11.22. *Erecteion, Atenas. Planta. Dibujo: Leland Roth, según Travlos. 214*

- 11.23. *Ictinos y Calícrates, Partenón, Atenas, 447-438 a. de C. Planta. Dibujo: A. Stockler. 216*
 11.24. *Partenón, Atenas. Fachada occidental vista desde un patio más bajo. Dibujo de Philips Stevens. 217*
 11.25. *Partenón, Atenas. Vista del extremo occidental. Fotografía: A. Frantz. 217*
 11.26. *Partenón, Atenas. Detalle de las columnas de esquina. 218*
 11.27. *Peonio de Éfeso y Dafnis de Mileto, templo de Apolo en Dídimo, cerca de Mileto (Asia Menor), iniciado ca. 330 a. de C. Dibujo: Leland Roth, según Lawrence. 220*
 11.28. *Templo de Apolo en Dídimo. Interior del naos. 220*

12 Arquitectura romana

- 12.1. *Maison Carrée, Nimes (colonia romana de Nemausus, las Galias) (Francia), iniciada ca. 19 a. de C. Fotografía: Marvin Trachtenberg. 229*
 12.2. *Santuario de la Fortuna Primigenia, Preneste (Palestrina, Italia), ca. 80 a. de C. De Brown, Roman Architecture, 230*
 12.3. *Pompeya (Italia). Plano de la ciudad. Dibujo: Leland Roth, según Boëthius y Ward-Perkins. 231*
 12.4. *Planta del foro, Pompeya. Dibujo: Leland Roth, según Boëthius y Ward-Perkins. 232*
 12.5. *Plano de Thamugadi (actual Timgad, Argelia), fundada en 100 d. de C. Dibujo: Stockler y Leland Roth. 233*
 12.6. *Plano de Roma, siglo III d. de C. Dibujo: Leland Roth. 233*
 12.7. *El foro romano y los foros imperiales, Roma, ca. 54. a. de C. hasta 117 d. de C. Dibujo: Leland Roth, según Frank Sears. 234*
 12.8. *Apolodoro de Damasco, basílica Ulpia, foro de Trajano, Roma, ca. 98-117 d. de C. Dibujo: Leland Roth, según MacDonald. 236*
 12.9. *Basílica Ulpia, Roma. Vista interior. De B. Fletcher, A History of Architecture... 236*
 12.10. *Basílica de Majencio, Roma, 307-325 d. de C. Vista de las tres bóvedas laterales que han subsistido. 237*
 12.11. *Panteón, Roma, 118-128 d. de C. Planta. Dibujo: M. Burgess. 238*
 12.12. *Panteón, Roma. Sección. Dibujo: M. Burgess. 238*
 12.13. *Foro del Panteón, Roma. De Boëthius y Ward-Perkins, Etruscan and Roman Architecture. 240*
 12.14. *Severo y Celer, casa de Nerón, la Domus Aurea (casa de Oro), Roma. Planta parcial. Dibujo: M. Burgess, según MacDonald. 240*
 12.15. *Domus Aurea, Roma. Vista interior de la sala octogonal. Fotografía: Fototeca Unione, Academia Americana de Roma. 241*
 12.16. *Bloques de casas de alquiler (insulae), Ostia (Italia), hacia finales del siglo I y siglo II. Maqueta. 242*
 12.17. *Mansión de Pansa, Pompeya (Italia), siglo II a. de C. Planta. Dibujo: Leland Roth, según W. F. Jashemski. 243*
 12.18. *Teatro Marcelo, Roma, acabado el año 12 a. de C. Perspectiva. De Boëthius y Ward-Perkins, Etruscan and Roman Architecture. 244*
 12.19. *Teatro Marcelo, Roma. Planta. Dibujo: Leland Roth, según H. Kahler. 245*
 12.20. *Zenón de Teodoro, teatro, Aspendos, provincia romana de Pamphylia (Turquía), ca. 155 d. de C. Interior. De Izenour, Theater Design. 245*
 12.21. *Anfiteatro de los Flavios (el Coliseo), Roma, iniciado ca. 80 d. de C. Perspectiva. De Boëthius y Ward-Perkins, Etruscan and Roman Architecture. 247*
 12.22. *Coliseo, Roma. Interior del anfiteatro. 247*
 12.23. *Termas de Caracalla, Roma, 212-216 d. de C. Planta del conjunto de los baños, con los jardines circundantes y las salas de lectura. Dibujo: Leland Roth, según B. Fletcher. 249*
 12.24. *Termas de Caracalla, Roma. Perspectiva interior de una restauración. Dibujo: R. Phené Spiers, de The Architecture of Greece and Rome. 224, 250*

13 Arquitecturas paleocristiana y bizantina

- 13.1. *Iglesia cristiana, Doura-Europos, frontera sirio iraquí, ca. 230-232 d. de C. Dibujo: Leland Roth, según M. Rostovtzeff. 258*
 13.2. *Basílica de San Pedro (la antigua), Roma, 319-329 d. de C. Perspectiva a vista de pájaro. Dibujo: K. Conant; cortesía de la biblioteca Loeb, Harvard University. 261*
 13.3. *Antigua basílica de San Pedro. Planta. Dibujo: Leland Roth. 261*
 13.4. *Iglesia de Santa Sabina, Roma, 422-432 d. de C. Planta. Dibujo: Leland Roth. 262*
 13.5. *Iglesia de San Apollinare in Classe, afueras de Rávena (Italia), ca. 532-549 d. de C. Vista aérea. 262*
 13.6. *San Apollinare in Classe. Planta. Dibujo: W. Ching. 263*
 13.7. *San Apollinare in Classe. Vista interior mirando hacia el altar. Fotografía: Art Resource, Nueva York. 263*
 13.8. *Iglesia de la Natividad, Belén (Israel), ca. 326-333 d. de C. Planta. Dibujo: M. Waterman. 265*
 13.9. *Zenobio (arquitecto), iglesia del Santo Sepulcro, Jerusalén (Israel), 325-336 d. de C. Dibujo: M. Waterman. 265*
 13.10. *Mausoleo de Santa Constanza, Roma, ca. 350 d. de C. Planta. Dibujo: Leland Roth. 266*
 13.11. *Mausoleo de Santa Constanza, Roma. Sección. Dibujo: Leland Roth. 267*

XX Lista de ilustraciones

- 13.12. Mausoleo de Santa Constanza, Roma. Interior. 267
- 13.13. Iglesia de San Vitale, Rávena (Italia), 532-548. Planta. Dibujo: Leland Roth, según C. Mango. 270
- 13.14. Iglesia de San Vitale, Rávena. Interior. Fotografía: Hirmer Verlag, Múnich. 271
- 13.15. Antemio de Tralles e Isidoro de Mileto, iglesia de Santa Sofía (iglesia de la Divina Sabiduría), Estambul (Turquía), 532-537. Vista general. Fotografía: G. E. Kiddler Smith, Nueva York. 272
- 13.16. Iglesia de Santa Sofía, Estambul. Planta. Dibujo: L. Bier y Leland Roth. 272
- 13.17. Iglesia de Santa Sofía, Estambul. Sección longitudinal. Dibujo: T. Cheun. 273
- 13.18. Iglesia de Santa Sofía, Estambul. Sección transversal. Dibujo: T. Cheun. 273
- 13.19. Diagrama de los tipos de iglesia bizantina, con la organización de las cúpulas. Dibujo: Leland Roth. 274
- 13.20. Iglesia de Santa Irene (iglesia de la Divina Paz), Estambul (Turquía), empezada el 532. Planta. Dibujo: Leland Roth, según C. Mango. 275
- 13.21. Iglesia de Santa Irene, Estambul. Vista interior. Fotografía: Josephine Powell. 275
- 13.22. Iglesia de los Santos Apóstoles, Salónica (Grecia), 1312-1315, Vista desde el este. Fotografía: Alison Frantz. 277
- 13.23. Iglesia de los Santos Apóstoles, Salónica. Planta. Dibujo: Leland Roth, según C. Mango. 277
- 13.24. Iglesia de San Marcos, Venecia (Italia), 1063-1095. Interior. Fotografía: Art Resource, Nueva York, 278
- 13.25. Iglesia de San Marcos, Venecia. Vista aérea. 279
- 13.26. Iglesia de San Marcos, Venecia. Planta. Dibujo: L. Mack y Leland Roth, según C. Mango. 279

14 Arquitectura medieval primitiva

- 14.1. Palacio de Carlomagno, Aquisgrán (Alemania), ca. 790-810. Planta. Dibujo: Leland Roth. 286
- 14.2. Otón de Metz, capilla del palacio de Carlomagno, Aquisgrán (Alemania), 792-805. Interior. Fotografía: Dr. Harald Busch, Francfort del Meno. 282
- 14.3. Vista de un castillo de "montículo y recinto cercado" (motte and bailey). Dibujo: Leland Roth. 287
- 14.4. Torre del castillo de Dover, Dover (Inglaterra), ca. 1180. Planta. Dibujo: Leland Roth, según R. A. Brown, The Architecture of Castles. 288
- 14.5. Castillo de Dover, Dover (Inglaterra). Planta del conjunto fortificado. Dibujo: Leland Roth, según R.A. Brown, The Architecture of Castles. 288
- 14.6. James of Saint George, castillo de Harlech, Merionethshire (Gales), 1283-1290. Vista aérea. Fotografía: Aerofilms, Londres. 289
- 14.7. Castillo de Harlech, Merionethshire (Gales). Planta. Dibujo: Leland Roth, según R. A. Brown, The Architecture of Castles. 289
- 14.8. Monasterio de San Martín del Canigó, Pirineos franceses, 1001-1026. Vista aérea. Fotografía: de Gustav Künstler, ed., Romanesque Art in Europe, Greenwich (Connecticut), 1968, lámina 33. 291
- 14.9. Monasterio de San Martín del Canigó, Pirineos franceses. Sección en perspectiva. De K. Conant, Carolingian and Romanesque Architecture. 292
- 14.10. San Martín del Canigó, Pirineos franceses. Interior de la iglesia superior. Fotografía: Foto Mas. 292
- 14.11. Plano encontrado en Saint-Gall (Suiza), ca. 814. Emplazamiento de los diversos edificios. Diagrama de Kenneth Conant. 293
- 14.12. Gunzo (arquitecto), monasterio de Cluny III, Cluny (Francia), 1088-1130. Planta. De Kenneth Conant, Carolingian and Romanesque Architecture. 294
- 14.13. Cluny III. Perspectiva a vista de pájaro. Dibujo: Kenneth Conant; cortesía de la biblioteca Loeb, Harvard University. 295
- 14.14. Iglesia monástica de Saint-Michael, Hildesheim (Alemania), 993-1022. Vista. Fotografía: A.F. Kersting, Londres. 296
- 14.15. Saint Michael, Hildesheim. Planta. Dibujo: Leland Roth. 296
- 14.16. Santa María de Ripoll, Cataluña, a partir del s. XII. Restauración y reeconstrucción por Elías Rogent arquitecto, en 1885. Plata de la iglesia y el claustro. 298
- 14.17. Sainte-Foi, Conques. Planta. Dibujo: Leland Roth. 300
- 14.18. Sainte-Foi, Conques. Interior. Fotografía: Spiro Kostof, History of Architecture. Versión castellana: Historia de la arquitectura, Alianza Editorial, 301
- 14.19. Iglesia de Saint-Sernin, Toulouse (Francia), 1077-1125. Vista aérea del extremo oriental (presbiterio). Fotografía: Yan, Toulouse. 302
- 14.20. Catedral de Santiago de Compostela. A partir de 1080. Planta general. 303
- 14.21. Saint-Sernin, Toulouse. Sección transversal. Dibujo: Leland Roth, según Dehio. 303
- 14.22. Saint-Sernin, Toulouse. Interior. Fotografía: Jean Roubier. París. 304
- 14.23. Iglesia de Saint-Philibert, Tournus (Francia), ca. 1008-ca. 1120. Interior. Fotografía: Jean Roubier. París. 305
- 14.24. Iglesia abacial de San Miniato al Monte, Florencia (Italia), 1062-ca. 1200. Fotografía: Art Resource, Nueva York. 306
- 14.25. Catedral de Durham, Durham (Inglaterra), 1093-1133. Fotografía: A. F. Kersting, Londres. 307
- 14.26. Catedral de Durham. Sección transversal. Dibujo: Leland Roth, según K. Conant. 308

15 Arquitectura gótica

- 15.1. Iglesia abacial de Saint-Denis, Saint-Denis (Francia), 1135-1140. Fachada occidental. Fotografía: Foto Marburg. 310
- 15.2. Saint-Denis, 1141-1144. Planta. Dibujo: Leland Roth, según S. Crosby. 315
- 15.3. Saint-Denis. Interior del deambulatorio. Fotografía: Universidad de Múnich, Kunstgeschichtliches Seminar. 315
- 15.4. Iglesia de Notre-Dame de París, 1163-1250. Interior. Fotografía: Jean Roubier, París. 317
- 15.5. Notre-Dame de París. Sección transversal. Dibujo: Leland Roth, según B. Fletcher. 317
- 15.6. Robert de Luzarches, Thomas de Cormont y Regnault de Cormont, iglesia de Notre-Dame de Amiens, Amiens (Francia), 1220-1269. Vista de la fachada occidental. Fotografía: ©Wayne Andrews; Esto Photographics, Marmaroneck, Nueva York. 318
- 15.7. Notre-Dame de Amiens. Planta. Dibujo: L. Maak, según Dehio. 319
- 15.8. Notre-Dame de Amiens. Sección transversal. Dibujo: Leland Roth, según Dehio y Viollet-le-Duc. 320
- 15.9. Notre-Dame de Amiens. Interior. Fotografía: Universidad de Múnich, Kunstgeschichtliches Seminar. 321
- 15.10. Iglesia de Saint-Pierre, Beauvais (Francia), 1225-1548. Vista aérea de la catedral inconclusa. Fotografía: Présidence du Conseil Phototèque, París. 323
- 15.11. Saint-Pierre, Beauvais. Planta. Dibujo: Leland Roth, según Dehio. 323
- 15.12. Saint-Pierre, Beauvais. Vista del coro. Fotografía: Bildarchiv Foto Marburg; Art Resource, Nueva York. 324
- 15.13. Catedral de Salisbury, Salisbury (Inglaterra), 1220-1266. Vista aérea. Fotografía: Aerofilms Ltd. 326
- 15.14. Catedral de Salisbury. Planta. Dibujo: Leland Roth, según Dehio. 327
- 15.15. Thomas de Cormont, La Sainte-Chapelle, París, 1240-1247. Planta. Dibujo: P. Boundy, según H. Stierlin. 328
- 15.16. Henry Yevele y Hugh Herland, Sala de Ricardo II (Westminster Hall), palacio de Westminster, Londres, 1394. Interior. 330
- 15.17. Iglesia de Saint-Maclou de Ruán, Ruán (Francia), 1434-1514. Fotografía: Bildarchiv Foto Marburg; Art Resource, Nueva York. 331
- 15.18. Catedral de Gloucester, nuevo presbiterio, Gloucester (Inglaterra), 1337-1351. Interior. Fotografía: W. Swaan. 332
- 15.19. Reginald Ely y terminada por John Wastell, capilla del King's College, Universidad de Cambridge, Cambridge (Inglaterra), 1446-1515. Interior. Fotografía: A. F. Kersting, Londres. 333
- 15.20. Casa de un comerciante, Cluny (Francia), siglo XII (según la reconstrucción de Viollet-le-Duc). Dibujo: Leland Roth. 334
- 15.21. Casa de Jacques Coeur, Bourges (Francia), 1443-1451. Dibujo: Leland Roth, según Viollet-le-Duc. 335
- 15.22. Casa de Jacques Coeur, Bourges. Vista del patio. Fotografía: Lauros-Giraudon/Art Resource. 335
- 15.23. Lonja de paños, Brujas (Bélgica), ca. 1240 hasta finales del siglo XV. Fotografía: Leland Roth. 336

16 Arquitectura del renacimiento y del manierismo

- 16.1. Filippo Brunelleschi, cúpula de la catedral de Florencia, Florencia (Italia), 1418-1436. Fotografía: Art Resource, Nueva York. 340
- 16.2. Cúpula de la catedral de Florencia. Vista axonométrica de la sección. De S. P. Sanpaolesi, La cupola di S. M. del Fiore... 345
- 16.3. Leonardo da Vinci, dibujo del hombre patrón de Vitruvio, ca. 1485-1490. Fotografía: Art Resource, Nueva York. 346
- 16.4. Antonio Averlino (llamado Filarete), plano de la ciudad ideal de Sforzinda, de su tratado de arquitectura escrito ca. 1461-1462. De Filarete, Il trattato d'architettura. 347
- 16.5. Vincenzo Scamozzi (?), Palmanuova (Italia), iniciada en 1593. Fotografía: Aerofilms, Londres. 347
- 16.6. Filippo Brunelleschi, Hospital de los Inocentes, Florencia (Italia), 1419-1424. Fotografía: Art Resource, Nueva York. 349
- 16.7. Filippo Brunelleschi, iglesia de San Lorenzo, Florencia (Italia), 1418-1446. Vista interior. Fotografía: Marvin Trachtenberg. 350
- 16.8. San Lorenzo, Florencia. Planta. Dibujo: M. Burgess. 350
- 16.9. Filippo Brunelleschi, iglesia del Santo Spirito, Florencia (Italia), 1436-1482. Vista interior. Fotografía: Art Resource, Nueva York. 351
- 16.10. Iglesia del Santo Spirito, Florencia. Planta. Dibujo: Leland Roth. 351
- 16.11. Giuliano da Sangallo, Santa Maria delle Carceri, Prato (Italia), 1485-1491. Fotografía: Art Resource, Nueva York. 352
- 16.12. Iglesia de Santa Maria delle Carceri, Prato. Planta y sección. Dibujo: Leland Roth, según P. Murray. 352
- 16.13. Santa Maria delle Carceri, Prato. Interior. Fotografía: Art Resource, Nueva York. 353
- 16.14. Leon Battista Alberti, iglesia de San Francesco (templo Malatestiano), Rímini (Italia), 1450-1461. Fotografía: Gabinetto Fotografico Nazionale, Roma. 355

XXII Lista de ilustraciones

- 16.15. Alberti, detalle de una carta dirigida a Matteo de' Pasti, 18 de noviembre de 1454. Dibujo: Leland Roth. 355
- 16.16. Alberti, fachada de la iglesia de Santa Maria Novella, Florencia (Italia), 1458-1471. Fotografía: Art Resource, Nueva York. 356
- 16.17. Alberti, iglesia de Sant'Andrea, Mantua (Italia), 1470-1493. Fachada. Fotografía: Alinari, Florencia. 357
- 16.18. Sant'Andrea, Mantua. Planta. Dibujo: Leland Roth. 357
- 16.19. Sant'Andrea, Mantua. Interior. Fotografía: R. Liebermann. 358
- 16.20. Donato Bramante, templo de San Pietro in Montorio, Roma, 1500-1502. Fotografía: Anderson, Roma. 360
- 16.21. Donato Bramante, iglesia de San Pedro del Vaticano (la nueva), Roma, 1504-1514. Medalla. Fotografía: British Museum, Londres. 361
- 16.22. Bramante, San Pedro del Vaticano, Roma. Planta. Dibujo: C. Zettle y Leland Roth. 361
- 16.23. Maerten van Heemskerck, dibujo de la iglesia de San Pedro durante la construcción, ca. 1532-1535. De F.G.W. Metternich, Bramante und St. Peters. 362
- 16.24. Miguel Ángel Buonarrotti, iglesia de San Pedro, Roma, 1547-1590. Planta. Dibujo: Leland Roth, según Letarouilly. 363
- 16.25. Michelozzo di Bartolommeo (llamado Michelozzo), palacio Médicis, Florencia (Italia), 1444-1460. Fotografía: Art Resource, Nueva York. 365
- 16.26. Michelozzo, palacio Medicis, Florencia. Planta. Dibujo: Leland Roth, según P. Murray. 365
- 16.27. Leon Battista Alberti, palacio Rucellai, Florencia (Italia), iniciado ca. 1452. Fotografía: Art Resource, Nueva York. 366
- 16.28. Antonio da Sangallo el Joven (y Miguel Ángel), palacio Farnesio, Roma, 1515-1559. Fotografía: Art Resource, Nueva York. 367
- 16.29. Andrea Palladio, Villa Badoer, Frata Polesine (Italia), iniciada en 1556. De Palladio, Los cuatro libros sobre arquitectura. 368
- 16.30. Palladio, Villa Capra (Villa Rotonda), afueras de Vicenza (Italia), iniciada ca. 1550. Fotografía: ©Wayne Andrews; Esto Photographics, Mamaroneck (Nueva York). 369
- 16.31. Miguel Ángel, reurbanización de la colina Capitolina (el Campidoglio), Roma, proyectada en 1536. Fotografía: Charles Rotkin/PFI. 370
- 16.32. Miguel Ángel, capilla Médicis, iglesia de San Lorenzo, Florencia (Italia), 1520-1526. Fotografía: Art Resource, Nueva York. 371
- 16.33. Miguel Ángel, escalinata de la biblioteca Laurenciana, Florencia, (Italia), 1558-1571. Fotografía: Art Resource, Nueva York. 372
- 16.34. Escalinata de la biblioteca Laurenciana, Florencia. Planta. Dibujo: W. Chin. 372
- 16.35. Escalinata de la biblioteca Laurenciana, Florencia. Sección. Dibujo: W. Chin. 372
- 16.36. Giacomo Barozzi da Vignola, iglesia de Sant'Anna dei Palafrenieri, Roma, empezada ca. 1565. Planta. Dibujo: Leland Roth, según P. Murray. 373
- 16.37. Giulio Romano, Palazzo del Te, afueras de Mantua (Italia), 1525-1532. Patio interior. Fotografía: Gabinetto Fotografico Nazionale, Roma. 374
- 16.38. Giulio Romano, casa del arquitecto, Mantua (Italia), 1544. Fotografía: Gabinetto Fotografico Nazionale, Roma. 374
- 16.39. Villa Lante (atribuida a Vignola), Bagnaia, cerca de Viterbo (Italia), empezada en 1566. Perspectiva a vista de pájaro. De G. Lauro, Roma Vetus et Nuova, 1614; cortesía de la biblioteca Avery, Columbia University. 376
- 16.40. Villa Lante. Planta. Dibujo: Leland Roth. 376
- 16.41. Pirro Ligorio, Orazio Olivieri y Tommaso da Siena, Villa d'Este, Tívoli (Italia), iniciada ca. 1550. Grabado de G. Lauro, 1641; cortesía de la biblioteca Avery, Columbia University. 377
- 16.42. Terraza de las Cien Fuentes, Villa d'Este, Tívoli. Fotografía: Kenneth Helphand. 378
- 16.43. Inigo Jones, Banqueting House, Palacio en Whitehall, Londres, 1619-1622. Fotografía: Helmut Gernsheim, Londres. 380
- 16.44. François Mansart, castillo de Maisons, Maisons, cerca de París, 1642-1646. Fotografía: Lauros-Giraudon; Art Resource, Nueva York. 380
- 16.45. Fachada de la Universidad de Salamanca, siglo xv. 382
- 16.46. Pedro Machuca. Palacio de Carlos V, Granada, 1526. Vista interior del patio. 383
- 16.47. Monasterio de El Escorial, Madrid, 1563-1584. Vista interior de uno de los patios. 384

17 Arquitectura barroca y rococó

- 17.1. Giacomo Barozzi da Vignola, iglesia del Gesù, Roma, 1568-1577. Planta. Dibujo: Leland Roth, según P. Murray. 392
- 17.2. Giacomo della Porta, fachada de la iglesia del Gesù, Roma, 1573-1577. Fotografía: Art Resource, Nueva York. 392
- 17.3. Martino Lunghi el Joven, iglesia de los Santi Vincenzo ed Anastasio, Roma, 1646-1650. Fotografía: Art Resource, Nueva York. 393

- 17.4. Gianlorenzo Bernini, capilla Cornaro, iglesia de Santa Maria della Vittoria, Roma, 1647-1652. Fotografía: SCALA/Art Resource, Nueva York. 394
- 17.5. Padre Andrea Pozzo, fresco de la bóveda de la nave central, iglesia de San Ignacio, Roma, 1691-1694. Fotografía: Archivi Alinari, Florencia. 395
- 17.6. Hermanos Cosmas Damién Asam y Egid Quirin Asam, altar de la iglesia de la Asunción, monasterio agustino de Rohr (Alemania), 1717-1722. Fotografía: Hirmer-Verlag, Múnich. 396
- 17.7. Gianlorenzo Bernini, iglesia de Sant'Andrea del Quirinale, Roma, 1658-1670. Fotografía: Art Resource, Nueva York. 398
- 17.8. Sant'Andrea del Quirinale, Roma. Planta. Dibujo: Leland Roth, según Norberg-Schulz. 398
- 17.9. Gianlorenzo Bernini, plaza de San Pedro, Roma, 1656-1667. Vista aérea. Fotografía: Charles Rotkin/PFI. 399
- 17.10. Plaza de San Pedro, Roma. Planta. Dibujo: Leland Roth, según Letarouilly y Nolli. 400
- 17.11. Francesco Borromini, iglesia de San Carlo alle Quattro Fontane, Roma, 1634-1667. Interior. Fotografía: Alinari, Florencia. 401
- 17.12. San Carlo alle Quattro Fontane, Roma. Planta. Dibujo: Leland Roth, según Borromini. 401
- 17.13. San Carlo alle Quattro Fontane, Roma. Fachada. Fotografía: Art Resource, Nueva York. 402
- 17.14. Francesco Borromini, capilla de Sant'Ivo alla Sapienza, Roma, 1642-1960. Planta. Dibujo: Leland Roth, según Borromini. 403
- 17.15. Sant'Ivo alla Sapienza, Roma. Vista interior de la cúpula. Fotografía: Marburg Kunst der Wilt; Art Resource, Nueva York. 403
- 17.16. Guarino Guarini, iglesia de Santa Maria della Divina Providenza, Lisboa, 1652-1663 (destruida en 1755). Planta. Dibujo: Leland Roth, según Guarini. 404
- 17.17. Guarino Guarini, Capella della Santissima Sindone (capilla del Santo Sudario), Turín (Italia), 1667-1690. Vista interior de la cúpula. Fotografía: Wim Swaan, Londres. 405
- 17.18. Plano de la reforma de Roma proyectada por Sixto V en 1585. Dibujo: Leland Roth, según Nolli. 406
- 17.19. Diagrama del plan urbanístico de reforma de Roma de Sixto V. De Giedion, Space, Time and Architecture 1941. Versión castellana: Espacio, tiempo y arquitectura. El futuro de una nueva tradición, Editorial Dossat, Madrid, 1980⁵. 407
- 17.20. Louis Le Vau y André Le Nôtre, palacio de Versalles, Versalles (Francia), 1661-ca. 1750. Dibujo: Leland Roth, según el grabado de Delagrive de 1746. 409
- 17.21. Jules Hardouin-Mansart, Galerie des Glaces (Galería de los Espejos), Versalles, 1678-1688. Fotografía: De Gerald van der Kemp et. al., Versailles, Nueva York, 1981, p. 41. 410
- 17.22. Louis Le Vau y Jules Hardouin-Mansart, vista aérea del palacio de Versalles, 1661-1688 y posteriores. Fotografía: Caisse Nationale des Monuments Historiques et des Sites/SPADEM. 410
- 17.23. Sir John Vanbrugh con Nicholas Hawksmoor, palacio Blenheim, Oxfordshire (Inglaterra), 1705-1725. Vista aérea. 411
- 17.24. Palacio Blenheim, Oxfordshire. Patio de entrada. 412
- 17.25. Palacio Blenheim, Oxfordshire. Detalle del remate de las chimeneas. Dibujo: Leland Roth. 412
- 17.26. Sir Christopher Wren, plan de reconstrucción de la ciudad de Londres, 1666. 413
- 17.27. Sir Christopher Wren, plantas de diversas iglesias para la ciudad de Londres, 1670-85. Dibujo: Leland Roth, según E. Sekler. 413
- 17.28. Sir Christopher Wren, iglesia de Saint Mary-le-Bow, Londres, 1670-1680. Fotografía: A. F. Kersting. 414
- 17.29. Sir Christopher Wren, maqueta para la catedral de Saint Paul, Londres, 1673. 415
- 17.30. Sir Christopher Wren, planta definitiva de la catedral de Saint Paul, Londres, ca. 1675. Dibujo: Leland Roth, según Poley. 415
- 17.31. Catedral de Saint Paul, Londres. Exterior. Fotografía: A. F. Kersting, Londres. 416
- 17.32. Catedral de Saint Paul, Londres. Vista exterior con la cúpula. Fotografía: Edwin Smith, Londres. 417
- 17.33. Catedral de Saint Paul, Londres. Sección por la cúpula. Dibujo: Leland Roth, según Poley. 417
- 17.34. Johann Balthasar Neumann, palacio-residencia del príncipe-obispo, Würzburg (Alemania), escalinata, 1737-1742. Fotografía: Helga Schmidt-Glassner, Stuttgart. 419
- 17.35. Narciso Tomé. El Transparente, altar mayor de la catedral de Toledo, 1720-1732. 420
- 17.36. Francisco Hurtado, capilla del Sagrario de la Cartuja, Granada (España), 1730-1747. Interior. Fotografía: MAS, Barcelona. 421
- 17.37. Jean Courtonne, Hôtel de Matignon, París, 1722-1724. Planta. Dibujo: Leland Roth, según Kalnein. 422
- 17.38. Germain Bouffrand, salón oval, Hôtel de Soubise, París, 1732-1745. Fotografía: Wim Swaan, Londres. 423
- 17.39. François Cuvilliers, pabellón de caza del Amalienburg, en el parque del Nymphenburg, afueras de Múnich (Alemania), 1734-1739. Fotografía: Bayerische Verwaltung der Staatlichen Schlösser, Gärten und Seen, Múnich. 424
- 17.40. Johann Balthasar Neumann, Vierzehnheiligen (iglesia de peregrinación de los Catorce Santos), Franconia (Alemania), 1734-1739. Fotografía: Erich Müller, Kassel. 426
- 17.41. Vierzehnheiligen, Franconia. Planta. Dibujo: P. Boundy, según H. Stierlin. 427

XXIV Lista de ilustraciones

- 17.42. *Vierzehnheiligen, Franconia. Sección. Dibujo: P. Boundy, según H. Stierlin. 427*
17.43. *Vierzehnheiligen, Franconia. Vista interior. Fotografía: Helga Schmidt-Glassner, Stuttgart. 388, 428*

18 Arquitectura en la era de la ilustración, 1720-1800

- 18.1. *Richard Boyle, tercer conde de Burlington, Villa Chiswick, Chiswick, afueras de Londres, 1725. Fotografía: ©Wayne Andrews; Esto Photographics, Mamatoneck, Nueva York. 432*
18.2. *Portada del libro de Marc-Antoine Laugier, Essai sur l'architecture, París, 1753. 434*
18.3. *James Stuart y Nicholas Revett, dibujo de una restauración del Partenón, Atenas, ca. 1755. Publicado en el segundo volumen de su Antiquities of Athens, Londres, 1787. 435*
18.4. *Robert Adam, biblioteca en la Villa Kenwood, Londres, 1767-1768. Fotografía: Edwin Smith, Londres. 436*
18.5. *Jacques-Germain Soufflot, iglesia de Sainte-Geneviève, (el Panteón), París, 1755-1790. Planta. Dibujo: T. Cheun. 437*
18.6. *Sainte-Geneviève, París. Interior. Fotografía: Lauros-Giraudon; Art Resource, Nueva York. 437*
18.7. *Sainte-Geneviève, París. Fotografía: Kersting, Londres. 438*
18.8. *Claude-Nicolas Ledoux, Barrière de la Villete, París, 1784-1789. Fotografía: ©Wayne Andrews; Esto Photographics, Mamaroneck, Nueva York. 439*
18.9. *Étienne-Louis Boullée, proyecto de cenotafio para Isaac Newton, ca. 1784. Bibliothèque Nationale, París. 439*
18.10. *Étienne-Louis Boullée, proyecto de iglesia metropolitana, ca. 1782-83. British Architectural Library/RIBA. Fotografía: Jeremy Butler. 430*
18.11. *Claude-Nicolas Ledoux, casa para un guarda fluvial, proyecto, ca. 1785-1790. De C.-N. Ledoux, L'Architecture considérée ..., París, 1804. 441*
18.12. *Claude-Nicolas Ledoux, Salinas Reales, Chaux Arc-et-Senans, cerca de Besançon (Francia), iniciada en 1775. De C.-N. Ledoux, L'Architecture considérée..., París, 1804. 441*
18.13. *Emmanuel Héré de Corny, Nancy (Francia), perspectiva a vista de pájaro de la plaza Stanislas y el hemicycle, 1741-1753. De Hegemann y Peets, American Vitruvius, Nueva York, 1922. Versión castellana: El Vitrubio americano. Manual de arte civil para el arquitecto, Fundación Caja de Arquitectos, Barcelona, 1992. 443*
18.14. *Sir Henry Hoare, parque de Stourhead (Inglaterra), 1741-1781. Planta. Dibujo: Leland Roth, según F. M. Piper, 1779. 444*
18.15. *Stourhead. Vista del Panteón. Fotografía: ©Wayne Andrews; Esto Photographics, Mamatoneck, Nueva York. 444*
18.16. *James Stuart, Pórtico dórico, Hagley Park, Worcestershire (Inglaterra), 1758. Fotografía: Country Life, Londres. 446*
18.17. *Sanderson Miller, ruina gótica falsa, Hagley Park, Worcestershire (Inglaterra), 1747. Fotografía: A. F. Kersting, Londres. 446*
18.18. *Richard Miqué, Antoine Richard y Hubert Robert, hameau (villorrio rural), Versailles (Francia), 1778-1782. 447*
18.19. *Giovanni Battista Piranesi, grabado de Carceri (Prisiones), ca. 1745-1761. 448*
18.20. *Thomas Jefferson, Capitolio del Estado de Virginia, Richmond (Virginia), 1785-1789. Fotografía: ©Wayne Andrews; Esto Photographics, Mamatoneck, Nueva York. 449*
18.21. *Horace Walpole, Strawberry Hill, Twickenham, cerca de Londres, empezado en 1748. 451*
18.22. *John Wilkinson, Thomas F. Pritchard y Abraham Darby III, puente de Coalbrookdale, Coalbrookdale (Inglaterra), 1777-1779. Science Museum, Londres. Fotografía: cortesía del British Museum, Londres. 453*

19 Arquitectura del siglo XIX

- 19.1. *Leo von Klenze, Gliptoteca (museo de escultura antigua), Múnich (Alemania), 1816-1830. Fotografía: ©Wayne Andrews; Esto Photographics, Mamatoneck, Nueva York. 458*
19.2. *Karl Friedrich Schinkel, Altes Museum, Berlín, 1822-1830. De K. F. Schinkel, Sammlung architektonischer Entwürfe, Berlín, 1865. 459*
19.3. *Altes Museum. Planta del piso principal. Dibujo: N. Nguyen, según Schinkel. 460*
19.4. *Altes Museum. Sección transversal. Dibujo: Leland Roth, según Schinkel. 460*
19.5. *Thomas Ustick Walter, Girard College, Filadelfia (Pensilvania), 1833-1847. Fotografía: Leland Roth. 461*
19.6. *Sir Charles Barry y Augustus Welby Northmore Pugin, nuevo palacio de Westminster (edificios del Parlamento), Londres, 1836-1870. Planta. Dibujo: P. Boundy. 463*
19.7. *Parlamento, Londres. Fachada al río. Fotografía: Zentrallinstitut für Kunstgeschichte, Múnich. 463*
19.8. *A.W.N. Pugin, diseñador, Cámara de los Loes, Parlamento, Londres. Vista interior. Fotografía: National Buildings Record, Londres. 464*
19.9. *A.W.N. Pugin, grabado de Contrasts, Londres, 1836. Cortesía de la biblioteca Avery, Columbia University. 466*
19.10. *A.W.N. Pugin, iglesia de Saint Giles, Cheadle, Staffordshire (Inglaterra), 1840-1846. National Monuments Record. 467*

- 19.11. *Saint Giles, Cheadle*. Planta. Dibujo: Leland Roth. 468
- 19.12. *Louis Visconti y Hector-Martin Lefuel, ampliación del Louvre, París, 1852-1857*. Giraudon/Art Resource. 469
- 19.13. *Charles Garnier, Ópera de París, 1861-1875*. Fotografía: Oficina de Turismo del Gobierno Francés. 469
- 19.14. *Ópera de París*. Planta. Dibujo: N. Nguyen, según Garnier. 470
- 19.15. *Ópera de París*. Sección. Dibujo: N. Nguyen, según Garnier. 470
- 19.16. *Ópera de París*. Escalinata. Fotografía: Foto Marburg, 456, 471
- 19.17. *Sir George Gilbert Scott, Midland Grand Hotel, Londres, 1868-1874*. Fotografía: National Monuments Record. 472
- 19.18. *Estación de Saint Pancras y Midland Grand Hotel, Londres*. Planta. Dibujo: C. Amberson. 472
- 19.19. *Sir Joseph Paxton, Palacio de Cristal (Crystal Palace), Londres, 1851 (destruido en 1936)*. Vista general. Aguafuerte. Fotografía: Victoria and Albert Museum, Londres; copyright de la Corona. 474
- 19.20. *Palacio de Cristal, Londres*. Interior. Fotografía: Helmut Gernsheim, Londres. 474
- 19.21. *W. H. Barlow y R. M. Ordish, ingenieros, tinglado de la estación de Saint Pancras, Londres, 1863-1865*. Science Museum, Londres. Fotografía: Science Museum. 475
- 19.22. *Charles-Louis-Ferdinand Dutert, con Contanmin, Pierron & Chartron, Galerie des Machines (Salón de las Máquinas), París, 1886-1889*. De N. Ponente, *The Structures of the Modern World, 1850-1900*, 1965. 476
- 19.23. *William Morris con Philip Webb, la casa Roja, Bexley Heath, cerca de Londres, 1859-1860*. Fotografía: ©Wayne Andrews; Esto Photographics, Mamaroneck, Nueva York. 477
- 19.24. *Barón Georges-Eugène Haussmann. Plan de reforma urbana de París, 1852*. De J. Alphand, *Les Promenades de Paris, París, 1867-1873*. 479
- 19.25. *Plano de los alrededores de la ciudad de Barcelona y proyecto de su reforma y ensanche*. Ildefonso Cerdà, 1859. Planta. 481
- 19.26. *Ciudad industrial de Port Sunlight (Inglaterra), iniciada en 1888*. Plano general. Dibujo: Leland Roth, según E. W. Beeson, *Port Sunlight, N.Y., 1911*. 481
- 19.27. *Henri Labrousse, biblioteca de Sainte Geneviève, París, 1838-1850*. Fotografía: J. Austin. 483
- 19.28. *Biblioteca de Sainte-Geneviève, París*. Planta del nivel de lectura superior. Dibujo: J. Huxley. 486
- 19.29. *Biblioteca de Sainte-Geneviève, París*. Vista de la sala de lectura. 484
- 19.30. *Biblioteca de Sainte-Geneviève, París*. Sección. Dibujo: B. Huxley. 484
- 19.31. *Henry Hobson Richardson, edificio para los Juzgados del condado de Allegheny, Pittsburg (Pensilvania), 1885-1887*. Fotografía: Leland Roth. 485
- 19.32. *Henry Hobson Richardson, almacenes Marshall Field, Chicago, 1885-87 (demolido en 1931)*. Fotografía: Charles Allgeier, Chicago (?), ca. 1887; colección del autor. 486
- 19.33. *William Le Baron Jenney, edificio de la Home Insurance, Chicago, 1883-1886 (demolido en 1931)*. De A. T. Andreas, *History of Chicago, 1884-1886*. 487
- 19.34. *McKim, Mead & White, Biblioteca Pública de Boston, 1887-1895*. Fotografía: Leland Roth. 489
- 19.35. *McKim, Mead & White, estación de Pensilvania, Nueva York, 1902-1910 (demolido en 1963-1965)*. Vista aérea. Dreyer photo; cortesía de la biblioteca Avery, Universidad de Columbia. 490
- 19.36. *Estación de Pensilvania, Nueva York*. Planta. Dibujo: M. Waterman y Leland Roth. 490
- 19.37. *Antoni Gaudí, casa Milà (llamada La Pedrera), Barcelona (España), 1905-1910*. Vista exterior. Fotografía: Arxiu MAS, Barcelona. 492
- 19.38. *Casa Milà, Barcelona*. Planta. Dibujo: Leland Roth, según Martinell y Gaudí. 492
- 19.39. *Casa Milà, Barcelona*. Fotografía: Arxiu MAS, Barcelona. 492
- 19.40. y 19.41. *Parc Güell, Barcelona, 1900-1914*. Antoni Gaudí, arquitecto. Vistas del banco situado en la plaza sobre la sala hipóstila. 495
- 19.42. *Cripta de la iglesia de la colonia Güell. 1898-1914*. Antoni Gaudí, arquitecto. Interior de la iglesia. 496
- 19.43. *Victor Horta, casa Tassel, Bruselas, 1893*. Vestíbulo y escalera. Fotografía: Martin Charles. 497

20 Arquitectura de principios del siglo xx: la perfección de la utilidad

- 20.1. *W. R. Wilder y H. K. White, Capitolio del Estado de Washington, Olympia (Washington), 1921-1928*. Cortesía, Norm Johnston, Seattle. 502
- 20.2. *Charles Francis Annesley Voysey, The Orchard (El Huerto), Chorleywood, cerca de Londres, 1899-1900*. Fotografía: ©Wayne Andrews; Esto Photographics, Mamaroneck, Nueva York. 503
- 20.3. *Frank Lloyd Wright, casa Willits, Highland Park (Illinois), 1900-1902*. Fotografía: Leland Roth. 504
- 20.4. *Frank Lloyd Wright, casa Robie, Chicago, 1908-1909*. Fotografía: Leland Roth. 504
- 20.5. *Casa Robie, Chicago*. Planta baja. Dibujo: Leland Roth, según dibujos de HABS y Wright. 505
- 20.6. *Casa Robie, Chicago*. Vista del comedor. Cortesía del Department of Art History, Northwestern University. 506
- 20.7. *Peter Behrens, fábrica de turbinas de AEG, Berlín, 1908-1909*. Fotografía: Bildarchiv Foto Marburg; Art Resource, Nueva York. 508
- 20.8. *Walter Gropius y Adolf Meyer, fábrica de hormas de zapato Fagus, ala de la administración, Alfeld-an-der-Leine (Alemania), 1911-1912*. Fotografía: cortesía del Museum of Modern Art de Nueva York (MoMA). 509

XXVI Lista de ilustraciones

- 20.9. *Walter Gropius y Adolf Meyer, Bauhaus, Dessau (Alemania), 1925-1926. Vista aérea. Fotografía: cortesía del Museo de Arte Moderno de Nueva York (MoMA). 511*
- 20.10. *Bauhaus, Dessau. Ala de talleres. Fotografía: cortesía del Museum of Modern Art de Nueva York (MoMA). 511*
- 20.11. *Ludwig Mies van der Rohe, Siedlung Weissenhof (Urbanización Blanca), Stuttgart (Alemania), 1927. Fotografía: cortesía del Archivo Mies van der Rohe, Museum of Modern Art de Nueva York (MoMA). 513*
- 20.12. *Ludwig Mies van der Rohe, pabellón de Alemania (llamado Pabellón de Barcelona), Barcelona (España), 1929. Fotografía: cortesía del Archivo Mies van der Rohe, Museum of Modern Art de Nueva York (MoMA). 513*
- 20.13. *Pabellón de Alemania, Barcelona. Planta. Dibujo: L. Maak y Leland Roth. 514*
- 20.14. *Ludwig Mies van der Rohe, torres de viviendas de Lake Shore Drive, Chicago, 1948-51. Fotografía: Hedrich-Blessing. 500, 515*
- 20.15. *Torres de viviendas de Lake Shore Drive, Chicago. Planta baja. Dibujo: David Rabbitt. 516*
- 20.16. *Le Corbusier, página 125 de Vers une architecture, París, 1923 (versión castellana: Hacia una arquitectura, Editorial Poseidón, Barcelona, 1977). 518*
- 20.17. *Le Corbusier, maqueta de la casa Citrohan, 1920-1922. Colección de Leland Roth. 519*
- 20.18. *Le Corbusier, Ciudad Contemporánea para Tres Millones de Habitantes, proyecto, 1922. De Le Corbusier, Oeuvre complète de 1910-1929, Zúrich, 1946. 520*
- 20.19. *Le Corbusier, Villa Savoye, Poissy, cerca de París, 1928-1931. Fachada oeste. Fotografía: Ludwig Glaeser. 520*
- 20.20. *Villa Savoye, Poissy. Plantas baja y primera. Dibujo: L. Maak y Leland Roth. 521*
- 20.21. *Villa Savoye, Poissy. Vista de la sala de estar al aire libre. 522*
- 20.22. *Momento de la voladura del conjunto residencial Pruitt-Igoe, San Luis (Misuri), 15 de julio de 1972. Cortesía de Saint-Louis Post Dispatch. 523*

21 Arquitectura de finales del siglo xx: Una cuestión de significado

- 21.1. *Erich Mendelsohn, Torre Einstein, Potsdam, cerca de Berlín, 1917-1921. 530*
- 21.2. *Erich Mendelsohn, boceto para una fábrica de instrumentos de óptica, proyecto, 1917. De Bruno Zevi, Erich Mendelsohn, Londres, 1985. Versión castellana: Erich Mendelsohn, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1986². 530*
- 21.3. *Frank Lloyd Wright, Museo Guggenheim, Nueva York, 1943-1959. Fotografía: Leland Roth. 532*
- 21.4. *Museo Guggenheim, Nueva York. Planta. Dibujo: Leland Roth. 532*
- 21.5. *Museo Guggenheim, Nueva York. Interior. Fotografía: Leland Roth. 533*
- 21.6. *Museo Guggenheim, Nueva York. Sección. Dibujo: Leland Roth, según Wright. 533*
- 21.7. *Alvar Aalto, dormitorios de estudiantes (Baker House), Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), Cambridge, 1946-1948. Vista aérea. Colección Leland Roth. 534*
- 21.8. *Eero Saarinen, capilla, del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), Cambridge, 1953-1955. Fotografía: ©1955 Ezra Stoller; Esto Photographics, Mamaroneck, Nueva York. 536*
- 21.9. *Capilla, Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), Cambridge. Interior. Fotografía: ©1955 Ezra Stoller; Esto Photographics, Mamaroneck, Nueva York. 537*
- 21.10. *Le Corbusier, capilla de Notre-Dame-du-Haut, Ronchamp (Francia), 1950-1955. Vista desde el sureste. Fotografía: Lucien Hervé, París. 538*
- 21.11. *Notre-Dame-du-Haut, Ronchamp. Plano de emplazamiento. Dibujo: W. Chin y Leland Roth. 539*
- 21.12. *Notre-Dame-du-Haut, Ronchamp. Vista axonométrica. Dibujo: W. Chin. 539*
- 21.13. *Notre-Dame-du-Haut, Ronchamp. Interior. Fotografía: G. E. Kidder Smith, Nueva York. 540*
- 21.14. *Eero Saarinen, terminal de la TWA, aeropuerto J. F. Kennedy, Nueva York, 1956-1962. Fotografía: Leland Roth. 541*
- 21.15. *Hans Scharoun, Philharmonie de Berlín, 1957-1965. Exterior. Fotografía: German Information Center, Nueva York. 542*
- 21.16. *Philharmonie de Berlín. Planta. Dibujo: Leland Roth. 542*
- 21.17. *Philharmonie de Berlín. Sección. Dibujo: Leland Roth. 542*
- 21.18. *Philharmonie de Berlín. Interior. 543*
- 21.19. *Jørn Utzon, Teatro de la Ópera de Sidney, Sidney (Australia), 1957-1973. Fotografía: Bill Payne; Ministerio de Asuntos Exteriores y Comercio de Australia. 544*
- 21.20. *Louis I. Kahn, Instituto Biológico Jonas Salk, La Jolla (California), 1959-1965. Vista de la maqueta de trabajo. Fotografía: cortesía de L. I. Kahn. 545*
- 21.21. *Instituto Biológico Jonas Salk, La Jolla. Planta. Dibujo: Leland Roth. 545*
- 21.22. *Venturi & Rauch, con Cope & Lippincott, Guild House, Filadelfia, 1960-1965. Fotografía: William Watkins; cortesía de Venturi & Rauch. 546*
- 21.23. *Renzo Piano y Richard Rogers, Centro Georges Pompidou, París, 1971-1977. 548*
- 21.24. *Peter Eisenman, Casa 10. De Eisenman, House 10, Nueva York, 1982. 548*
- 21.25. *Richard Meier, High Art Museum, Atlanta (Georgia), 1980-1983, Foto: © 1983 Ezra Stoller; Esto Photographics, Mamaroneck, Nueva York. 549*

- 21.26. Philip Johnson, *Relicario de la Nueva Armonía (también conocido como Iglesia sin Techo) para el Blaffer Trust, New Harmony (Indiana), 1960. Fotografía: Leland Roth. 550*
- 21.27. Philip Johnson, *Pennzoil Place, Houston (Texas), 1972-1976. Fotografía: cortesía de Philip Johnson. 551*
- 21.28. Philip Johnson, *edificio AT&T, Nueva York, 1978-1983. Fotografía: Louis Checkmen, Jersey City (Nueva Jersey); cortesía de Philip Johnson. 552*
- 21.29. Robert A. M. Stern, *casa en Farm Neck, Martha's Vineyard, (Massachusetts), 1980-1983. Fotografía: Robert A. Stern. 553*
- 21.30. Langdon & Wilson, *con el Dr. Norman Neuerberg, Museo J. Paul Getty, Malibú (California), 1970-1975. Fotografía: Leland Roth. 553*
- 21.31. Oswald Mathias Ungers, *Deutsches Architekturmuseum (Museo de Arquitectura Alemana), Francfort (Alemania), 1979-1984. Fotografía: cortesía del Deutsches Architekturmuseum, Francfort (Alemania). 554*
- 21.32. Ricardo Bofill, *conjunto residencial Palacio de Abraxas, Marne-la-Vallée, cerca de París, 1978-1982. Fotografía: Ricardo Bofill/Deidi von Schaven. 554*
- 21.33. Charles Moore, *Piazza d'Italia, Nueva Orleans, 1975-1980. Fotografía: Norman McGrath, Nueva York. 555*
- 21.34. Michael Graves, *edificio Portland, Portland (Oregón), 1978-1982. Fotografía: Dallas Swogger, Portland. 556*
- 21.35. Alvar Aalto, *biblioteca del colegio benedictino en Mount Angel, Mount Angel (Oregón), 1967-1971. Fotografía: Leland Roth. 557*
- 21.36. *Biblioteca del colegio benedictino en Mount Angel. Planta. Dibujo: Leland Roth. 558*
- 21.37. *Biblioteca del colegio benedictino en Mount Angel. Sección. Dibujo: Leland Roth. 558*
- 21.38. *Biblioteca del colegio benedictino en Mount Angel. Interior de las zonas de estanterías de libros y de lectura. Fotografía: Leland Roth. 559*
- 21.39. Rafael Moneo, *Museo Nacional de Arte Romano de Mérida, 1980-1986. 563*
- 21.40. Balkrishna Doshi, *Instituto de Estudios Gandhi, Ahmedabad (India), 1980-1984. De J.R. Curtis, Balkrishna Doshi: An Architecture for India, 1988. 565*
- 21.41. Mario Botta, *vivienda unifamiliar en Viganello (Suiza), 1981-1982. Fotografía: Alo Zanetta. 528, 566*

Láminas en color (a partir de la página 76)

Lámina 1. *Rueda de colores.*

Lámina 2. *Mezquita de Masjid-i Sah, Isfahan (Irán), 1611-1638. Fotografía: Art Resource.*

Lámina 3. *Jacques-Ignace Hittorff, reconstrucción del templo de Empédocles en Selinonte (Sicilia), 1830, de Restitution du temple d'Empédocle à Sélinonte, ou l'architecture polychrome chez les Grecs, París, 1851. Cortesía de la colección de la Avery Library, Universidad de Columbia, Nueva York.*

Lámina 4. *Thomas de Cormont, la Sainte-Chapelle, París, 1240-1247; interior restaurado por Eugène-Emmanuel Viollet-le-Duc, 1845-1860. Fotografía: Art Resource, Nueva York.*

Lámina 5. *Johann Balthasar Neumann, Vierzehnheiligen (iglesia de peregrinación de los Catorce Santos), Franconia (Alemania), 1742-1772. Fotografía: Art Resource, Nueva York.*

Lámina 6. *Theo van Doesburg y Cornelius van Eesteren, Construcción en color (proyecto para una casa particular), 1922. Colección del Museum of Modern Art de Nueva York (MoMA), Nueva York, fondo Edgar Kaufman (hijo).*

Lámina 7. *Charles Moore, Piazza d'Italia, Nueva Orleans, 1975-1980. Fotografía: Norman McGrath.*

Prólogo a la edición española

Estamos ante un libro singular que, como una hoja de papel, tiene dos caras inevitables y complementarias. El libro *Entender la arquitectura. Sus elementos, historia y significado* de Leland Martin Roth, publicado originalmente en 1993 como *Understanding Architecture: Its Elements, History, and Meaning*, presenta una doble manera de afrontar el saber ver y entender la arquitectura. Está dividido en dos partes claramente diferenciadas: una temática –los elementos de la arquitectura– y otra de recorrido histórico –la historia y el significado de la arquitectura–.

La primera parte, dividida en ocho capítulos, afronta los conceptos básicos de la arquitectura, a los que Roth denomina ‘elementos’. El interés de Roth por la cultura tardoclasicista norteamericana se muestra en cómo el libro parte de la famosa e intemporal tríada vitruviana de la “*utilitas, firmitas et venustas*”. En el texto, dichos conceptos se transforman en “utilidad” (¿cómo funciona un edificio?), “solidez” (¿cómo se sostiene un edificio?) y belleza, que es interpretada como “deleite” y se desarrolla en tres ámbitos: el espacio en la arquitectura, la percepción visual de la arquitectura, y acústica, forma y sonido. Es lógico que el concepto de belleza, tan controvertido desde la estética de Immanuel Kant y, especialmente, desde que se produjeron las vanguardias artísticas del siglo XX, haya requerido una ardua reinterpretación y un largo desarrollo. El concepto clásico de belleza se ha trasladado a las cualidades espaciales y plásticas de la arquitectura. No sólo se estudia el concepto de espacio y se afrontan las cuestiones de proporción, escala, ritmo, textura y ornamento, sino que se tratan las relaciones entre forma y sonido.

La primera parte del libro se completa con tres apartados que complementan y actualizan los conceptos de la tríada vitruviana: el arquitecto como profesional y mediador que trabaja mediante el proyecto arquitectónico; la arquitectura como parte del entorno, haciéndose eco de la nueva sensibilidad por el lugar, la naturaleza y el paisaje; y, por último, arquitectura, memoria y economía.

La segunda parte se dedica de manera didáctica y sistemática a la historia y el significado de la arquitectura. Roth recorre a lo largo de trece capítulos la historia de la arquitectura y el urbanismo, deteniéndose en estas trece estaciones: La invención de la arquitectura: de las cavernas a las ciudades; Egipto; Grecia; Roma; Arquitecturas paleocristiana y bizantina; Arquitectura medieval primitiva, con los monasterios medievales y las iglesias románicas; Arquitectura gótica; Renacimiento y manierismo; Barroco y rococó; Arquitectura de la ilustración; Siglo XIX; Arquitectura de principios del siglo XX: la percepción de la utilidad, dedicado esencialmente a los cuatro maestros Peter Behrens, Walter Gropius, Mies van der Rohe y Le Corbusier; y, por último, la arquitectura de finales del siglo XX que, a pesar del título, abarca desde el expresionismo alemán al posmodernismo. Los dos últimos capítulos incluyen apartados específicos para el primer racionalismo en España y la arquitectura en el mundo hispanoparlante.

Por todo ello, estamos ante un libro insólito, de un altísimo valor didáctico para aquellos estudiantes y profesionales que quieran disponer de un panorama completo para entender la arquitectura. Roth ofrece una visión sincrónica (es decir, temática e intemporal): afrontando los conceptos básicos y estructurales de la arquitectura, y una visión

diacrónica, estudiando el fenómeno arquitectónico a través de su evolución. En este sentido, Roth consigue un libro que sintetiza conceptualización e historia; en una misma obra consigue superar la dicotomía entre diacronía y sincronía que fue establecida por la lingüística estructural de Ferdinand de Saussure, reelaborada por Roman Jakobson y utilizada a fondo por antropólogos como Claude Lévi-Strauss.

Esta capacidad de conciliar las interpretaciones diacrónicas, típicas de historiadores, con las sincrónicas, propias de antropólogos, etnólogos y teóricos, ha sido un deseo de buena parte de la crítica arquitectónica actual. En su artículo seminal *El historicismo y los límites de la semiología* (1974), Alan Colquhoun realiza un repaso a las dos metodologías contemporáneas básicas –el historicismo y la semiología– y señala la necesidad de sintetizar un pensamiento dual en el que diacronía y sincronía se concilien. La interpretación diacrónica de la historia, estudiando su evolución, otorga sentido y significado. La interpretación sincrónica, propia de la lingüística estructuralista, permite conocer a fondo los signos y los elementos. Y Colquhoun concluye:

Pero en los sistemas no lingüísticos, o, como yo los llamo, sistemas de segundo orden, ha de presuponerse un conjunto de sintagmas complejos, y no simplemente una estructura mínima que proporcione muchas posibilidades combinatorias. La provisión de un *juego de piezas* únicamente permitirá, en sí misma, una combinación mecánica y sólo dará significaciones momentáneas que degenerarán rápidamente. Ese grado cero de la arquitectura, que implica el modelo semiológico regresivo, sólo puede ser auténticamente creativo y socialmente significativo si se logra mediante una reevaluación continua de la tradición de signos complejos existente en un momento dado. Por eso, en mi opinión, la semiología tiene unos límites naturales en cuanto herramienta operativa.

Es decir, Colquhoun defiende esta alianza entre historicismo y semiología, diacronía y sincronía, evolución y conceptualización, reevaluación continua de la tradición y conocimiento de los sistemas de signos.

La formación de Leland Martin Roth se basa en un Bachelor of Architecture por la Universidad de Illinois-Urbana (1966) y en un Master en Historia de la Arquitectura por la Universidad de Yale (1970), obteniendo el grado de doctor en Yale (1973) en Historia de la Arquitectura con la tesis *La arquitectura urbana de McKim, Mead & White*. Desde

1992 es catedrático de Historia de la Arquitectura en la cátedra Marion Dean Ross Endowed de la Universidad de Oregón.

Roth se ha especializado durante años en la obra del equipo McKim, Mead & White (1879-1915), autores de buena parte de las obras académicas e historicistas más representativas de ciudades como Nueva York y Boston. Posteriormente ha ampliado sus estudios hacia Wright, el planeamiento urbano y las *company towns*, y la arquitectura vernacular y la vivienda obrera americana (1865-1925). Roth está especialmente interesado en la conservación del patrimonio histórico y ha estudiado los modelos de casa para la clase media a través de la revista femenina *The Ladies' Home Journal*. El mismo método utilizado para el conocimiento pormenorizado y monográfico de estos temas típicamente norteamericanos –en 1979 Roth publicó *A Concise History of American Architecture*– es el que ha sido aplicado a los conceptos generales y a esta historia general, reequilibrando la inicial visión norteamericana hacia una más universal y plural.

A lo largo de las dos partes del libro, los arquitectos a los que más recurre Roth para ejemplificar sus conceptos arquitectónicos o para explicar a fondo sus obras dentro del esquema histórico son Palladio, John Soane, Antoni Gaudí, McKim, Mead & White, Wright, Mies, Le Corbusier, Louis Kahn, SOM y Hans Scharoun. Y los autores que más influencia han tenido sobre el método de Roth son los pertenecientes a la tradición angloamericana de crítica e historia –Henry-Russell Hitchcock, Peter Collins, Rudolf Wittkower, John Summerson, Nikolaus Pevsner y Joseph Rykwert– además de críticos cruciales de la segunda mitad del siglo como Bruno Zevi y Christian Norberg-Schulz.

El libro de Roth, por su carácter diáfano y básico, por su estricta selección de ejemplos explicados con detenimiento y laboriosidad, y el establecimiento de sabias comparaciones, se convierte en un texto de altísimo valor didáctico, permite iniciarse y formarse en la complejidad de los conceptos básicos y de los rasgos dominantes de la historia de la arquitectura; fomenta el interés por las obras maestras y ayuda a elaborar las coordenadas para pensar y entender la arquitectura.

Prefacio

Este libro trata de enseñar a percibir y comprender nuestro entorno creado por el hombre. Trata de la arquitectura como recipiente físico, como contenedor de la vida humana. Pero, dado que la arquitectura es una actividad social, la edificación también tiene mucho de manifestación social y de creación de legado cultural. Por consiguiente, todo edificio, sea un imponente edificio público o una simple vivienda privada, sea una catedral o un modesto cobertizo para bicicletas, está construido de acuerdo con las leyes de la física y siguiendo unos procedimientos que son algo así como la cristalización de los valores culturales de sus constructores. Este libro pretende ser una introducción tanto al instinto artístico que impulsa a los seres humanos a construir, como a las propiedades estructurales que permiten que los edificios se sostengan en pie. Asimismo, intenta ser una introducción al silencioso lenguaje cultural que expresa todo edificio. Por lo tanto, este libro puede ser entendido como un manual de iniciación a la lectura del entorno visual.

Desde la Reforma Protestante, Occidente ha tenido una tendencia a fomentar la cultura escrita, histórica o literaria, y a conceder poca o menor atención al significado de las imágenes visuales. De ahí que a muy pocos estudiantes se les haya enseñado cómo leer o interpretar el ambiente físico en el que, inevitablemente, van a tener que vivir y trabajar. En algunas escuelas se dan clases de artes visuales, como música y danza, aunque sólo unos pocos estudiantes vayan a ser capaces de aprovechar tales conocimientos cuando accedan al mundo del trabajo. Sin embargo, aún mayor es el vacío educativo que experimenta la mayoría de los estudiantes en lo referente al entorno construido en el que van a tener que desenvolverse.

Lo único que conocen es lo que, a trancas y barrancas, les va enseñando la experiencia *de la calle*. Este analfabetismo ambiental ha sido comúnmente aceptado como algo natural. La mayoría de la gente sabe muy poco, o nada, sobre la historia de su entorno edificado o sobre cómo interpretar el significado del medio que ha heredado.

Este libro pretende ayudar a corregir este estado de cosas. Está dirigido al estudiante inquieto o al lector corriente interesado en aprender los principios del medio edificado y el significado histórico que subyace silenciosamente en su interior. No pretende hacer un recorrido de investigación histórica por la compleja evolución de las formas edificatorias, sino servir de introducción básica al tema de cómo actúa sobre nosotros, física y psicológicamente, el entorno que construimos, y qué mensajes históricos y simbólicos contiene.

La estructura básica de este libro surgió de un esbozo que desarrollé en 1977 para Sandee Harden. Se trataba de la sección de arquitectura de un curso de estudios televisado, el Humanities Through the Arts, producido por el Coast Community College, de Fountain Valley (California), y los City Colleges de Chicago. Como resultado, nació la idea para este libro, a saber: que la arquitectura debía ser examinada como fenómeno cultural, a la vez que como logro artístico y tecnológico. El contenido de este libro evolucionó entonces a partir de un curso introductorio sobre arquitectura impartido durante un periodo de 13 años a los estudiantes de la Ohio State University, de la Northwestern University y, actualmente, en la University of Oregon.

Para la forma y organización del libro se parte de la base de que el lector no sabe ab-

solutamente nada del sentido técnico o histórico del entorno edificado. De ahí la división en dos partes, la primera de las cuales trata de las propiedades básicas de la arquitectura. En ella se plantean los conceptos fundamentales del proyecto y de la técnica, y se presenta un vocabulario de trabajo; después, ya en la segunda parte, se estudia la evolución de la arquitectura occidental, examinando los temas culturales básicos y ejemplos de edificios seleccionados. Tal división permite que el capítulo sobre arquitectura romana se centre, por ejemplo, en la imagen simbólica de la gran cúpula del Panteón de Roma, dado que en la primera parte ya se habrán tratado las propiedades estructurales de las cúpulas.

La primera parte empieza con una definición de lo que es la arquitectura y prosigue con una serie de capítulos en los que se exploran la función, los conceptos estructurales y los elementos de proyecto. Hay capítulos individuales que tratan sobre cómo afecta la arquitectura a los elementos climáticos (y es afectada por ellos), cuál ha sido el papel del arquitecto a través de los tiempos y qué arquitectura ha sido considerada como *buena* o *económica*. La exposición de la primera parte está ilustrada con ejemplos extraídos de todos los lugares del mundo, de tiempos pasados o actuales.

La segunda parte es un estudio histórico del desarrollo de la arquitectura en Occidente, desde la prehistoria hasta nuestros días. Esos capítulos se centran en la arquitectura como artefacto cultural, como manifestación sistematizada de valores. Todo ello conduce al concluyente argumento de que lo que construimos hoy, sea a escala privada o pública, no es sino un compendio de nuestros propios valores.

Al escribir este libro me he visto influido por numerosos estudios históricos, incluyendo obras generales detalladas, monografías especializadas y estudios teóricos recientes. Tal vez el más formativo haya sido el de Niels Luning Prak, *The Language of Architecture* (La Haya, Países Bajos, 1968) que también está dividido en dos partes, pero cuya cobertura histórica empieza con el mausoleo cristiano primitivo/iglesia de Santa Constantza y termina con la casa de Cristal, de Philip Johnson y la capilla de Ronchamp, de Le Corbusier. Desde la construcción de

esos edificios, a principios de la década de 1950, ha llovido mucho. En cierto modo, el libro de Christian Norberg-Schulz, *Meaning in Western Architecture* (Nueva York, 1975; versión castellana: *Arquitectura Occidental. La arquitectura como historia de formas significativas*, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1983) es similar al de Prak. Para el análisis formal de la arquitectura, estoy en deuda con el de Steen Eiler Rasmussen, *Experiencing Architecture* (Cambridge, Massachusetts, 1959, 2ª ed., 1962) y con el de Sinclair Gaudie, *Architecture* (Londres, 1969). Especialmente esclarecedora para mí ha sido la obra de Stanley Abercrombie, *Architecture as Art: An Aesthetic Analysis* (Nueva York, 1984). También encontré particularmente interesante el libro preparado por los arquitectos Caudill, Peia y Kennon, *Architecture and You*, Nueva York, 1978, dirigido a clientes en prospectiva. Para los pasajes que tratan sobre los valores en arquitectura, me inspiré en el de Peter F. Smith, *Architecture and the Human Dimension*, (Westfield, Nueva Jersey, 1979); y en el de Melvin Rader y Bertram Jessup, *Art and Human Values* (Englewood Cliffs, Nueva Jersey, 1976).

En un estudio como el contenido en la segunda parte, sería casi imposible no ser influido por la obra de Nikolaus Pevsner, *An Outline of European Architecture* (Harmondsworth, Inglaterra, 1943, 7ª edición, 1963; versión castellana: *Breve historia de la Arquitectura Europea*, Alianza Editorial, Madrid, 1994), que sigue siendo uno de los libros más importantes de este tipo; y por la obra de Robert Furneaux Jordan, *Concise History of Western Architecture* (Nueva York, 1970). Estos condensados estudios actualmente han quedado superados por tres extensas obras: el libro de Spiro Kostof, *A History of Architecture* (Nueva York, 1985; versión castellana: *Historia de la arquitectura*, Alianza Editorial, Madrid, 1988); el de Marvin Trachtenberg e Isabelle Hyman, *Architecture: From Prehistory to Post-Modernism* (Englewood Cliffs, Nueva Jersey, 1986) y David Watkin, *A History of Western Architecture* (Londres y Nueva York, 1986); Pero, a diferencia de esas obras enciclopédicas, esta breve introducción trata la arquitectura como una expresión cultural y se centra en ejemplos seleccionados, tratándolos más como tipos que intentando estudiar con de-

talle el intrincado desarrollo del estilo.

Coincido con Kostof en que todo entorno edificado es digno de estudio, pues ha sido construido en respuesta a la necesidad humana. Sin embargo, en un libro tan compacto como este, no es posible realizar una investigación de la arquitectura popular, aunque no cabe duda de que constituye una parte significativa de nuestro ambiente vital. Tampoco ha sido posible elaborar un estudio sobre los valores culturales profundamente arraigados que incorporan los edificios islámicos, indios u orientales, y en qué difieren de los occidentales.¹ Soy consciente de que ello puede ser considerado como una carencia de esta obra, y de que algunos críticos pueden atribuir al libro un cierto énfasis occidentalista. En vista de que la mayoría de los estudiantes que conozco va a desenvolverse en una cultura occidental, y considerando el modesto alcance de este libro, he preferido optar por no examinar la gama completa de la edificación popular ni la moderna pluralidad de contactos de ámbito mundial. Reconozco la importancia de tales estudios y espero poder tratarlos como se merecen en futuros volúmenes.

Cualquiera que haya sido la información absorbida por mí en todas las obras citadas, se ha modificado y ampliado en las clases de acuerdo con las necesidades del momento. En este sentido, estoy muy agradecido a mis

estudiantes por sus aportaciones a lo largo de mis años de docencia, en forma de preguntas y observaciones, tanto orales como escritas. Resultaría imposible agradecer, adecuada y personalmente, a todos los colegas que han leído el manuscrito; no obstante, deseo expresar muy especialmente mi agradecimiento a G.Z. Brown, Jeffrey Hurwit, John Reynolds y Richard Sundt.

También es obligado mencionar los planos ilustrados a lo largo del libro, ya que en ellos también han intervenido los estudiantes de forma significativa. Aparte de los preparados personalmente por mí, para unificar símbolos y criterios convencionales, muchos fueron dibujados por los estudiantes de arquitectura de los diversos cursos que impartí durante los años 1985 y 1986. En la lista de ilustraciones aparecen citados individualmente.

Al igual que ocurrió en mis libros anteriores, éste no habría sido posible sin el aliento y el entusiasmo demostrados por Cass Canfield Jr., mi editor en HarperCollins, a lo largo del dilatado periodo de gestación. Y el más especial de los agradecimientos a Carol, quien lo leyó con su agudo ojo crítico y entre cuyos servicios estuvieron los de *poner a raya* las inevitables comas erráticas y preparar la copia final para la imprenta.

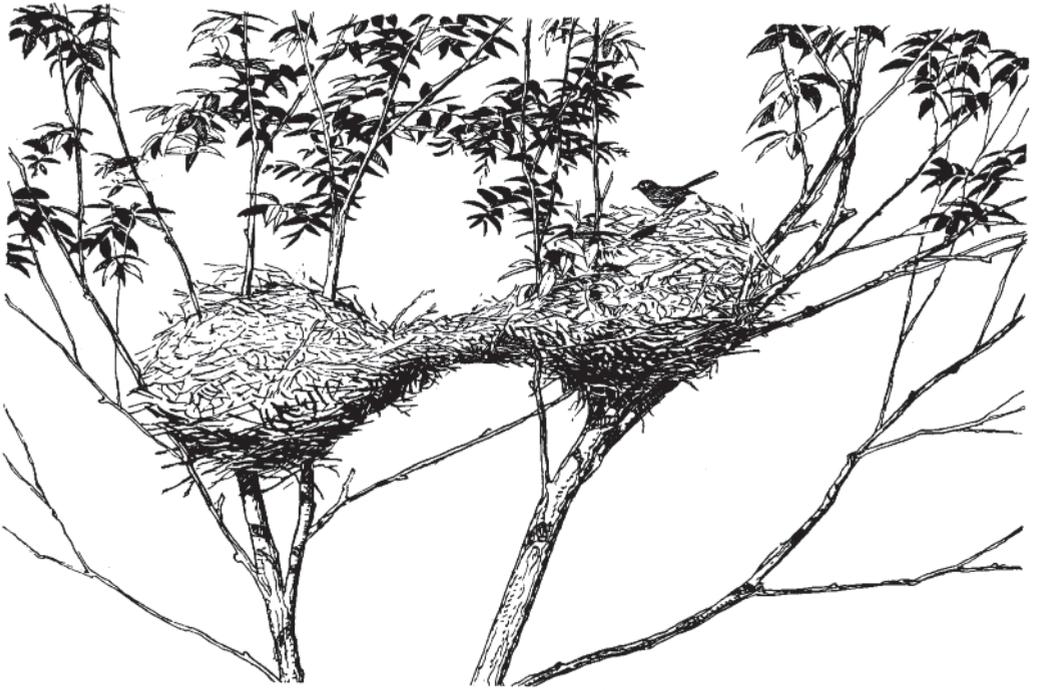
pro domo humano

NOTAS

1. Para la arquitectura india, véanse: Huntington, Susan L. y John C., *The Art of Ancient India: Buddhist, Hindu, Jain*, Nueva York, 1965; Nath, R., *Islamic Architecture and Culture in India*, Delhi, 1982; y Rowland, Benjamin, *The Art and Architecture of India*, 3ª ed., Baltimore, 1977. Para la arquitectura china, véanse: Wu, Nelson I., *Chinese and Indian Architecture*, Nueva York, 1963; Sickman, Laurence, y Alexander Soper, *The Art and Architecture of China*, 3ª ed., Baltimore, 1971. Para la arquitectura japonesa, véanse Alex, William, *Japanese Architecture*, Nueva York, 1963; y Paine, Robert Treat, y Alexander Soper, *The Art and*

Architecture of Japan, 3ª ed., Baltimore, 1981. En el estudio de la arquitectura japonesa como fenómeno cultural, véase Nishihara, Kiyoyuki, *Japanese Houses: Patterns for Living*, Tokio, 1967. Recientemente, han empezado a aparecer diversos estudios en inglés sobre la arquitectura islámica; véanse: Ettinghausen, Richard, y Oleg Grabar, *The Art and Architecture of Islam, 620-1250*, Harmondsworth (Inglaterra) y Nueva York, 1987; Hoag, John D., *Islamic Architecture*, Nueva York, 1977; y Michell, George, ed., *Architecture of the Islamic World: Its History and Social Meaning*, Nueva York, 1978.

Entender la arquitectura



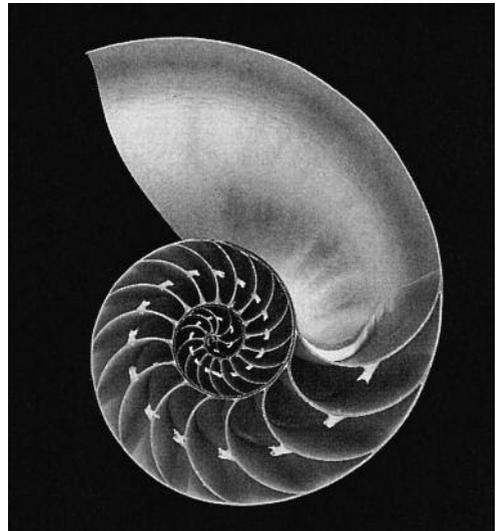
1. Nido del petirrojo suramericano constructor de castillos, un ejemplo de construcción intencional dentro del reino animal.

La arquitectura, el arte inevitable

La arquitectura es el arte inevitable. Despiertos o dormidos, durante las 24 horas del día estamos en edificios, en torno a edificios, en los espacios definidos por ellos o en paisajes o ambientes creados por la mano del hombre. De quererlo así, nos resultaría fácil evitar deliberadamente la visión de pinturas, esculturas, dibujos o cualquier otro producto de las artes visuales, pero la arquitectura nos afecta constantemente, configura nuestra conducta y condiciona nuestro estado de ánimo psicológico. Los ciegos no pueden ver cuadros y los sordos no pueden escuchar música, pero ambos están obligados a tener trato con la arquitectura, como todos los demás seres humanos. La arquitectura, más que limitarse a ser un mero cobijo o paraguas protector, es también la crónica física de las actividades y aspiraciones humanas. Es nuestro patrimonio cultural.

El arquitecto Louis Kahn escribió que “la arquitectura es lo que la naturaleza no puede hacer”.¹ El hombre pertenece a la categoría de animales que construyen, y realmente algunas de las estructuras construidas por pájaros, abejas o termitas, por nombrar sólo algunos, son, por su economía estructural, como obras de la ingeniería humana. En Suramérica existe un petirrojo que construye unos nidos de dos cámaras, comunicadas entre sí mediante un túnel colgante; el conjunto tiene la forma de unas pesas de barra, de las que se usan para hacer gimnasia [1]. Ciertas termitas ciegas construyen unos atrevidos arcos de barro, empezando por los arranques y remontándose hasta que se encuentran en un punto en el aire. Algunos moluscos, como el nautilo, construyen sus moradas en torno a sí mismos, creando una cáscara dura de carbonato de calcio.

El caparazón del nautilo es útil como metáfora para el entorno edificado del hombre. Conforme el nautilo crece, va añadiendo una nueva y más amplia cámara a su cáscara curva, quedando la cámara desocupada llena de gas nitrógeno, lo que le sirve para aumentar la flotabilidad de la masa añadida; las partes más antiguas de la cáscara permanecen, sin embargo, como un registro de la historia del animal [2]. La arquitectura es como la cáscara del nautilo de la especie humana; es el entorno que construimos para nosotros mismos y que, a medida que vamos adquiriendo experiencia y conocimientos, cambiamos y adaptamos a nuestro nuevo ámbito expandido. Si queremos conservar nuestra identidad, debemos tener la precaución de no eliminar la *cáscara* de nuestro pasado, ya que



2. Sección del caparazón de un nautilo. La construcción de la cáscara se ha realizado mediante un proceso biológico inconsciente.

2 Introducción



3. Cobertizo para guardar bicicletas, Departamento de Tráfico, Eugene (Oregón), 1984. El cobertizo para bicicletas forma parte de un conjunto de edificios, incluyendo una zona de terminal de autobuses, destinado a fomentar el uso del transporte público.

es como la crónica física de nuestras aspiraciones y nuestros logros.

En tiempos no muy lejanos era frecuente pensar que la arquitectura consistía únicamente en los edificios considerados como *importantes*, es decir en los grandes edificios para la Iglesia y el Estado, que precisaban del dispendio de muchas energías y grandes sumas de dinero. Tal vez la causa de esto haya que atribuirlo a que, en el pasado, las historias de la arquitectura fueron escritas principalmente por arquitectos, espléndidos mecenas o cronistas de la corte que querían agudizar la distinción entre sus propias obras y la masa circundante de los edificios populares. Nikolaus Pevsner, en su compacta obra *Breve historia de la arquitectura europea*, publicada por primera vez en 1943, empezaba por hacer la siguiente distinción: “un cobertizo para una bicicleta es un edificio; la catedral de Lincoln es una obra de arquitectura” [3, 4].² La sabiduría popular a

menudo establece la misma distinción, como demuestra la anécdota, ya tópica, de aquel fabricante de estructuras metálicas que ofrecía al cliente un amplio abanico de adornos para las puertas: estilo colonial, mediterráneo, clásico, etc. Tras un temporal de viento que produjo daños en varias de sus estructuras, el representante de la fábrica se tomó la molestia de telefonar a sus clientes para indagar cómo se habían comportado sus estructuras ante el temporal. Uno de ellos, cuya puerta de estilo colonial había sido arrancada por el viento, mientras el resto del granero permanecía en pie, le contestó: “El edificio ha resistido bien, pero la arquitectura ha volado”.³

De hecho, si tuviéramos que estudiar la *arquitectura* de las catedrales de Lincoln o de Notre-Dame de Amiens, o cualquier otra, sin tener en cuenta los *edificios* –es decir, todas las casas humildes que conformaban la ciudad en torno a aquéllas–, llegaríamos a una

idea errónea de la posición que ocupaba la Iglesia en el contexto cultural y social de la edad media. Es preciso examinar *ambas* cosas; es decir, la catedral y las casas corrientes que la rodean, porque la arquitectura medieval está constituida por *todos* los edificios como conjunto. Análogamente, si queremos comprender la totalidad de la arquitectura de la ciudad contemporánea, tendremos que considerar todos sus elementos componentes. Por ejemplo, para aprehender la ciudad de Eugene (Oregón), necesitaremos estudiar los cobertizos para bicicletas que están integrados como parte del sistema de transporte [3]; en ellos, los ciclistas dejan sus bicicletas atadas bajo techo y toman un transporte público motorizado. Los cobertizos para bicicletas son parte de la política ecológica municipal, que se esfuerza en mejorar el medio ambiente fomentando el uso de medios alternativos al transporte en coche particular.

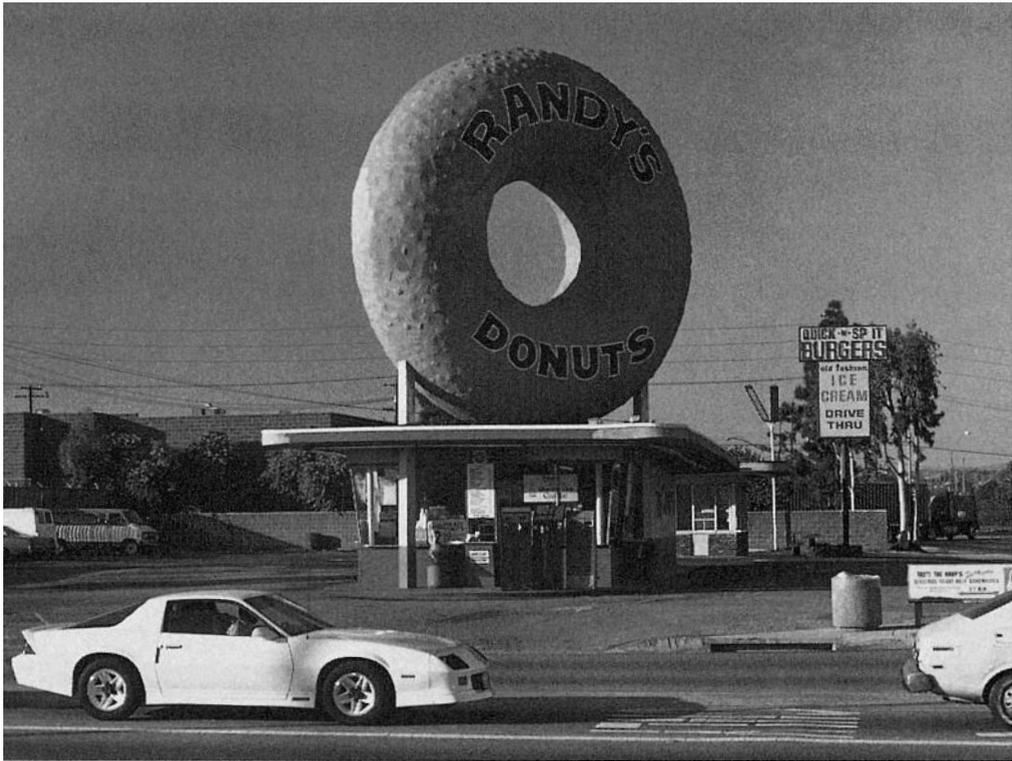
La enfática distinción que hace Pevsner entre arquitectura y edificio es comprensible dada la concisión de su compacto libro, pues ello le permitió tratar mejor el amplio material que tenía que manejar. El punto de vista de Pevsner es consecuencia de la extendida influencia del crítico del siglo XIX John Ruskin, quien hizo la misma distinción en la segunda frase de su libro *Las siete lámparas de la arquitectura* (Londres, 1849). El libro empezaba así: “Al comienzo de cualquier investigación, es sumamente necesario distinguir cuidadosamente entre arquitectura y edificio”. Ruskin quería fijar su atención en los edificios religiosos y públicos, pero también reconocía que la arquitectura era un artefacto cultural sumamente informativo. En otro de sus escritos, el prefacio de *St. Mark s Rest* (Londres, 1877), advertía: “las grandes naciones escriben sus autobiografías en tres manuscritos: el libro de sus hazañas, el libro de sus palabras y el libro de su arte. Ninguno de esos libros puede ser interpretado por sí solo a menos que se lean los otros dos; pero de los tres, el único medianamente fiable es el último”.⁴ Como el propio Ruskin reconocía, para abordar el conocimiento de la arquitectura del pasado, de cualquier periodo o cultura anterior al nuestro, tenemos que empaparnos de la historia y la literatura de ese periodo, que son como la crónica de sus actos y de su pensamiento, antes de poder

comprender en toda su integridad el mensaje que transmite la arquitectura. Por lo tanto, la arquitectura es como la historia y la literatura escritas, un recuerdo de la gente que las produjo y, en buena medida, puede ser *leída* de la misma forma. La arquitectura es un modo de comunicación no verbal, una crónica muda de la cultura que la produjo.

Ese concepto –el de la totalidad del entorno construido entendido como arquitectura y el del entorno como una forma de diálogo con el pasado y el futuro– es el que subyace en este libro. La arquitectura se interpreta aquí como la globalidad del entorno construido por el ser humano, incluyendo los edificios, espacios urbanos y paisajes. Y, dado que en un libro de este tamaño no es posible examinar detalladamente todos los tipos de edificio de todas las épocas, el lector debe tener siempre presente la idea de que lo que constituye la arquitectura de cual-



4. Catedral de Lincoln, Lincoln (Inglaterra), 1192-1280. Este edificio fue construido a modo de demostración pública del poder de la Iglesia y de orgullo cívico.



5. Henry J. Goodwin, *Big Donut Shop*, Los Ángeles, 1954. Edificio creado como respuesta a la cultura del automóvil y al deseo por parte del público de comidas rápidas.

quier periodo es el espectro global de su edificación, y no unos pocos edificios señalados.

A diferencia de otras criaturas que construyen, el ser humano piensa mientras construye, razón por la cual la edificación humana es un acto consciente, un acto que engloba innumerables decisiones y alternativas. Este hecho es el que distingue las construcciones humanas de los nidos de los pájaros y las celdas de las abejas, que son construidos como resultado de una programación genética. Los seres humanos construyen para satisfacer una necesidad, pero, aún así, sus obras expresan sentimientos y valores; expresan en madera, piedra, metal, yeso y plástico lo que consideran vital e importante, ya sea un cobertizo para bicicletas o una catedral. Esto puede adoptar la forma de un mensaje claramente entendido y deliberadamente incorporado por el cliente y el arquitecto, o puede ser una afirmación inconsciente o subconsciente, descifrable más tarde por el observador. De ahí que el edifi-

cio del Capitolio, en Washington DC, tenga tantas cosas que comunicarnos acerca del simbolismo del gobierno republicano de Estados Unidos en el siglo XIX como las pueda tener el Empire State de Nueva York acerca del capitalismo y el precio del suelo urbano en el siglo XX. Análogamente, el Big Donut Shop, construido en 1954 en Los Ángeles por Henry J. Goodwin [5], tiene tanta importancia como artefacto cultural que como arquitectura, pues es un reflejo del amor de los norteamericanos por el automóvil y de su deseo de una gratificación alimentaria instantánea.

La arquitectura es el arte inevitable. Estamos en continuo contacto con ella, a menos que nos vayamos al bosque o al desierto; es una forma de arte en la que habitamos. Tal vez sea esta familiaridad la que nos hace verla sólo como un agente utilitario, simplemente como la más grande de nuestras contribuciones técnicas, a la que no prestamos más atención que la que dedicamos a cual-

quier aparato de uso cotidiano. Y, a pesar de ello, a diferencia de otras artes, la arquitectura tiene el poder de condicionar y afectar al comportamiento humano; el color de las paredes de una habitación, por ejemplo, puede influir en nuestro estado de ánimo. La arquitectura actúa sobre nosotros creando un sentido de temor reverente cuando paseamos entre las gigantescas columnas pétreas de la sala hipóstila del templo egipcio de Karnak; o arrastrándonos, como por la fuerza de la gravedad, hacia el centro del vasto espacio cubierto por la cúpula del Panteón, en Roma; o haciéndonos sentir el flujo del espacio y el enraizamiento en la tierra de la casa de la Cascada, de Frank Lloyd Wright.

Qué duda cabe que una parte de nuestra experiencia de la arquitectura está basada, fundamentalmente, en nuestro disfrute de esas respuestas psicológicas –que el arquitecto experto sabe cómo manipular para obtener el máximo efecto–, pero la experiencia más completa de la arquitectura la adquirimos si ampliamos nuestros conocimientos sobre un edificio, su estructura, su historia y su significado, contribuyendo, a la vez, a aminorar nuestros prejuicios y nuestra ignorancia.

También conviene recordar que la arquitectura, además de proporcionarnos cobijo, es una representación simbólica. Como escribiera sir Herbert Read, el arte es “una forma de discurso simbólico, y donde no hay símbolo ni, por lo tanto, discurso, no hay

arte”.⁵ Este contenido simbólico se percibe con mayor facilidad en los edificios religiosos y públicos, en los que el objetivo principal es hacer una proclamación clara y enfática de los valores y creencias de la comunidad. Cuando un edificio nos parece raro, suele ser porque el símbolo que representa no pertenece a nuestro vocabulario cotidiano. A los norteamericanos, que carecen de un legado arquitectónico gótico, la construcción del Parlamento de Londres en estilo medieval en pleno siglo XIX puede parecerles a primera vista anacrónica. Pero resulta más comprensible si recordamos que este edificio debía incorporarse al conjunto de edificios góticos “auténticos” que subsistieron al incendio que motivó su construcción, y que, para el inglés del siglo XIX, la arquitectura gótica era inherentemente inglesa y, por lo tanto, tenía una conexión de siglos con el gobierno parlamentario. Para muchos ingleses de la época, el gótico era el *único* estilo apropiado.

La arquitectura es la ciencia y el arte de la construcción. Para entender más claramente el arte de la arquitectura y su discurso simbólico es preciso comprender primero la *ciencia* de la construcción arquitectónica. Por consiguiente, en los próximos capítulos de la primera parte se explorarán los pragmáticos temas de la función, la estructura y el proyecto. Después, en la segunda parte, se abordará el simbolismo de la arquitectura como medio de comunicación no verbal.

NOTAS

1. Louis I. Kahn, “Remarks”, en *Perspecta*, The Yale Architectural Journal, n° 9-10, 1965, p. 305.

2. Nikolaus Pevsner, *An Outline of European Architecture*, Londres, 1943. Esta obra se ha convertido en un clásico; (versión castellana: *Breve historia de la Arquitectura Europea*, Alianza Editorial, Madrid, 1994).

3. Walter McQuade cuenta una anécdota similar en “Where s the Architecture?”, en *Connoisseur*, n° 215, noviembre, 1985, p. 82.

4. El libro de Ruskin *Seven Lamps of Architecture*; (versión castellana: *Las siete lámparas de la arquitectura*, Aguilar, SA de Ediciones,

Madrid, 1964), se sigue imprimiendo. Debido a las numerosas ediciones que existen de los escritos de Ruskin, la mejor fuente de información es la edición estándar en muchos volúmenes publicada por E.T. Cook y A. Wedderburn, *The Works of John Ruskin*, Londres, 1903-1912; para el prefacio de *St. Mark s Rest*, véase el volumen 24.

5. Sir Herbert Read, “The Disintegration of Form in Modern Art”, en *The Origins of Form in Art*, Nueva York, 1965, p. 182; versión castellana: *Orígenes de la forma en el Arte*, Editorial Proyección, Buenos Aires, 1967.



6. Stonehenge III, llanura de Salisbury, Wiltshire (Inglaterra), ca. 2000-1500 a. de C. Detalle de un trilito central.

PRIMERA PARTE

Los elementos de la arquitectura



1.2. Adler & Sullivan, edificio de la Guaranty Trust, Buffalo, 1895. Louis H. Sullivan expresó claramente en la fachada las tres zonas funcionales fundamentales del moderno rascacielos de oficinas.

“Utilidad”: ¿cómo funciona un edificio?

Haec autem ita fieri debent, ut habeatur ratio firmitatis, utilitatis, venustatis. (Deben llevarse a cabo de tal manera que se tenga en cuenta la resistencia, la utilidad, la gracia).

Marco Vitruvio, *De architectura*, hacia el 25 a. de C., 1.iii.ii

En arquitectura, como en las demás artes operativas, el fin debe guiar a los medios. El fin es construir bien. La buena construcción debe cumplir tres condiciones: utilidad, solidez y deleite.

Sir Henry Wotton, *The Elements of Architecture*, 1624

Tal vez la definición más básica de arquitectura sea la que escribiera el antiguo arquitecto romano Marco Vitruvio, hacia el año 25 a. de C. Como se comprueba al leer este tratado, la arquitectura ya era objeto de estudios críticos mucho antes de la época en que fue escrito. Varios arquitectos griegos recopilaban libros sobre arquitectura durante los siglos anteriores al nacimiento de Cristo, y sus obras condujeron a la escrita por Vitruvio. En esta obra se relacionan 63 libros de arquitectura griegos y romanos consultados por el autor para escribir el suyo, algunos de los cuales se remontan al siglo IV a. de C.¹

Los elementos básicos de la arquitectura descritos por Vitruvio han permanecido sin cambios esenciales desde la antigüedad. “La arquitectura”, escribió, “debe proporcionar utilidad, solidez y belleza” o, como parafraseó sir Henry Wotton en el siglo XVII, “utilidad, solidez y deleite”. Por utilidad, Vitruvio entendía la disposición de las habitaciones y los espacios de forma y manera que no hubiera trabas a su uso y que el edificio se adaptara perfectamente a su emplazamiento. Por solidez entendía que los cimientos debían ser sólidos y los materiales de construcción debían ser juiciosamente elegidos. Belleza sig-

nificaba para él que “el aspecto de la obra es agradable y de buen gusto, y [que] sus elementos están adecuadamente proporcionados con arreglo a los principios de la simetría”.² No importa cómo se haya entendido esta noción de belleza, o *venustas*, a lo largo de los siglos, el hecho es que la tríada vitruviana sigue siendo un compendio válido de los elementos de la buena arquitectura. Las cuestiones fundamentales de la arquitectura son las siguientes: la primera, ¿sirve el edificio para cumplir sus fines?, ¿realza el edificio su entorno?; segunda, ¿está suficientemente bien construido como para permanecer en pie?, ¿resisten bien a la intemperie los materiales que lo componen?; tercera, aunque no menos importante, ¿es atractivo el edificio?, ¿sirve para proporcionar satisfacción y goce?, ¿proporciona deleite?

La definición tripartita vitruviana de arquitectura será la base de la exposición que se hace en los siete capítulos siguientes, empezando por el elemento que, a primera vista, podría parecer más directo pero que, a mediados del siglo XX, mostró ser sumamente problemático. Este elemento, el primero citado por Vitruvio, es la *función*. La función o utilidad pragmática de un objeto –o, si se prefiere, su aptitud para un uso particular– es un criterio que ya fue analizado por filósofos o historiadores griegos como Platón, Aristóteles o Jenofonte.³ Las dificultades que nos hemos encontrado en los últimos tres cuartos de siglo son, en parte, debidas a que en español sólo existe una palabra para definir la función, de la misma manera que en la mayoría de las lenguas europeas existe una única palabra para definir la nieve, por contraste con los esquimales que tienen numerosas voces para describir las diferentes propiedades de la nieve según las condicio-

nes del tiempo. Análogamente, necesitamos variaciones para describir diferentes tipos de función. Nuestra alternativa es construir palabras compuestas, como *función de circulación* o *función acústica*, por ejemplo.

Para agravar aún más el problema, hacia la década de 1920, la definición de función se restringió a un sentido puramente mecánico, con el nacimiento de lo que se llamaría arquitectura moderna internacional, el “estilo internacional”, como fue bautizado en 1932 por Henry Russell Hitchcock y Philip Johnson. El modelo para este tipo de edificio lo proporcionaron la fábrica de turbinas AEG (1908-1909), en Berlín, de Peter Behrens, y la fábrica Fagus (1911), en Alfeld (Alemania), de Walter Gropius [20.7, 20.8]. En ambos casos, la forma del edificio estaba casi absolutamente dictaminada por los procesos industriales internos. En 1926, Gropius proyectó el nuevo edificio para la Escuela de la Bauhaus en Dessau (Alemania), cuya ala de talleres ejemplificaba el mismo determinismo industrial. Aproximadamente por la misma época, Gropius escribió sobre la nueva arquitectura: “Cada cosa está determinada por su naturaleza y, para que funcione correctamente, su esencia debe ser examinada y comprendida en su integridad. Cada cosa debe responder a su propia función en todos los aspectos, es decir, debe cumplir su finalidad en un sentido práctico y, por lo tanto, debe ser útil, fiable y barata”.⁴ El arquitecto suizo-francés Charles Édouard Jeanneret (más conocido por su seudónimo de Le Corbusier) describió la inadecuación funcional de la casa contemporánea, diciendo que, para la nueva era y la nueva arquitectura que demandaba, “la casa es una máquina de vivir”.⁵ En 1929, el arquitecto Bruno Taut resumió así el propósito de la arquitectura moderna: “El objetivo de la arquitectura es la creación de la más perfecta –y, por ende, más bella– eficiencia”.⁶ En pocas palabras, la belleza surgiría *automáticamente* de la más estricta y desnuda utilidad.

Sin embargo, el problema que se fue desvelando paulatinamente a medida que avanzaba el siglo xx, es que muy pocas tipologías de edificio (excepción hecha de las fábricas y otros edificios industriales) poseen esa clase de proceso interno capaz de determinar la forma de una manera tan directa, unívoca y utilitaria. La mayoría de las actividades hu-

manas no puede ser cuantificada o reducida a una mera fórmula mecánica. El arquitecto norteamericano Louis I. Kahn opinaba que “cuando uno crea un edificio, crea una vida. Surge de la vida y, realmente, se crea vida. Le habla a uno. Si *solamente* se tiene la comprensión de la función del edificio, difícilmente podrá éste constituir el ambiente para una vida”.⁷

Otro problema que se nos ha presentado durante los dos últimos siglos es que pocos edificios siguen usándose para la función para la que fueron creados. Ello se ha traducido en ampliaciones, reformas o en la construcción de edificios completamente nuevos, cuando no en la reconversión del edificio original para un nuevo uso. En este caso, la tentación más inmediata es argumentar que el viejo edificio nunca fue funcional porque no puede dar acomodo al *nuevo* uso que queremos darle, aunque, en realidad, lo más probable es que, en su tiempo, el edificio cumpliera perfectamente su función original.

Una alternativa a esta cuestión sería proyectar el edificio de manera que pudiera dar acomodo a cualquier actividad que se plantease en el futuro. Este fue el enfoque adoptado a mediados del siglo xx por Ludwig Mies van der Rohe, quien ideó lo que él mismo llamó el *Vielzweckraum*, el *espacio multifuncional* o *espacio universal*. Efectivamente, Mies sostenía que él y sus asociados no adaptaban la forma a la función: “Damos la vuelta a este concepto, es decir, creamos una forma práctica y satisfactoria y, después, acomodamos las funciones en ella. Hoy en día, ésta es la única manera práctica de construir, ya que las funciones de la mayoría de los edificios cambian continuamente, mientras que el edificio no puede alterarse de manera económica”.⁸ La demostración práctica de este aserto la tenemos en la gran sala sin pilares de la Crown Hall, en el Instituto Tecnológico de Illinois (IIT), en Chicago (1952-1956) [1.1]. El problema es que, si bien una sala de tan amplias dimensiones puede dar acomodo a una gran diversidad de actividades, en cambio funciona bastante mal acústicamente, ya que un sonido emitido en cualquier punto de la sala produce ecos y reverberaciones a través de todo el espacio. Sencillamente, Mies van der Rohe dio forma construida a lo que muchos de los arquitectos de la arquitectura moderna internacional pensaban



1.1. Ludwig Mies van der Rohe, Crown Hall, Instituto Tecnológico de Illinois (IIT), Chicago, 1952-1956. El interior consiste simplemente en una amplia sala concebida para satisfacer una gran variedad de funciones diferentes.

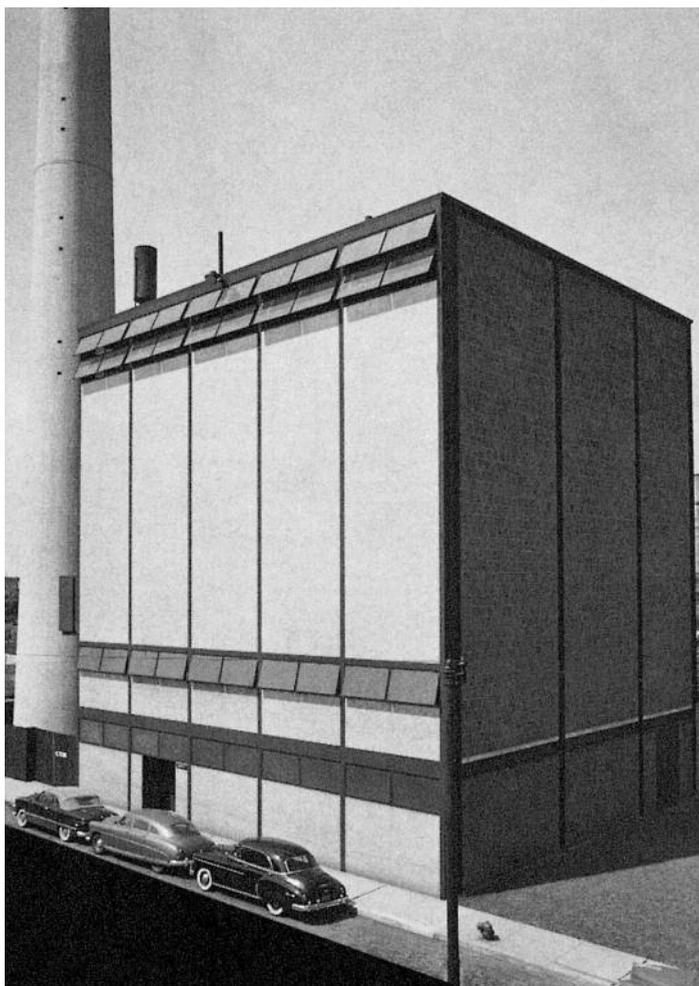
desde los años veinte: que había una universalidad de necesidades humanas y de funciones. Le Corbusier llegó incluso a afirmar que era posible proyectar “un solo edificio para todos los países y climas”.⁹ Por desgracia, esta afirmación, tan atractiva debido a su aparente simplicidad científica, ignora dos verdades fundamentales, a saber: que la función está sometida a influencias sociales y culturales, y que la forma del edificio es también una respuesta a su entorno físico y climático.

La función, por lo tanto, tiene muchos componentes, el más básico de los cuales es la **utilidad pragmática**, o sea, el acomodo de un uso o actividad determinado a una sala o espacio específico. Una habitación puede utilizarse para acoger una simple cama para dormir, puede ser un despacho con un escritorio, o bien puede ser una gran sala de reunión o cualquier otro espacio público.

La mayoría de los edificios, naturalmente, están compuestos de numerosas habitaciones, con funciones vinculadas entre sí. Por

consiguiente, la gente necesita desplazarse de una habitación a otra, razón por la cual la **función de circulación** –es decir, la creación de espacios para dar acomodo, dirigir y facilitar los movimientos de una zona a otras casi tan importante como la función utilitaria. Cuando Charles Garnier proyectó la Ópera de París (1861-1875), analizó cuál era exactamente la *función* de la ópera. Ciertamente que los parisinos querían oír la última creación operística, pero, como Garnier observó sagazmente, para ir a la ópera existía un motivo social tal vez más importante que el mero placer de escuchar la música: la gente quería *ver* y *ser vista*. Por lo tanto, las zonas de circulación debían ser tan importantes como el escenario y el auditorio, de modo que, tal como la planta del edificio revela con claridad, la magna escalinata, el *foyer* y los vestíbulos ocupan una parte muy significativa de la superficie total [19.14, 19.15].

Al igual que Garnier, cuando Louis Sullivan, hacia finales del siglo XIX, empezó



1.3. Mies van der Rohe, edificio de calderas, Instituto Tecnológico de Illinois (IIT), Chicago, 1940. Este edificio, con su chimenea a modo de torre y sus ventanas altas tiene los atributos físicos de las iglesias primitivas.

a proyectar algunos de los primeros rascacielos de estructura metálica, lo primero que hizo fue examinar lo que este nuevo tipo de edificio significaba.¹⁰ Así, descubrió que se podían establecer cuatro zonas diferenciadas, la más profunda de las cuales era el sótano, que contenía zonas de maquinaria, almacenamiento y otras de uso estrictamente utilitario. Encima, había tres zonas funcionales visibles en diversos grados: la zona de la planta baja (que contenía las entradas, el vestíbulo de ascensores y tiendas a lo largo del perímetro que daba a la calle), la franja central (pisos de oficinas organizados, uno sobre otro, en torno al núcleo de ascensores) y el piso superior de coronamiento (con la maquinaria de los ascensores, los depósitos de agua, las zonas de almacenamiento y otros

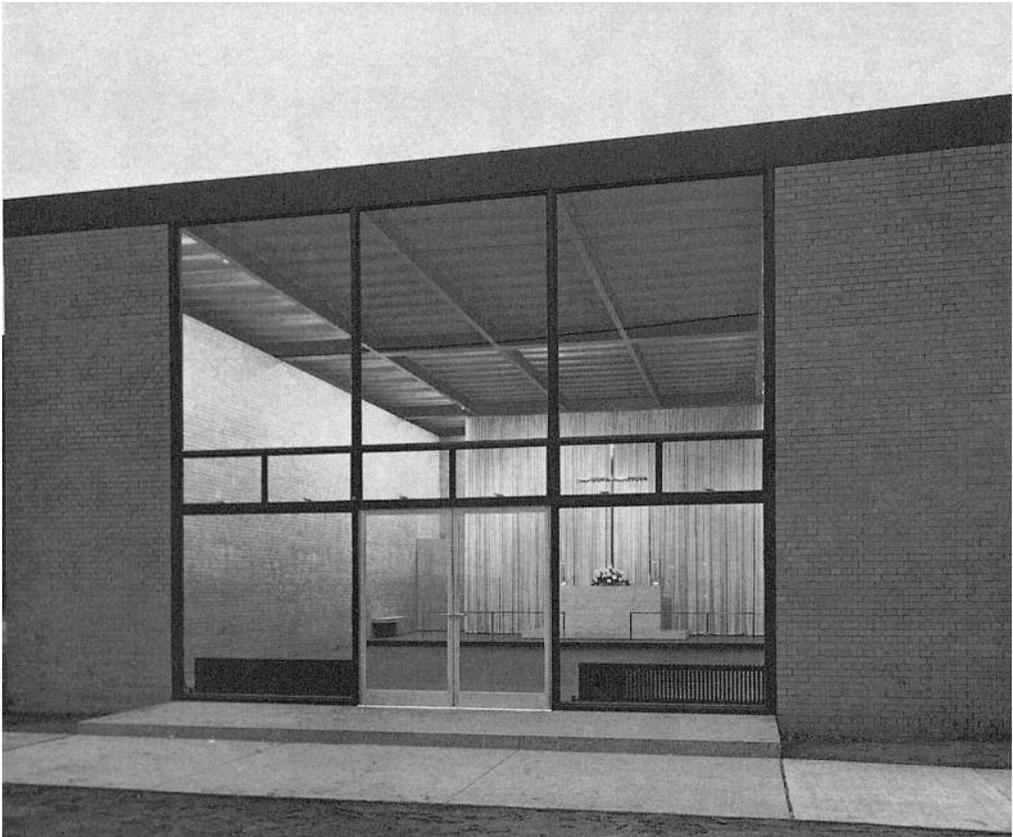
usos diversos). Dado que el nuevo tipo de edificio desarrollado en altura tenía una forma decididamente vertical, Sullivan argumentó que era misión del arquitecto dar énfasis a la verticalidad y expresar claramente sus tres zonas funcionales, tal y como haría en el edificio de la Guaranty Trust de Buffalo, Nueva York (1895) [1.2].

Otro arquitecto que explotó el potencial expresivo de la forma mediante la exteriorización de las diferentes actividades funcionales fue el finés Alvar Aalto. Entre sus mejores ejemplos de ello cabe citar uno de los dos edificios que proyectó en Estados Unidos, la biblioteca del colegio benedictino de Mount Angel, en Oregón (1967-1971) [21.36]. Su función pragmática principal es la de contener libros, los cuales están dis-

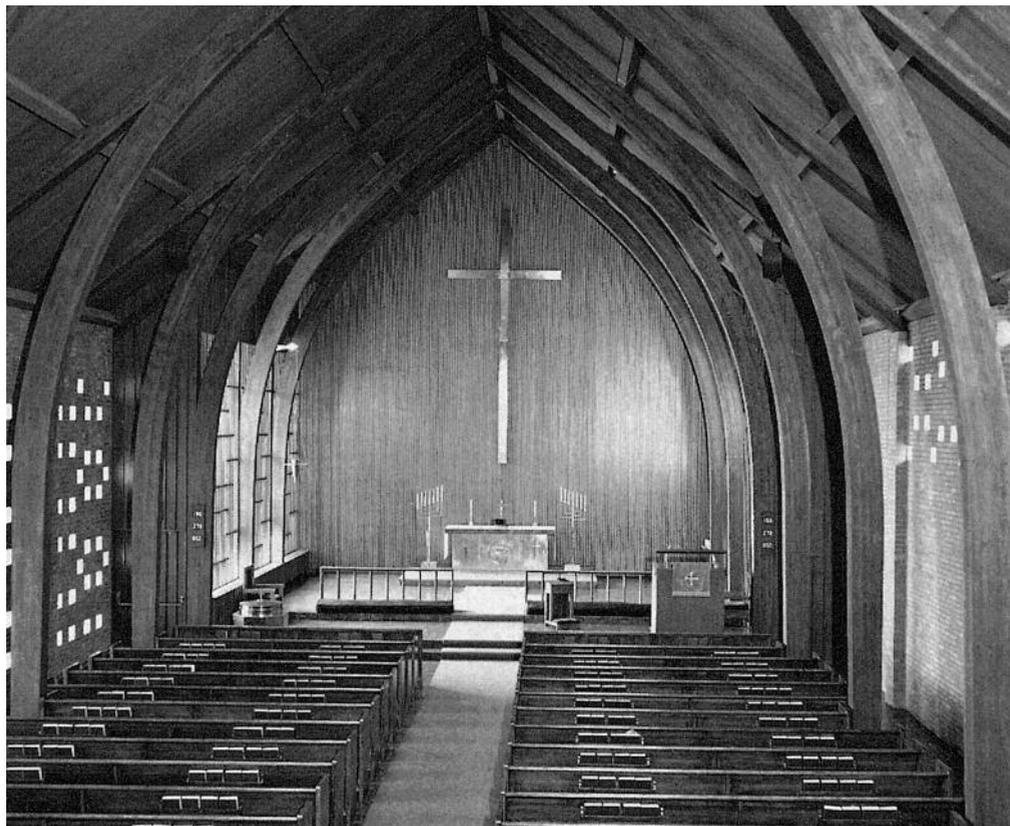
puestos en estantes que se despliegan en forma de abanico hacia el lado norte, partiendo del núcleo central de lectura y circulación. Pero las demás actividades de apoyo requieren espacios diferentes; en el lado sur, además del vestíbulo, se disponen una serie rectilínea y compacta de oficinas y salas de trabajo para el personal, y un auditorio en forma de cuña. Cada uno de los espacios ha sido ubicado por el arquitecto en el lugar necesario y con la forma precisa para dar acomodo a su uso, a la vez que está engarzado con los demás para formar un todo armónico.

El edificio tiene también una **función simbólica** que supone una manifestación visible de su uso. Por lo general, siempre esperamos algún tipo de correspondencia entre el uso que un edificio *sugiere* y *lo que realmente es*. Entre los egipcios, griegos y romanos, y para el arquitecto del renacimiento y

del barroco entre 1400 y 1750, existían unas pautas generales sobre la forma y el aspecto de los edificios destinados a ciertos usos, pero actualmente la libertad sobre este punto es mucho mayor. De ahí que, aproximadamente a partir de la década de 1920, los arquitectos hayan tenido que afrontar dos cosas simultáneamente: inventar formas originales utilizando las nuevas tecnologías constructivas e idear nuevas representaciones simbólicas apropiadas a las funciones que acoge el edificio. Es frecuente que la explotación de nuevas tecnologías se imponga a la representación simbólica, de manera que muchos edificios del siglo xx no nos dicen casi nada de lo que se desarrolla en su interior. A modo de ejemplo, compararemos dos edificios proyectados por Mies van der Rohe para el campus del Instituto Tecnológico de Illinois durante el período 1949-1952 [1.3, 1.4]. Uno es el edificio de calderas, tal vez el más uti-



1.4. Mies van der Rohe, capilla, Instituto Tecnológico de Illinois (IIT), Chicago, 1949-1952. Pese a tratarse de una capilla, este edificio no contiene ninguna de las claves que convencionalmente se asocian a su función.



1.5. Pietro Belluschi, iglesia luterana Sión, Portland (Oregón), 1950. Se sugiere la imagen tradicional de una iglesia mediante el simple uso de vidrieras de color y arcos de madera laminada.

litario del conjunto; el otro es la capilla. Pues bien, no hay nada, ni en la forma ni en los materiales de que está construida la capilla, que nos permita deducir en qué se diferencia su función de la asignada a la casa de calderas. Pudiera ser que Mies van der Rohe concibiera la capilla como un espacio multifuncional y evitara conscientemente conferirle una imagen demasiado unívoca que pudiera impedir darle cualquier otro uso diferente en el futuro. Por contraste, se puede comparar la capilla del Instituto Tecnológico con el interior de la iglesia luterana en Portland, de 1950, proyectada por Pietro Belluschi [1.5], y que para muchos críticos encarna el carácter funcional de un edificio religioso, sin tratar de ser una recreación de los signos identificativos de las iglesias góticas, como bóvedas, florones o agujas.

En Estados Unidos, el edificio del Capitolio Nacional, en Washington, estableció una

imagen de gobierno y, desde el año de su construcción, en 1830, esta imagen ha sido evocada en innumerables ocasiones. Un ejemplo notable es el Capitolio del Estado de Minnesota, Saint Paul (1895-1905), de Cass Gilbert [1.6]. Como el Capitolio Nacional, éste tiene dos cámaras, una a cada lado de una cámara central de circulación rematada por una cúpula. En este caso, la cúpula está inspirada específicamente en la de San Pedro de Roma, pero la imagen que transmite es la de un edificio en donde se legisla; la brillante cúpula de mármol blanco proclama a los cuatro vientos esa función, al elevarse por encima de los edificios circundantes. Podemos referirnos a otro ejemplo: cuando, en 1956, Eero Saarinen recibió el encargo de proyectar la terminal de la compañía Trans World Airlines en el aeropuerto de Idlewild (hoy, aeropuerto Kennedy), en Nueva York, diseñó unas formas para el edificio que, en

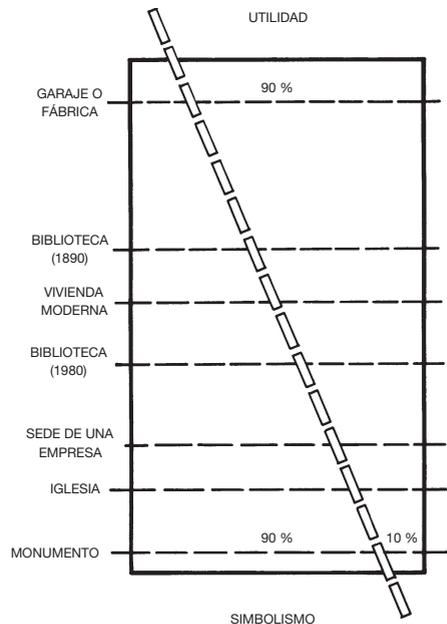


1.6. Cass Gilbert, Capitolio del Estado de Minnesota, Saint Paul, 1895-1905. Este edificio, basado en el Capitolio de Washington DC, evoca claramente la imagen de edificio gubernamental norteamericano.

1.7. Diagrama de los componentes relativos de la función en diferentes tipos de edificio. Un garaje o una fábrica tienen componentes principalmente utilitarios, mientras que en un santuario o en un monumento predomina claramente el componente simbólico.

términos arquitectónicos, querían transmitir simbólicamente la sensación de vuelo. Él y sus socios concibieron un edificio con una gran cáscara de hormigón que se extendía a partir del centro como unas alas gigantescas, y cuyas superficies interiores se curvaban y elevaban sin ángulos agudos ni esquinas [21.14]. En consecuencia, cuando lo atravesamos para embarcar, la propia forma nos prepara para el milagro del vuelo.

No hay edificio que esté dedicado enteramente a una sola función. La mayoría de los edificios contiene una mezcla de funciones puramente utilitarias y de funciones simbólicas. La figura 1.7 representa el universo





1.8. Louis I. Kahn, Instituto Biológico Jonas Salk, La Jolla (California), 1959-1965. Vista del patio interior. Las zonas de trabajo en equipo están situadas en amplios espacios multifuncionales, mientras que los estudios para análisis individuales están agrupados en el patio central y se comunican con los anteriores mediante escaleras y pasarelas.

de contenidos utilitarios y simbólicos para cualquier edificio dado; la línea diagonal que atraviesa el diagrama muestra qué contenidos relativos puede contener un garaje (90% de contenido utilitario y 10% de simbólico), mientras que, por contraste, en un monumento conmemorativo o en una iglesia se pueden invertir las proporciones (10% de contenido puramente utilitario y 90% de contenido simbólico). Una vivienda estaría situada en un término medio, con unos contenidos utilitario y simbólico aproximadamente iguales. Una biblioteca pública o un ayuntamiento moderno se podrían situar, más o menos, en la misma ubicación en el gráfico, tal vez con un ligero predominio de la función simbólica o representativa sobre la estrictamente utilitaria, mientras que, si tales edificios se hubieran construido en el siglo XIX, el predominio de la función simbólica habría sido mayor. De ahí que el diagrama de la figura 1.7 fije la combinación de funciones simbólicas y utilitarias en un momento concreto en el tiempo. Para un período diferente, pasado o futuro, las líneas para diversos tipos de edificio tendrían distintas ubicaciones en el cuadro.

La buena arquitectura también tiene que

satisfacer funciones físicas y psicológicas. Por ejemplo, una sala de espera en el despacho de un médico o en el departamento de urgencias de un hospital es un lugar en el que la mayoría de la gente experimenta una cierta ansiedad. Para contrarrestarlo, el arquitecto puede optar por crear un ambiente doméstico, como el de la sala de estar de una vivienda, proporcionando vistas sobre un jardín interior, en lugar de conferirle la aséptica atmósfera hospitalaria.

También existe una **función psicológica** que se podría definir como la satisfacción óptima de todos los tipos de función que acabamos de describir. Tal vez, el arquitecto moderno que mejor consiguió responder a la función psicológica fue el norteamericano Louis I. Kahn, como demostró en el Instituto Biológico Jonas Salk, en La Jolla (California), construido entre 1959 y 1965 [1.8]. Al igual que hiciera Garnier en la Ópera de París, Kahn realizó un agudo análisis del conjunto de funciones que debía cumplir el laboratorio y llegó a la conclusión de que resolver la función puramente utilitaria, proporcionando espacio para realizar los experimentos, era sólo una parte de su tarea. También es verdad que tuvo la suerte de contar con un

cliente, el científico Jonas Salk, que ya había percibido la necesidad de satisfacer algo más que la mera utilidad. Como dijo Kahn, Salk reconocía que “el científico (...) necesitaba, más que nada, la presencia de lo inmensurable, que es el reino del artista”.¹¹ Así, los espacios de laboratorio se dividieron en dos partes, los espacios de mayor tamaño para el trabajo de investigación en equipo, y los espacios más pequeños e íntimos para los análisis individuales. Los espacios de mayor tamaño se dispusieron en la parte exterior de la planta en forma de U, y los despachos privados ocupan la parte interior; ambos están comunicados mediante escaleras y pasarelas. Los espacios de trabajo son expansivos y funcionalmente eficientes, mientras que los estudios son pequeños, íntimos y privados, están revestidos en madera de teca y disponen de ventanas en ángulo que

permiten a los investigadores tener una visión hacia poniente del océano Pacífico. Los espacios de trabajo están concebidos y dedicados al desarrollo de la investigación empírica; el diseño de los despachos pretende fomentar la reflexión sobre el significado de la investigación. Como Kahn y Salk pretendían dejar patente, la ciencia es algo más que la mera acumulación de datos. Aunque la ciencia emane del inextinguible deseo humano de conocer, tal conocimiento influye, inevitablemente, en la calidad de la vida humana y, por lo tanto, demanda la reflexión más aguda. Como conocía sobradamente Salk, la ciencia va más allá de la mera acumulación de datos. Análogamente, la arquitectura es algo más que la pura utilidad funcional o que la exhibición de audacia estructural; es el recipiente que conforma la vida humana.

NOTAS

1. Desgraciadamente, la mayoría de esos manuscritos se ha perdido, por lo cual el tratado de Vitruvio, escrito originalmente en 10 rollos de pergamino, ha adquirido una especial importancia histórica. El libro nos proporciona solamente una vista fugaz sobre el pensamiento de los arquitectos de la antigüedad. La copia completa más antigua del manuscrito de Vitruvio data sólo del siglo VIII d. de C., y fue transcrita por los monjes calígrafos del monasterio de Northumbria (Inglaterra). Las otras 16 copias que subsisten del libro de Vitruvio derivan de ésta y datan de entre los siglos X al XV. Las traducciones más recientes de Vitruvio al inglés son: Frank Granger (trad.), *Vitruvius, On Architecture*, 2 vols., Cambridge, Massachusetts, 1931, en la que se proporciona una relación de varios manuscritos medievales de Vitruvio; y Morris Hickey Morgan (trad.), *Vitruvius, Ten Books on Architecture*, Cambridge, Massachusetts, 1914, en la cual se adapta el texto de Vitruvio a un inglés más sencillo. La última versión castellana es: *Los diez libros de arquitectura*, Editorial Iberia, Barcelona, 1970. Las principales traducciones de Vitruvio a las lenguas europeas aparecen relacionadas en el libro traducido por Granger, xxxiii-xxiv, incluyendo la versión parafrástica de sir Henry Wotton, *The Elements of Architecture*, Londres, 1624.

2. Vitruvius, *Ten Books on Architecture*, traducción inglesa de Morgan, p. 17.

3. Sobre el debate de la utilidad y la adaptación al uso en la antigüedad, véase sir Edward Robert De Zurko, *Origins of Functionalist Theory*, Nueva York, 1957, pp. 15-31.

4. Walter Gropius, “Where Artists and Technology Meet”, en *Die Form*, nueva colección, nº 1, 1925-1926, pp. 117-120.

5. Le Corbusier, *Vers une Architecture*, París, 1923; versión castellana: *Hacia una arquitectura*, Editorial Poseidón, Buenos Aires, 1965.

6. Taut, Bruno, *Modern Architecture*, Londres, 1929, p. 204.

7. Louis I. Kahn, entrevista contenida en John W. Cook y Heinrich Klotz, *Conversations with Architects*, Nueva York, 1973, p. 204.

8. *Architectural Forum*, nº 97, noviembre, 1952, p. 94.

9. Le Corbusier, *Précisions sur un état présent de l'architecture et de l'urbanisme*, París, 1930, p. 64.

10. Louis Sullivan, “The Tall Building Artistically Considered”, en *Lippincott's Magazine*, nº 57, marzo, 1896, pp. 403-409; reeditado en L. M. Roth, ed., *America Builds*, Nueva York, 1983, pp. 340-346.

11. Louis I. Kahn, citado en Ann Mohler, ed., “Louis I. Kahn: Talks with Students”, en *Architecture at Rice*, nº 26, 1969, p. 13.



2.1. Columnas, templo de Poseidón, Paestum (Italia), ca. 550 a. de C. Esta columna de piedra, de mayor tamaño de lo estructuralmente necesario, transmite una inequívoca impresión de su resistencia.

“Solidez”: ¿cómo se sostiene un edificio?

Arquitectura... es la cristalización de su estructura interior, el lento desplegar de la forma. Esta es la razón por la cual tecnología y arquitectura están tan estrechamente relacionadas.

Mies van der Rohe, “Conferencia a los estudiantes del Instituto Politécnico de Illinois” (1950), en Conrads, U., ed., *Programas and Manifestoes on 20th-Century Architecture*. (Versión castellana: *Programas y manifiestos de la arquitectura del siglo xx*, Editorial Lumen, Barcelona, 1973).

La parte más aparente de un edificio es su estructura, o lo que lo hace permanecer en pie. Esto es más evidente en los tiempos actuales que en el pasado, ya que los arquitectos e ingenieros se deleitan en crear estructuras cada día más esbeltas, como si quisieran desafiar a la gravedad. La tensión que experimentamos al contemplar una estructura tan delicada que parece en peligro de colapso inminente nos ilustra sobre la diferencia entre **estructura física** –literalmente, los huesos del edificio– y **estructura perceptible**, es decir, lo que vemos. No son la misma cosa, ya que una columna puede ser mucho más grande de lo estructuralmente preciso, simplemente para darnos la sensación de que tiene la suficiente resistencia para cumplir su cometido. Tal es el caso de las macizas columnas del templo de Poseidón en Paestum (Italia) [2.1].

Si comparamos el edificio de la Lever Brothers Company en Nueva York (1951-1952), de Skidmore, Owings & Merrill [2.2], con el cercano del New York Racquet and Tennis Club, del estudio de McKim, Mead & White (1916-1919), se puede apreciar la diferencia entre un muro de vidrio que oculta la estructura y un macizo muro de albañilería. El muro del club da la impresión de tener mayor robustez de la necesaria, como si quisiera transmitirnos la seguridad del exceso estructural; mientras que las columnas del

edificio de la Lever están cubiertas por una *piel* suspendida de vidrio verde que no proporciona ninguna clave perceptible sobre cómo se sostiene el edificio. La experiencia nos enseña que las hojas de vidrio no pueden por sí mismas sostener un edificio de ese tamaño, por lo que nos vemos obligados a averiguar dónde está la estructura real (los arquitectos nos instan a jugar a esta especie de juego), hasta que, al fin, descubrimos las columnas en la base del edificio. Esta contradicción entre lo que sabemos que es un edificio pesado y la ingravidez que se sugiere forma parte del atractivo que ejercen este tipo de rascacielos de piel acristalada; el observador moderno se deleita en la idea de que se ha engañado a la gravedad, aunque un observador de épocas pasadas seguramente consideraría que se trata de un caso claro de estructura pobremente expresada.

Crecemos con una clara percepción de la gravedad y de cómo afecta a los objetos que nos rodean, ya que desde el primer momento en que intentamos mover los miembros (una vez separados del estado de relativa ingravidez que teníamos en el seno materno) experimentamos el esfuerzo que hay que hacer para vencerla. De niños, tuvimos que ingeniárnoslas para ponernos de pie, mantener el cuerpo recto y aprender a movernos sobre las dos piernas. Por lo tanto, mucho antes de que pudiéramos articular la idea en términos científicos, comprendimos claramente que los objetos sin apoyo caían irremisiblemente al suelo o, para ser más exacto, hacia el centro de la tierra. Y esa es precisamente la esencia de la estructura arquitectónica, evitar que los objetos caigan al suelo, a pesar de la fuerza de atracción incesante de la gravedad.

Desde muy temprano desarrollamos una manera de entender los objetos que nos ro-

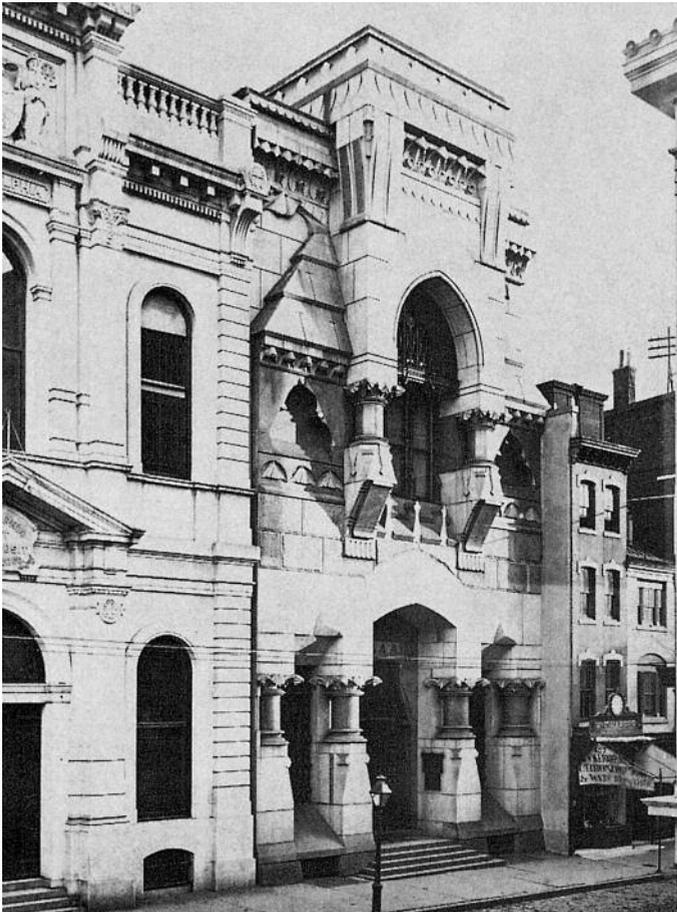
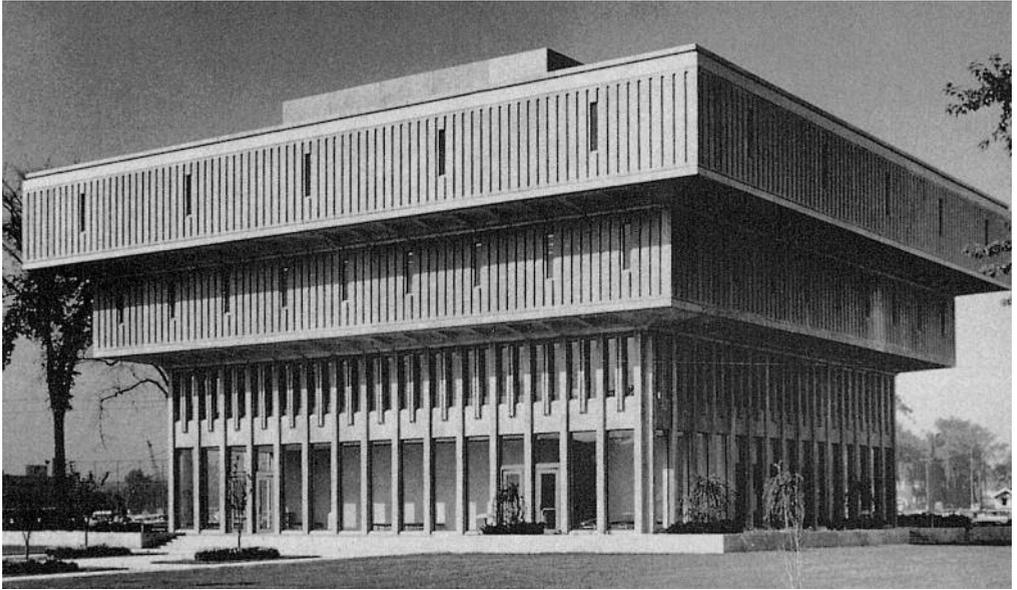
2.2. Skidmore, Owings & Merrill (SOM), Lever House, Nueva York, 1951-1952. El edificio Lever, con su piel de vidrio suspendida por delante del esqueleto interior, oculta la visión de la estructura, mientras que el edificio vecino, el New York Racquet and Tennis Club (de McKim, Mead & White, 1916-1919), luce una estructura vigorosamente expresiva.



dean a través de la **empatía**, imaginándonos que estamos en el interior del objeto y sintiendo cómo actúa la gravedad sobre él. Así, cuando, por ejemplo, contemplamos las pirámides de Egipto, tenemos la sensación de que son objetos inherentemente estables, mientras que cuando vemos algo parecido al edificio Shapero de la Facultad de Farmacia, en la Wayne State University (Detroit) [2.3], nos invade una sensación de inestabilidad y, tal vez, hasta nos maravillamos ante la pericia del arquitecto y el ingeniero que colocaron este edificio patas arriba. En el caso del edificio de la Lever, el arquitecto jugó con nuestras diferentes percepciones de la pie-

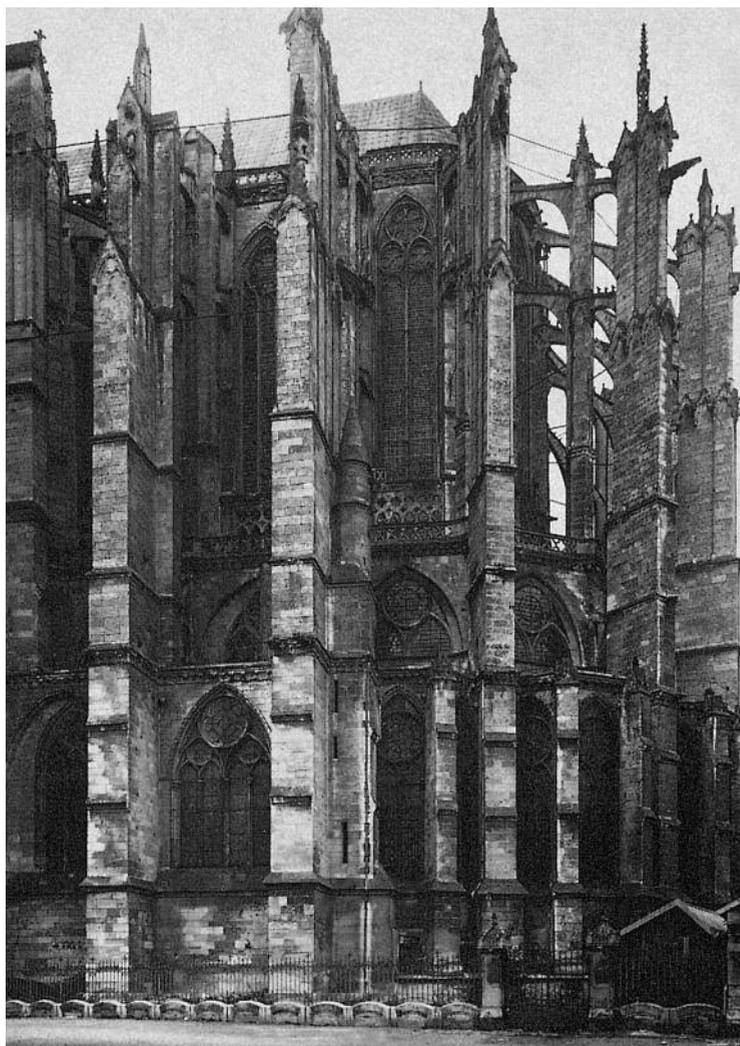
dra maciza y el vidrio transparente, sabiendo que percibiríamos uno de los edificios como sólido y *pesado* y el otro como *ligero*. De hecho, algunos arquitectos se afanan en acentuar la sensación de peso, en particular, y refiriéndonos al siglo XIX, el arquitecto norteamericano de Filadelfia, Frank Furness, y su edificio para la Provident Life and Trust Company (1876-1879), en Filadelfia, desgraciadamente demolido [2.4]. El edificio desprendía una enorme sensación de pesadez, de tal manera que sus distintas partes parecían comprimidas unas contra otras, como apretando siempre hacia abajo.

Parte de nuestra percepción de la arqui-



2.3. Paulsen & Gardner, Shapero Hall de la Facultad de Farmacia, Wayne State University, Detroit, 1965. Este sorprendente edificio está apoyado sobre una base más estrecha que el resto y parece invitar al observador a preguntarse cómo se aguanta.

2.4. Frank Furness, edificio de la Provident Life and Trust Company, Filadelfia, 1876-1879 (demolido ca. 1950). Los arquitectos explotaron deliberadamente los fuertes contrastes de formas, escala y textura para crear una imagen vigorosa y original.



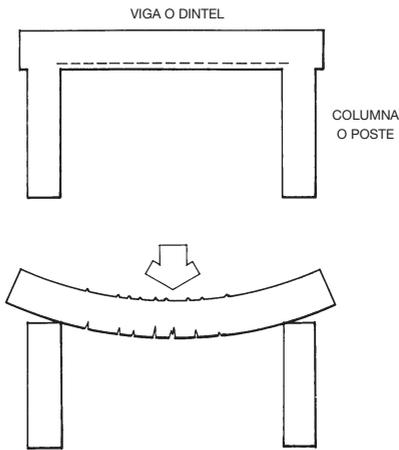
2.5. Coro de la iglesia catedralicia de Saint-Pierre, Beauvais (Francia), 1225-1569. En este edificio, que refleja la aspiración al cielo de los fieles, hay un absoluto predominio de las líneas verticales.

tectura está relacionada con este análisis enfático de cómo se manipulan las fuerzas en los edificios. De ahí que, cuando visitamos el Partenón de Atenas [11.25], la cuidadosa compensación entre elementos verticales y horizontales, en la que ninguno de ellos domina sobre los otros, sugiera un delicado equilibrio de fuerzas que nos ilustra sobre el ideal filosófico griego. Por contraste, la arquitectura gótica, como la representada por el extremo oriental de la catedral de Beauvais, en Francia [2.5], se caracteriza por sus encumbrados y estilizados contrafuertes y por la multiplicidad de líneas verticales. Todo ello sugiere ascensión, subida, ingravidez, aspiración y una negación visual de las enormes fuerzas engendradas por la mole de

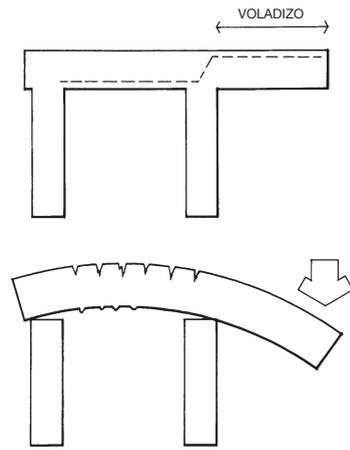
42,7 m (140 pies) de altura, que son conducidas de forma segura hacia el terreno.

La columna y el dintel

El origen de la estructura es el muro, sea de piedra, de ladrillo, de adobe o bloques de barro, de bloques de vidrio o de cualquier otro material. Pero una habitación totalmente rodeada de muros no tiene luz ni vistas, luego es necesario abrir huecos. Para abrir un hueco, es preciso sostener los bloques o ladrillos que hay encima de él, y ello se consigue mediante una viga (de madera, o de metal a partir de 1750) o un arco. Esa viga que se inserta en el muro para sostener la pared de arriba



2.6. Diagrama del sistema estructural de columna y dintel.



2.8. Diagrama de un voladizo.

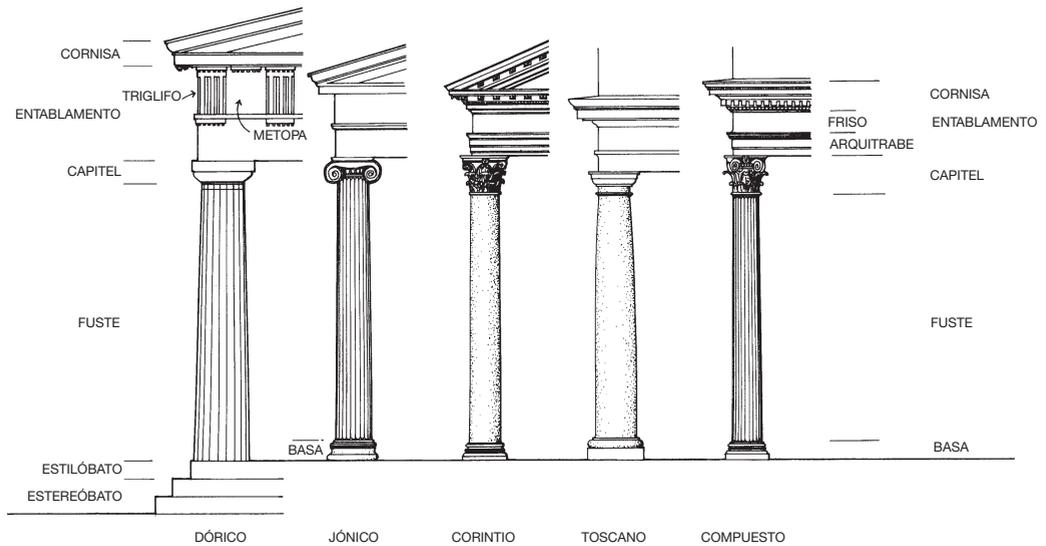
se llama **dintel**. La pared también podría eliminarse, por así decirlo, y sustituirse por bloques más delgados apilados formando columnas, con dinteles cubriendo los espacios entre ellas. En una charla a los estudiantes, Louis I. Kahn se refirió “al trascendental momento en que se *rompió* la pared y nació la columna”.¹ El sistema estructural de columna y dintel, de poste y dintel o, dicho de forma más actual, de pilares y jácenas [2.6], es tan antiguo como la propia construcción con materiales permanentes. Los hallazgos arqueológicos y antropológicos sugieren que los primeros materiales empleados en los sis-

temas de columna y dintel, mucho antes que la piedra, fueron la madera o los tallos de papiro; de hecho, se cree que el hombre ha utilizado el sistema de columna y dintel durante varios centenares de miles de años. Tal sistema recibe también el nombre de **adintelado** o **arquitrabado**. Uno de los ejemplos más claros de construcción adintelada es el Templo del Valle, al este de la pirámide de Kefrén, en Gizeh (Egipto), construido entre el 2570 y el 2500 a. de C. [2.7]. En él, los dinteles de sección cuadrada, en granito rojo finamente pulido, descansan sobre pilares monolíticos de base cuadrada del mismo ma-



2.7. Templo del Valle, pirámide de Kefrén, Gizeh (Egipto), ca. 2570-2500 a. de C. Este templo constituye una de las expresiones más puras del sistema estructural de columna y dintel.

24 Los elementos de la arquitectura



2.9. Comparación de los cinco órdenes clásicos. Los órdenes griegos son el dórico, el jónico y el corintio. Los romanos añadieron a los anteriores el orden compuesto (combinación de los órdenes jónico y corintio) y el orden dórico toscano, más sencillo y pesado.

terial, contrastando con el suelo de alabastro. La prolongación de la viga sobre el extremo de la columna da lugar a un **voladizo** o **cantilever**.

Todas las vigas, sean de piedra, madera o cualquier otro material, están sometidas a la acción de la gravedad. Como todos los materiales son flexibles en un grado u otro, las vigas tienden a flexionarse por su propio peso, y aún en mayor medida al aplicárseles una carga. Ello significa que las fibras de la parte superior de una viga comprendida entre dos apoyos tienden a comprimirse, mientras que las de la parte inferior tienden a estirarse, es decir a entrar en tensión [2.6]. En un voladizo la situación se invierte [2.8], de manera que son las fibras de la parte superior las que se estiran (es decir, experimentan esfuerzos de tracción o tensión) y las fibras inferiores las que se comprimen (o sea, sufren esfuerzos de compresión). En un voladizo, esas fuerzas son mayores en la zona más cercana al apoyo. De hecho, la continuidad del material es la que hace posible el voladizo.

La madera, como material fibroso que es, resiste bien los esfuerzos de tracción (o tensiones), al igual que el hierro dulce y el acero moderno, de manera que las vigas realizadas con estos materiales pueden sal-

var luces importantes. Los esfuerzos de tracción a lo largo de la parte inferior de una viga (o de la superior de un voladizo) están determinados por la luz del vano y por la carga aplicada, de manera que, para una luz y una carga suficientemente grandes, puede darse el caso de que se sobrepase la resistencia del material; de llegarse a esta situación, se partiría la parte inferior de la viga (o la superior del voladizo), y se produciría el colapso de la pieza. La piedra y el hormigón en masa, por ser materiales cristalinos, tienen menor resistencia a la tracción que la madera, que es un material fibroso; por lo tanto, para una misma luz, una viga de madera será capaz de soportar una carga tal que, en cambio, rompería una viga de piedra. Naturalmente, la viga de piedra empieza por ser mucho más pesada que la de madera. En vigas de hormigón la solución es colocar dentro de su masa algo que sea capaz de resistir mayores esfuerzos de tracción que el hormigón por sí solo. Esta idea, que ya fue explotada por los antiguos romanos, se materializa colocando una armadura de hierro (actualmente de acero) en forma de varillas dentro del encofrado, antes de efectuar el vertido del hormigón. El resultado es el hormigón armado. Como indican las líneas a trazos de las figuras 2.6 y 2.8, el acero se

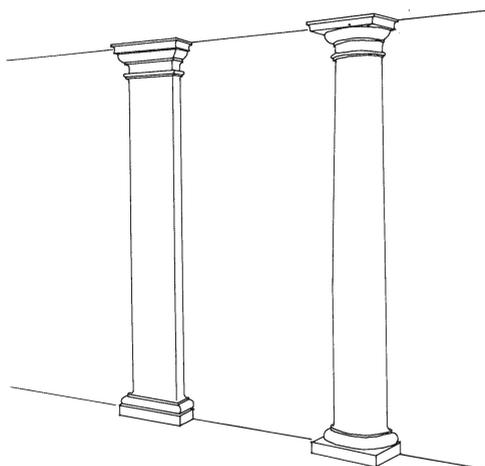
coloca allí donde se acumulan los esfuerzos de tracción, es decir, en la parte inferior de las vigas y en la superior de los voladizos. Los griegos también afrontaron este problema. El vano central de los pórticos de entrada a la Acrópolis de Atenas (construida entre el 437 y el 432 a. de C.), los Propileos [11.19], tenía que dejar el ancho de paso suficiente para las yuntas de bueyes que iban al sacrificio y para sus conductores; el resultado fue una luz de 5,5 metros (18 pies), demasiado grande para un bloque de mármol macizo, que también debía sostener la techumbre. La solución adoptada por el arquitecto Mnesicles fue la de vaciar el interior de la viga para reducir su peso propio (aunque, aún así, todavía pesaba 11 toneladas) y colocar unas barras de hierro a lo largo de la parte superior de la viga, aparentemente para soportar el peso de los bloques de mármol de encima. En este caso singular, las barras de hierro están en la parte superior de la viga, en lugar de en la inferior, como cabría esperar. A pesar de la armadura, a lo largo de los siglos han ido apareciendo grietas en esta viga-dintel.

Las columnas de los Propileos son ejemplos espléndidos de uno de los tres tipos de columna desarrollados por los griegos para su arquitectura civil y religiosa [2.9]. Estos tres tipos de columna u *órdenes* fueron adaptados más tarde por los romanos, quienes añadieron ciertas variaciones ornamentales propias, y pasaron a formar parte del vocabulario arquitectónico básico desde el renacimiento, en el siglo xv, hasta nuestros días. Cada orden está formado por tres partes básicas –basa, fuste y entablamento– y arranca del *estereóbato* (de *stereós*, ‘duro’, ‘sólido’, y *bates*, ‘base’), o macizo corrido escalonado que sirve de base al templo, cuyo plano superior es el *estilóbato* (de *stulos*, ‘columna’, y *bates*, ‘base’). En todos los órdenes, la altura de la columna y el tamaño relativo de cada uno de sus componentes y del entablamento son proporcionales al diámetro del extremo inferior del fuste de la columna.

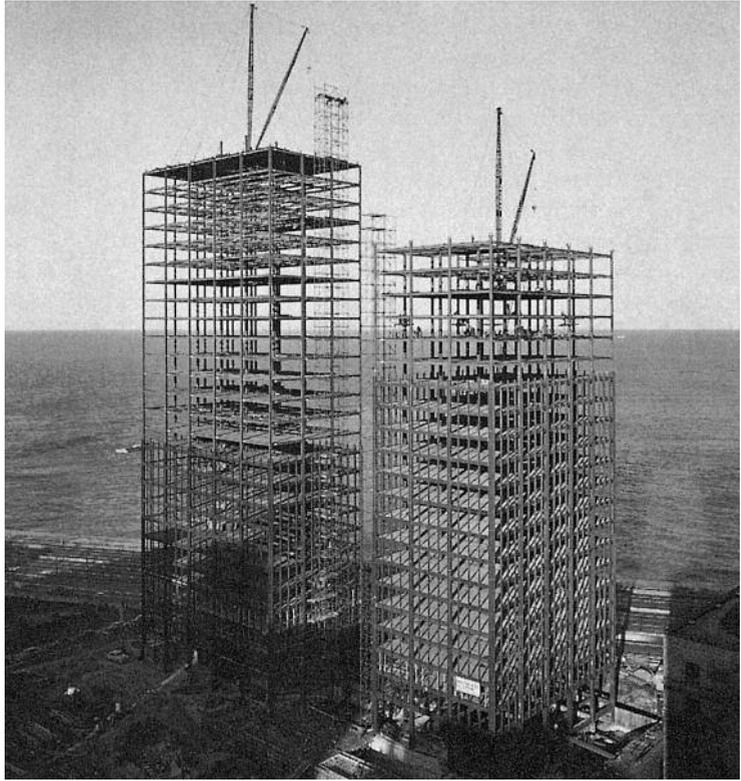
El **orden dórico** [2.9] es el más antiguo y robusto de los tres órdenes griegos. Su columna tiene una altura de cuatro a seis veces y media el diámetro del fuste en su extremo inferior y sostiene un *entablamento* (sistema estilizado de vigas y cabezas de viga) cuya altura es una cuarta parte la de la columna. El

fuste de la columna dórica descansa directamente, sin basa, sobre el estilóbato, y está surcado por 20 *estrías* o acanaladuras verticales, separadas por aristas vivas o filos agudos. El *capitel*, que carece de astrágalo, consiste simplemente en uno o varios filetes o anillos horizontales, un *equino*, más ancho por su terminación que por su arranque, y un *ábaco* cuadrado. Cada orden tiene su propio *entablamento* distintivo, el cual, en todo caso, consta de tres partes. El del orden dórico está compuesto, de abajo arriba, de: (1) un *arquitrabe* (del latín *trabs*, ‘viga’, y el prefijo griego *arkhi*, ‘principal’) muy grueso y de una sola banda; (2) un *friso* adornado con *triglifos* (cabezas de viga estilizadas) y *metopas* (espacios, a veces esculpidos, que median entre dos triglifos); y (3) una *cornisa*, remate o elemento terminal formado por varias molduras salientes.

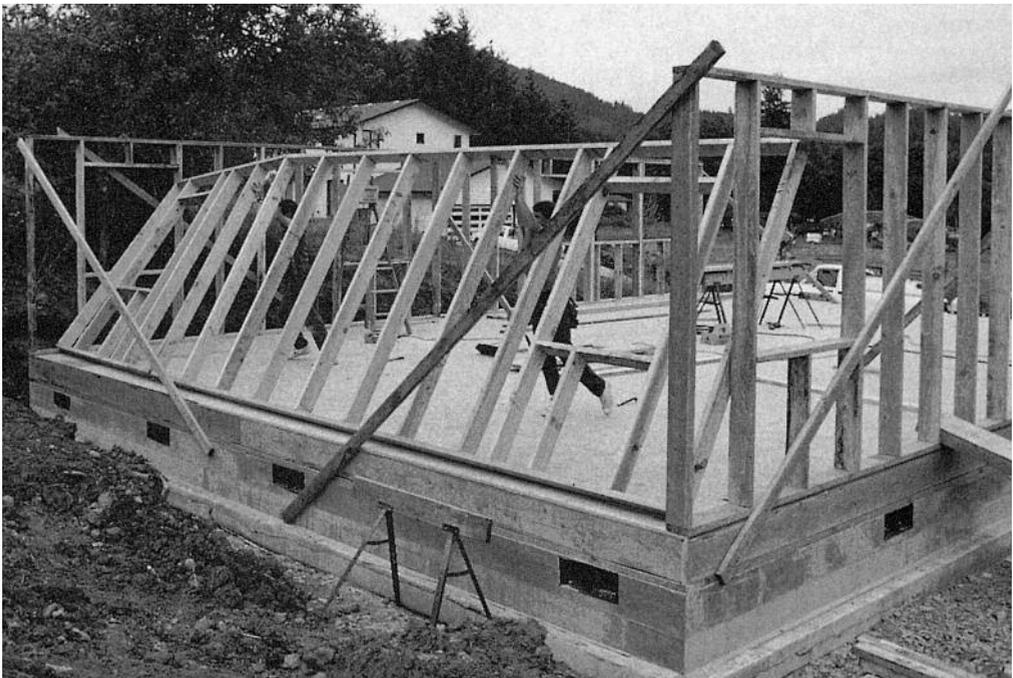
El **orden jónico** [2.9], más esbelto que el anterior, tiene una basa de la que arranca la columna, cuya altura (basa y capitel incluidos) equivale por lo común a unas nueve veces su diámetro inferior. El fuste presenta 24 *estrías*, más profundas que las del dórico y separadas por filetes. El capitel, el elemento más distintivo del orden, lo forman un par de *volutas*, unidas en los frentes por un equino moldurado, con ovas y dardos esculpidos. El entablamento tiene una altura que, aproximadamente, equivale a un quinto de la altura de la columna. Consta de *arquitrabe*, comúnmente formado por una triple *imposta* lisa, un *friso*, a veces sin adorno alguno pero frecuentemente esculpido con una serie continua de figuras, y la *cornisa*.



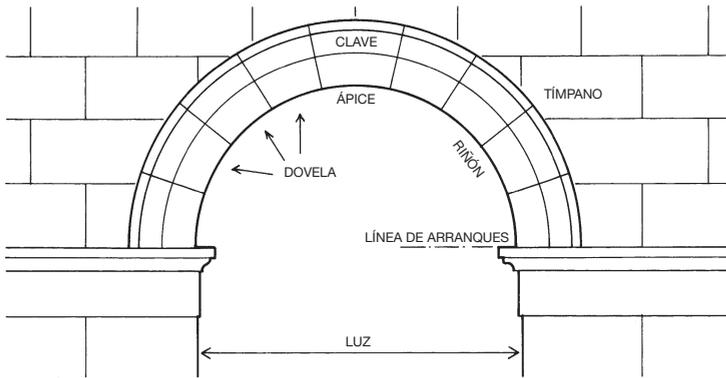
2.10. Columna adosada y pilastra.



2.11. Estructura de esqueleto de acero.



2.12. Estructura de entramado sin rigidez (balloon frame).



2.13. Diagrama de un sistema de arco.

El **orden corintio** [2.9] es ligeramente más esbelto que el anterior y su columna tiene una altura equivalente a 10 veces el diámetro del extremo inferior del fuste. Arranca de una basa similar a la jónica y también presenta 24 estrías en su superficie. El capitel corintio es el más alto de los tres y consta de dos o tres bandas concéntricas de hojas de *acanto* salientes. El entablamento es similar al del orden jónico.²

Los órdenes griegos fueron adoptados posteriormente por los romanos, quienes los utilizaron ampliamente como elementos decorativos; los principales cambios introducidos por los romanos consistieron en estilizar el orden dórico, transformándolo en el orden dórico toscano, añadiéndole una basa y eliminando las estrías del fuste [2.9]. La otra variación importante fue la creación del **orden compuesto**, formado añadiendo las volutas jónicas encima de las hojas de acanto corintias. Los romanos también introdujeron una adaptación decorativa de las columnas, combinando la columna con el muro, de manera que la media columna parece salir de la pared; es lo que se llama **columna adosada** o **columna embebida** [2.10]. Además, desarrollaron el concepto de **pilastra**, que es una columna rectangular que sobresale ligeramente de la pared, siguiendo las proporciones y líneas del orden correspondiente. Ambos artificios permiten prolongar el ritmo de una columnata a lo largo de un paño de muro que, de otra forma, sería liso.

Entramados

Si el sistema estructural plano de columna y dintel lo extendemos en las tres dimensiones,

el resultado es un esqueleto o entramado. Este entramado puede adoptar muchas formas, que van desde el esqueleto a base de columnas y vigas de piedra del templo del Valle [2.7], hasta las estructuras de entramado sin rigidez, conocidas también como *balloon frames*, a base de piezas de madera clavadas [2.12]—y que tan populares se hicieron en la construcción de viviendas en norteamérica a partir de mediados del siglo XIX—, o las modernas estructuras a base de elementos de acero roblonados [2.11].

Arcos

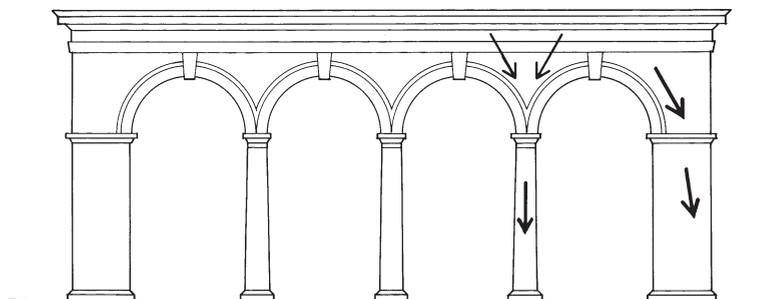
Si volvemos, una vez más, al muro básico de albañilería, podemos encontrar ahí una alternativa para salvar la luz de una abertura: el *arco* [2.13]. Al igual que el dintel, el arco puede ser de piedra, pero presenta sobre aquél dos grandes ventajas. La primera, que el arco de albañilería está construido con muchas partes pequeñas en forma de cuña, las llamadas **dovelas**, por lo cual se elimina la necesidad, a veces crítica, de encontrar una piedra lo suficientemente grande y exenta de grietas para que haga de dintel y se soluciona, de paso, el problema logístico que supone el manejo de grandes bloques de piedra. La segunda es que, por cuestiones de física estática, el arco puede cubrir distancias mucho mayores que un dintel de piedra. Las fuerzas gravitatorias engendradas por el muro que descansa sobre el arco se distribuyen a lo largo de éste transformadas en fuerzas diagonales que son, aproximadamente, perpendiculares a la cara inferior de cada una de las dovelas. Así pues, cada una de las dovelas está sometida a fuerzas de compresión. Uno de los inconvenientes al construir un arco es

que, durante la construcción, las dovelas deben ser sostenidas sobre una **cimbra** de madera, hasta que la dovela más alta, la **pedra clave** o, simplemente, **clave**, cierre el arco. En ese mismo momento, el arco se convierte en autoportante y puede retirarse la cimbra para construir el siguiente.

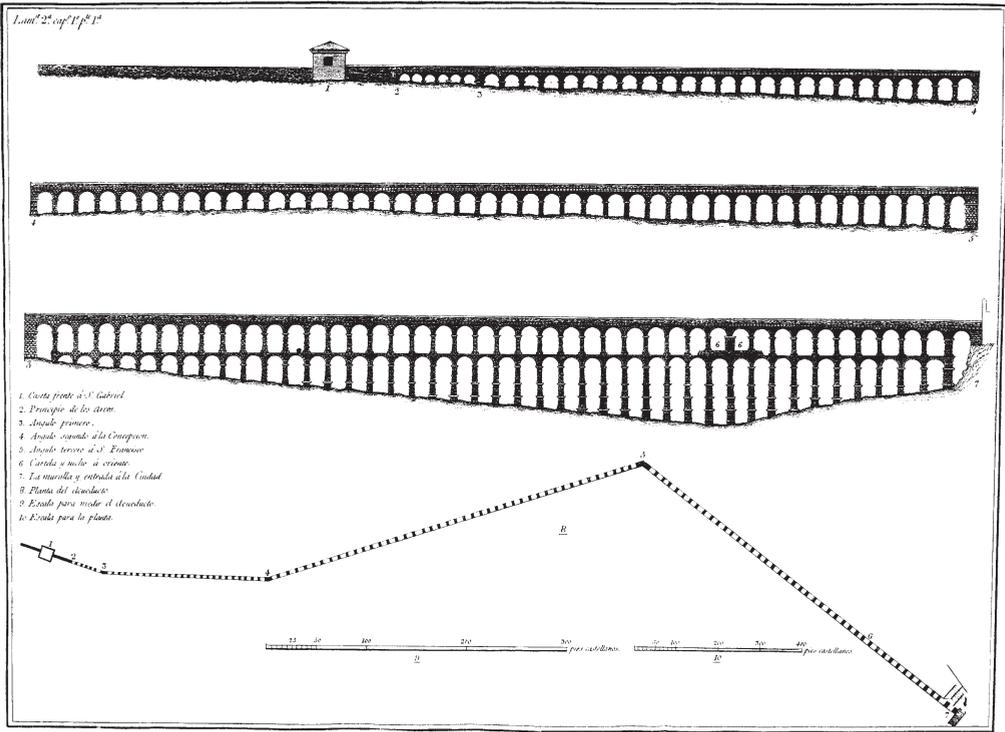
Tradicionalmente, las cimbras eran semicirculares, ya que esta forma es la que se replantea de forma más sencilla en obra, precisándose solamente de clavos y una cuerda. Por desgracia, la forma semicircular no es estructuralmente perfecta, ya que las fuerzas en la base del arco no son totalmente verticales. En casi todas las formas estructurales tradicionales se generan *empujes laterales* (hacia el exterior), además de *fuerzas verticales* (las producidas por la gravedad y que son perpendiculares al suelo). Esto se cumple muy particularmente en el arco semicircular o de medio punto, y el problema aumenta en proporción directa al incremento de las cargas verticales que soporta el arco. Esas fuerzas o empujes laterales producirían irremisiblemente la separación de los apoyos del arco, a menos que sean adecuadamente contenidas, como ocurre en un puente sostenido por un arco, en el cual los apoyos del arco empujan hacia los lechos rocosos en que están apoyados. Si el arco no tiene que sostener la carga de un muro que gravite sobre él, se plantea otro problema, el del peso propio del arco. Si el arco estuviera sometido a una carga concentrada aplicada en su ápice, o clave, se podría producir la ruptura o separación de las partes superiores del arco según un ángulo de unos 40° con la horizontal, aunque este problema se reduce rápidamente en cuanto se aplica una carga adicional (como la de una pared apoyada sobre

el arco) repartida uniformemente sobre él.

Cuando se trata de una serie de arcos situados uno a continuación de otro, las fuerzas laterales de cada uno de ellos se contrarrestan con las de los arcos adyacentes [2.14]. Gracias a ello, los arcos intermedios pueden sustentarse sobre estribos más delgados o simples columnas, ya que se han eliminado las fuerzas laterales (excepto, como es lógico, en los extremos de la arcada). Los romanos sacaron un excelente partido de este hecho en sus *arcadas*, como en el acueducto construido por los romanos en Segovia, en la provincia de la Hispania Ulterior [2.15], que data probablemente de la época de Augusto. Con sus 813 m de longitud y sus 28,5 m de altura en el punto más elevado, el acueducto consta de 128 arcos superpuestos, apoyados en unos pilares sorprendentemente esbeltos. Pese a la gracilidad de su apariencia, los pilares están compuestos de grandes bloques de granito *opus quadratum* que se dejaron sin desbastar, a fin de darles aspecto de mayor robustez. No menos impresionante es el puente erigido por los romanos sobre el río Tajo, no lejos de la frontera con Portugal, llamado puente de Alcántara por su cercanía a esa ciudad. El puente fue construido en el año 106 d. de C. en honor al emperador Trajano, y destaca, además de por la elegancia y esbeltez de sus proporciones, por el arco honorífico en el que figura inscrito el nombre de su arquitecto, Cayo Julio Lácer. En una arcada levantada sobre estribos o columnas quedan sin contrarrestar los empujes laterales en los extremos, aunque éstos, generalmente, se transfieren al terreno a través de muros o contrafuertes situados en cada extremo de la arcada.



2.14. Diagrama de una arcada.

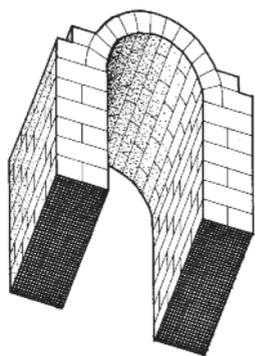


2.15. Acueducto de Segovia, Segovia (España), siglo I. Grabado de Somonostro (1842) con la planta general y diversos alzados, y vista en escorzo del tramo central del acueducto.

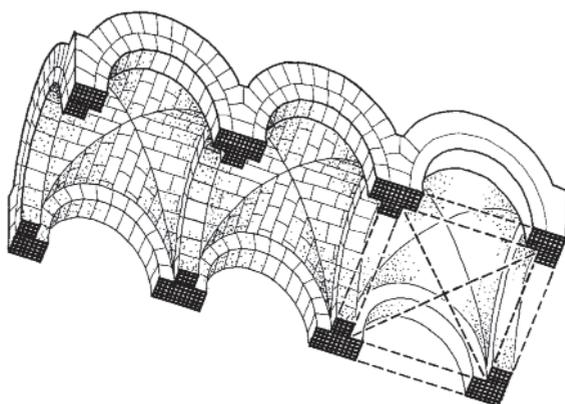
Bóvedas

Una *estructura arqueada*, es decir, la construida sobre arcos, actúa estructuralmente en un solo plano. Si desplazamos horizontalmente el arco a través del espacio, la forma obtenida es una bóveda. En el caso particular del arco de medio punto, la bóveda resultante se llama **bóveda de cañón** [2.16]. Generalmente, tales bóvedas se apoyan sobre muros, pero, debido al excesivo

peso de las mismas, los muros tienden a separarse por su parte superior. Las fuerzas laterales que producen esta separación pueden ser contrarrestadas mediante robustos contrafuertes colocados a lo largo de los muros o aumentando el espesor de éstos. Un ejemplo de bóveda de cañón de gran altura es la nave central de la iglesia de Saint-Sernin de Toulouse (Francia), cuya construcción empezó el año 1080 [14.22]. Pero, como también podemos observar en la iglesia de



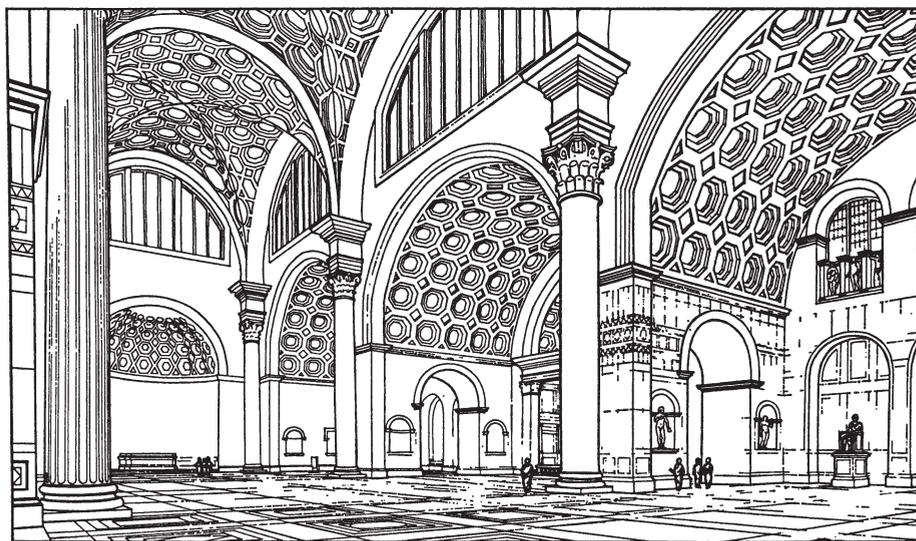
2.16. Bóveda de cañón.



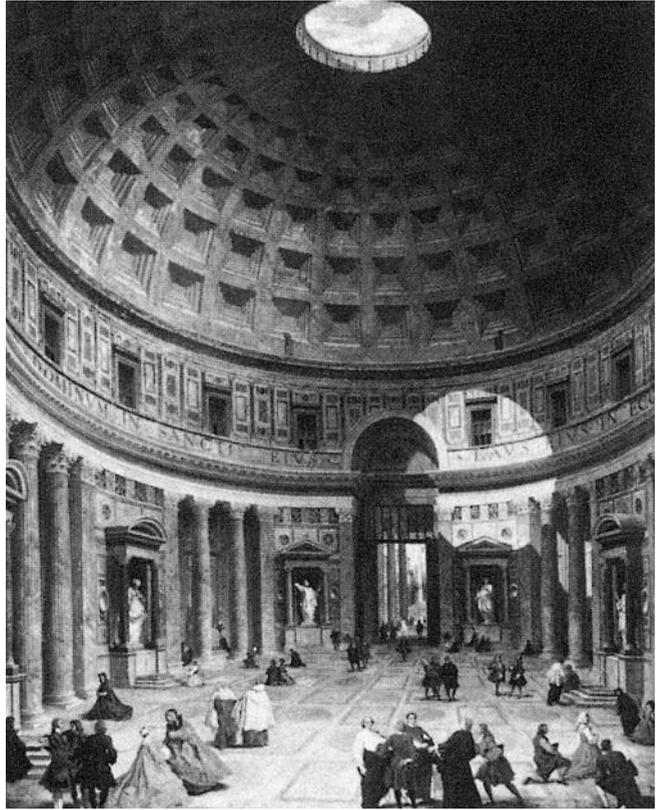
2.17. Diagrama de una bóveda por arista.

Saint-Sernin, el empleo de bóvedas de cañón redunda en la oscuridad de los interiores. Una solución, ya ideada anteriormente por los romanos, es la **bóveda por arista**; consiste en disponer bóvedas de cañón adicionales que cortan en ángulo recto a la principal, de manera que se puede iluminar la nave a través de amplios **lunetos** semicirculares en cada extremo y a lo largo de ambos lados [2.17]. Con esta disposición, las fuerzas son canalizadas hacia abajo, a través de los aristones de intersección de las bóvedas, y se concentran al pie de las mismas. Los romanos ya habían empleado bóvedas de ca-

ñón de tres crujeías en muchos de sus grandes edificios públicos, como termas y basílicas. Un ejemplo excelente es el de la inmensa basílica de Majencio, en Roma, construida entre el 307 y el 312 d. de C. [2.18, 12.10]. Fue la última basílica romana y la primera construida con *concreto* –argamasa que constituyó la forma de hormigón desarrollada por los romanos–; constaba de tres elevadas crujeías con bóveda por arista que medían 26,8 m por 25,3 m (*88 por 83 pies*) cada una, con una longitud total de 80,8 m (*265 pies*). Los empujes laterales de las bóvedas por arista, elevadas a unos 24 m de altura (*80 pies*) sobre



2.18. Basílica de Majencio, Roma, 307-312 d. de C. Este edificio jurídico, actualmente destruido en su mayor parte, es una demostración de la capacidad técnica de los romanos para cubrir amplios espacios públicos con bóvedas de hormigón de grandes luces.



2.19. Giovanni Paolo Panini, Interior del Panteón, ca. 1750. Colección de Samuel H. Kress, National Gallery of Art, Washington DC. Esta pintura transmite mejor que cualquier fotografía moderna el efecto del espacio interior del Panteón.

el suelo, son absorbidos en cada lado por tres pares de cámaras laterales con bóvedas de cañón, de 23,2 por 17,1 m (76 por 56 pies). Actualmente sólo subsisten tres de esas cámaras laterales.

El giro de un arco alrededor de un eje vertical que pase por su centro genera una cúpula; así, un arco de medio punto engendra una cúpula semiesférica o de media naranja. La solución constructiva de la cúpula también fue muy empleada por los romanos. La de mayor tamaño, la más diáfana e impresionante de todas, fue la inmensa cúpula del panteón de Adriano en Roma (120-127 d. de C.) [2.19, 12.12]. En este caso la luz libre es de 43,4 m (142 pies y 6 pulgadas). La cúpula es una imponente cáscara semiesférica de concreto, con un espesor mínimo de 1,2 m (4 pies) en el punto más alto, donde se abre un gran óculo o lucerna central de 9,1 m (30 pies) de diámetro. El espesor de la envoltura es mayor en los puntos en que tiene tendencia a romper, alcanzando los 6,4 m (21 pies) de grosor en la base. El muro del tambor que

sostiene las 5.000 toneladas que pesa la cúpula, también de 6,4 m de espesor, está ahuecado por una serie de nichos de 4,3 m (14 pies) de fondo, de tal manera que, de hecho, funcionan estructuralmente como 16 contrafuertes radiales conectados en sus partes superiores por medio de bóvedas de cañón radiales. Además, la cúpula y el tambor están entrelazados por medio de arcos de descarga y robustas bóvedas de cañón insertos en la masa del mortero de argamasa para ayudar a dirigir las fuerzas.³

Otro factor importante fue la selección graduada de los *caementa* de los concretos, según su peso y resistencia a compresión. El concreto es una pasta viscosa hecha mezclando agua, un árido de piedra machacada (en latín, *caementa*) y un material aglomerante derivado de la caliza. En el hormigón del Panteón se emplearon distintos tipos de árido según la zona del edificio; el más denso y pesado, de basalto, en el anillo de cimentación, donde se concentraban las mayores cargas, mientras que en la parte de la

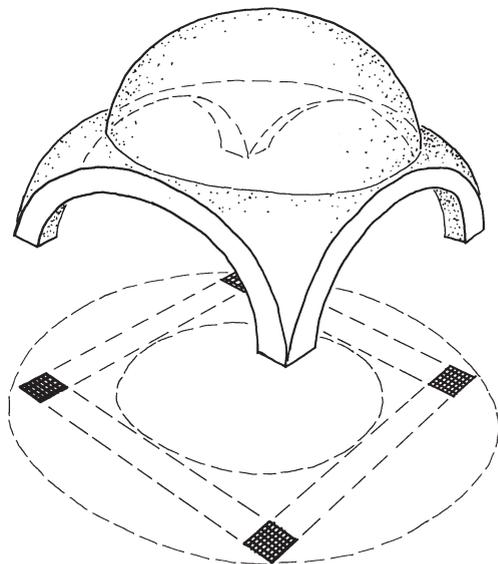
cúpula más cercana al óculo se empleó un árido muy ligero de piedra pómez, para reducir el peso propio de la cúpula.

En este punto, conviene hacer una pausa para aclarar la diferencia entre el concreto, u hormigón que empleaban los romanos, y el que usamos en la actualidad. En ambos casos, la composición básica es similar, pero el agente aglomerante del concreto de los romanos era la puzolana, una ceniza volcánica que experimenta una reacción química al molerla y mezclarla con agua, formando una piedra artificial. En el hormigón moderno, desarrollado en Inglaterra en 1924 por Joseph Aspdin, el agente aglomerante está hecho de creta y arcilla, cuidadosamente calcinadas y trituradas hasta reducir las al estado pulverulento. Al mezclar este polvo con agua, arena y grava, la piedra artificial resultante se parece mucho a la piedra caliza natural que se encuentra en la región de Portland (Inglaterra), tal como observó el propio Aspdin. Esta es la razón por la cual este cemento artificial sigue llamándose cemento portland. Tanto para los romanos como para nosotros, el cemento resultaba demasiado costoso como para hacer edificios enteros sólo con cemento. Incluso el mortero que se emplea en las juntas de los ladrillos y los bloques de piedra se alarga añadiéndole arena, mientras que el **árido** que se emplea en la fabricación del hormigón es una mezcla graduada de arena y grava. En el concreto romano, los ladrillos y losetas que aliviaban los arcos también servían como una especie de árido de gran tamaño. Como la piedra, el hormigón es sumamente resistente a la compresión, pero relativamente débil a las fuerzas de tracción. Los romanos se apercibieron de esta debilidad y, en algunos casos, añadieron barras de hierro al concreto, aunque, en general, preferían utilizar arcos de descarga de ladrillo y losetas. Desde mediados del siglo XIX se viene insertando barras de hierro o acero en los encofrados, antes de verter el hormigón, en aquellos lugares en que previsiblemente se van a desarrollar los esfuerzos de tracción. Este hormigón reforzado es lo que conocemos como hormigón armado.

El encofrado es una de las desventajas económicas del hormigón. El hormigón recién amasado es un material denso y viscoso, y debe ser contenido en encofrados, o

moldes, hasta que haya curado y secado; el encofrado es el equivalente a la cimbra que se utiliza en la construcción de arcos. Tanto en tiempos de los romanos como actualmente, esto conlleva la construcción de importantes y costosas estructuras de madera, en especial en edificios de gran tamaño, que luego hay que retirar, una vez el hormigón haya adquirido la suficiente resistencia.

Las cúpulas, particularmente las de grandes dimensiones, como la del Panteón de Roma, son espacios poderosamente evocadores, pero su planta circular dificulta la adición de espacios adyacentes. A este problema, que se agudizó hacia el siglo IV d. de C., los arquitectos bizantinos le encontraron una ingeniosa solución consistente en disponer la cúpula sobre una planta cuadrada. El elemento que hizo posible esta transición fue el triángulo curvilíneo llamado **pechina** [2.20]. Imaginemos un cuadrado sobre el cual queremos disponer una cúpula. Primero cubramos el cuadrado con una semiesfera que toque sus cuatro esquinas. Después, cortemos la semiesfera mediante cuatro planos verticales que pasen por los lados del cuadrado, de manera que, al mirar hacia abajo, se siga viendo un cuadrado. Seguidamente, cortemos el casquete superior de la semiesfera mediante un plano horizontal que pase



2.20. Diagrama de una bóveda sobre pechinas.

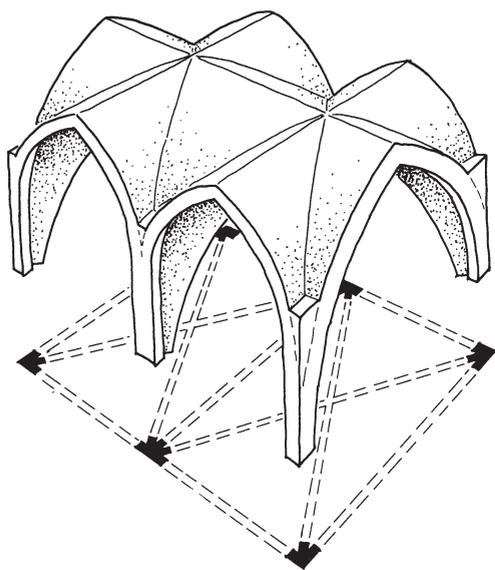


2.21. Santa Sofía (iglesia de la Divina Sabiduría), Estambul (Constantinopla), Turquía, 532-537. Vista interior.

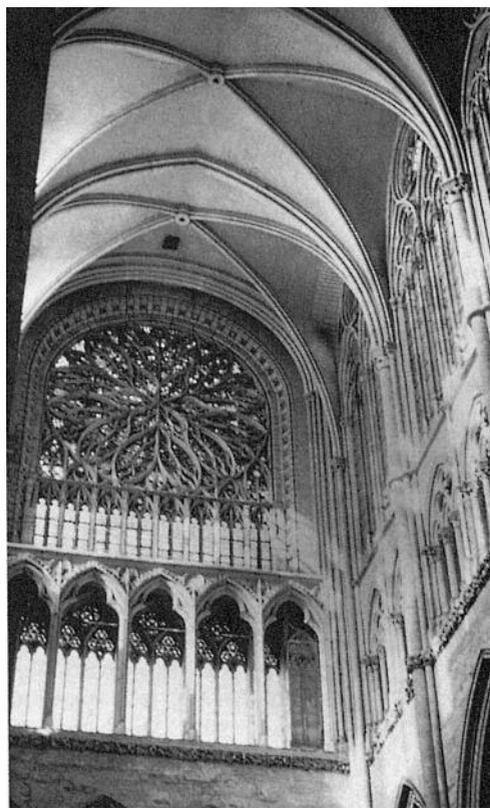
justo por el vértice de los semicírculos verticales que contienen los cuatro lados del cuadrado. La figura resultante tiene una forma circular en su parte superior, mientras que su parte inferior es un cuadrado. Los cuatro triángulos curvilíneos que quedan de la semiesfera son las pechinas, que nos permiten hacer la transición de la planta cuadrada inferior a la planta circular de arriba. La iglesia de Santa Sofía de Constantinopla (hoy Estambul, en Turquía), proyectada por Isidoro de Mileto y Antemio de Tralles, fue construida entre el 532 y el 537 [2.21, 13.15, 13.16]. Como en el Panteón de Roma, el espacio encerrado es impresionante; aquí, la cúpula tiene un diámetro de 32,6 m (107 pies) pero, con los dos casquetes de cuarto de esfera de descarga y las bóvedas de cañón, la distancia libre total de un extremo a otro de la iglesia es de 76,2 m (250 pies). La base de la cúpula de Santa Sofía está elevada 40,2 m (132 pies) sobre el plano del suelo.

La construcción del edificio pasó por un sinnúmero de vicisitudes. Debido al considerable peso y a que la mampostería de los

arcos de descarga estaba todavía húmeda, el edificio comenzó a deformarse mientras se construía, de manera que, cuando se llegó a la base de la cúpula, el espacio a cubrir se había ensanchado más de lo previsto, pese a lo cual la cúpula quedó terminada, aunque no duró más de veinte años. Tras los dos terremotos de los años 553 y 557, la cúpula se vino abajo; aunque fue reconstruida, volvió a desplomarse tras el terremoto del año 989. Para evitar que se acentuaran las inclinaciones hacia afuera de los elementos sustentantes, fueron reforzadas las pechinas de los lados noreste y sureste con enormes contrafuertes, ya que a lo largo de su eje longitudinal la cúpula ya estaba suficientemente reforzada por los dos medios casquetes; éstos, a su vez, fueron apuntalados por semicúpulas más pequeñas y bóvedas de cañón achaparradas, apoyadas en columnas y pilastras. Como resultado, las fuerzas ejercidas hacia afuera y hacia abajo por la cúpula a lo largo del eje principal fueron conducidas por toda esa cascada de semicúpulas y bóvedas hacia la parte baja de la iglesia. Pese a todo, a lo largo del eje más corto, los machones originales se



2.22. Diagrama de una bóveda nervada.



2.23. Robert de Luzarches, Notre-Dame de Amiens, Amiens (Francia), 1221-1269. Las bóvedas de Notre-Dame de Amiens son cuadripartidas, con cuatro nervios curvos en cada una de las crujías del coro y de la nave.

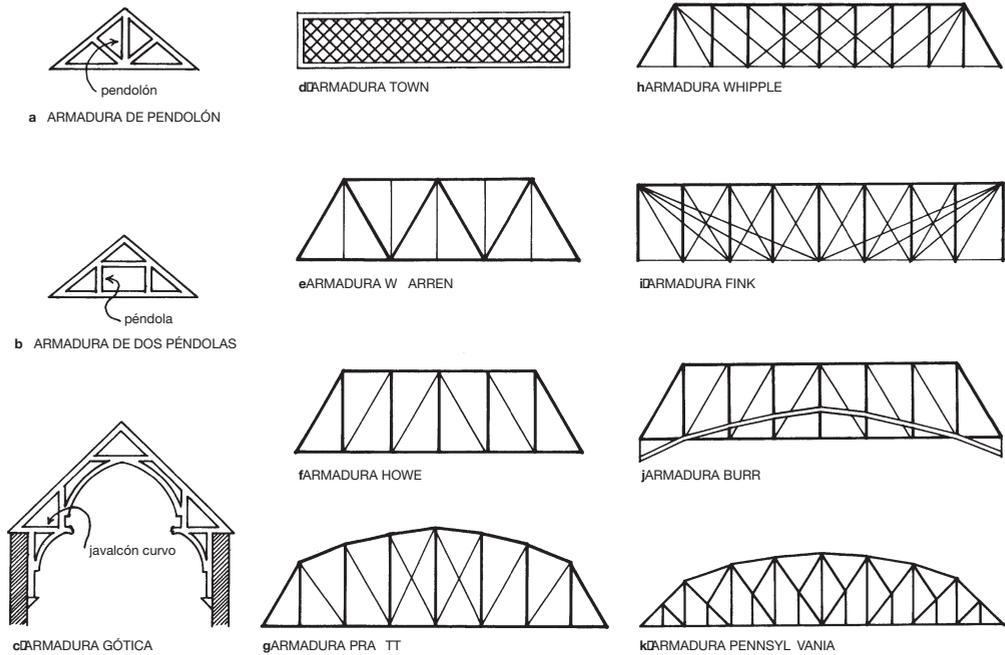
mostraron insuficientes para resistir los esfuerzos, acentuados por los terremotos, por lo cual hubo que añadir los contrafuertes de las torres exteriores que podemos ver en la actualidad.

La idea de colocar la cúpula romana sobre pechinas permitió cubrir una sala cuadrada o rectangular con una cúpula y añadir espacios anexos a sus lados, en ocasiones cubiertos con cúpulas más pequeñas. Tal es el caso de la iglesia de San Marcos de Venecia, cuya planta en forma de cruz exenta está cubierta con cinco cúpulas [13.24-13.26].

Pese a la innegable utilidad de la bóveda por arista romana, su inconveniente principal fue que sólo funcionaba bien en crujías de planta cuadrada; en crujías rectangulares o trapezoidales, las líneas de los aristones (líneas de intersección de las bóvedas) se curvaban y la bóveda perdía rigidez estructural; además, tales bóvedas eran de difícil realización por las dificultades inherentes a la talla de la piedra. La solución a este problema se logró por primera vez hacia el año 1110, en Durham (Inglaterra) y en Saint-Denis (Francia). Consistía en construir unos nervios diagonales autoestables a lo largo de las líneas de intersección de las bóvedas, así como también a lo largo de los bordes externos de las mismas [2.22]. Posteriormente, se rellenaban los recuadros de las bóvedas. Había nacido la *bóveda nervada* o *bóveda de crucería*. Una de las ventajas de la bóveda nervada fue la gran reducción de cimbras que suponía. Una vez construidos los nervios y recuadros de una crujía, las cimbras podían aprovecharse para la siguiente. Además, los albañiles medievales usaban arcos apuntados, contruidos con dos segmentos de circunferencia; mediante el simple cambio de los centros de las dos cimbras que formaban el arco, los albañiles podían construir los arcos de todos los lados de un trapezoide o de cualquier cuadrado o rectángulo irregular de la misma altura. Así se construyeron las bóvedas de crucería de la mayoría de las catedrales góticas, como la de Notre-Dame de Amiens, en Francia, empezada en 1221 [2.23].

Armaduras de cubierta

Los romanos también emplearon otro tipo estructural que, mucho más tarde, en los si-

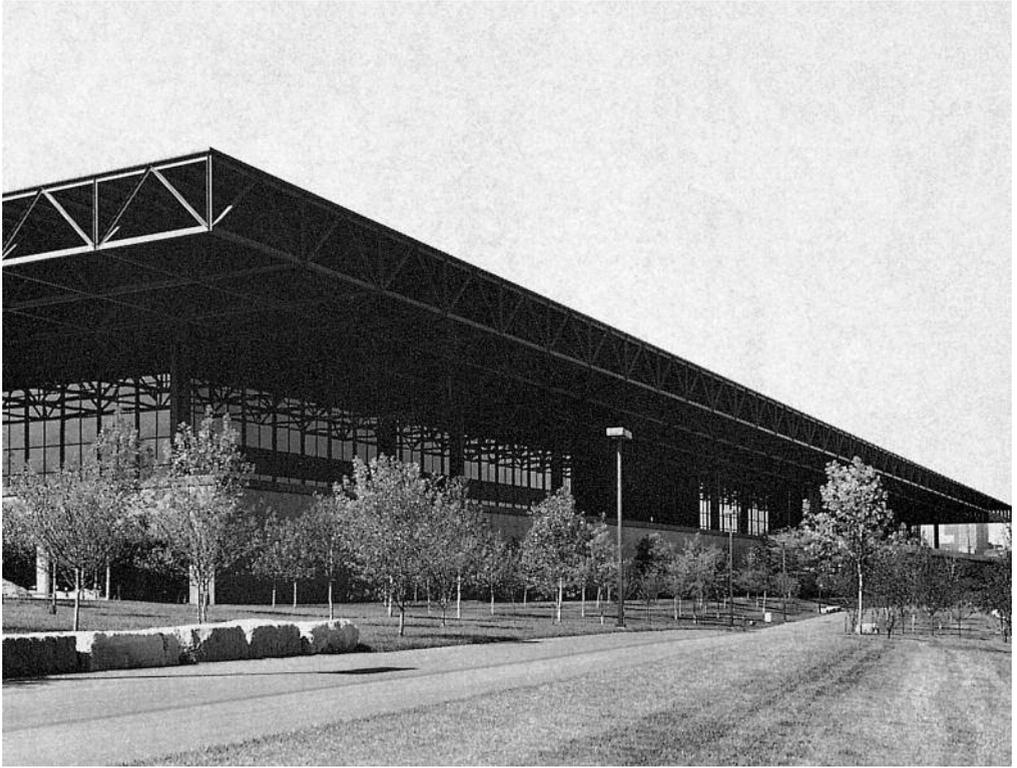


2.24. Comparación de tipos de cercha. Entre ellos hay cerchas medievales (armadura de dos péndolas, armadura de pendolón y armadura gótica) y modelos de cercha patentados del siglo XIX (armaduras Howe, Pratt, Whipple, Warren y Fink).

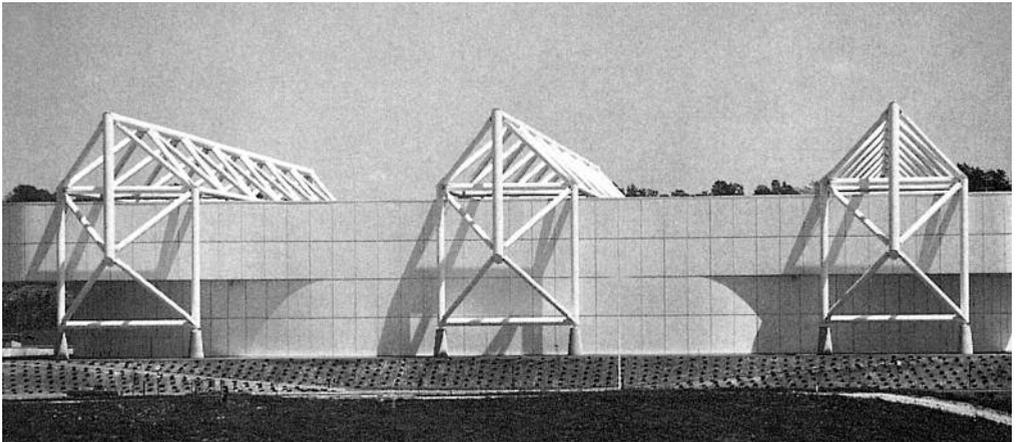
glos XIX y XX, resultó básico para cubrir grandes edificios: la *armadura de cubierta* o *cercha*. La armadura de cubierta tradicional estaba hecha de piezas de madera dispuestas formando celdas triangulares [2.24]. El triángulo, por su geometría indeformable, no puede cambiar de forma, a menos que se distorsione o flexione alguno de sus lados. De ahí que, disponiendo un triángulo junto a otro, sea posible construir figuras alargadas bastante resistentes pese a su relativa ligereza. Las cerchas de madera fueron usadas profusamente por los romanos en la construcción de cubiertas de gran variedad de formas y siguieron utilizándose durante la edad media, especialmente en la construcción de grandes graneros para el pago de los diezmos. Un soberbio ejemplo medieval de cercha de madera es la cubierta gótica de la gigantesca nave de Westminster (*Westminster Hall*), en Londres, construida entre 1394-1399 por el arquitecto Henry Yevele y el carpintero Hugh Herland, con una luz de 20,7 m (68 pies), la mayor construida en ma-

dera de toda la época medieval [15.16]. Las grandes catedrales góticas, como la de Amiens, se cubrieron con cerchas de madera instaladas sobre las bóvedas de crucería.

Durante el siglo XIX se inventaron muchas formas nuevas de cercha que, a menudo, fueron bautizadas con el nombre del ingeniero que las empleó por primera vez (en la figura 2.24 se muestran algunos ejemplos). La cercha, en especial la de acero, permite salvar luces importantes, de ahí que fuera muy empleada para cubrir grandes espacios cerrados. Valga como ejemplo la que se utilizó en la Galerie des Machines, el mayor de los edificios de la Exposición Internacional de París de 1889 [19.22], que se cubrió con una serie de cerchas curvas que salvaban una luz de 114,9 m (377 pies). En este caso, como ocurre con cualquier arco, se generaban importantes empujes laterales en la base, pero no fue necesaria la construcción de grandes contrafuertes ya que los extremos de las cerchas curvas fueron arriostrados entre sí por debajo del suelo mediante tirantes de acero.



2.25. C. F. Murphy and Associates, McCormick Place, Chicago, 1970-1971. Esta malla espacial, diseñada por Gene Summers, tiene luces de 45,7 metros (150 pies) en ambas direcciones y cubre una superficie total de 7,63 hectáreas (19 acres).



2.26. C. F. Murphy and Associates, pabellón conmemorativo R. Kemper Crosby, Kansas City (Misuri), 1975. Esta malla espacial, diseñada por Helmut Jahn, está suspendida de tres impresionantes cerchas tridimensionales, cada una de ellas de 8,25 metros de altura y 98,75 metros de luz (27 por 324 pies).

2.27. R. Buckminster Fuller, pabellón de Estados Unidos, Exposición Universal de Montreal de 1967, Montreal (Quebec, Canadá), destruido por un incendio en 1976. Una gigantesca esfera estaba contenida en el interior de una malla estructural curva de acero ligero.



Mallas espaciales y cúpulas geodésicas

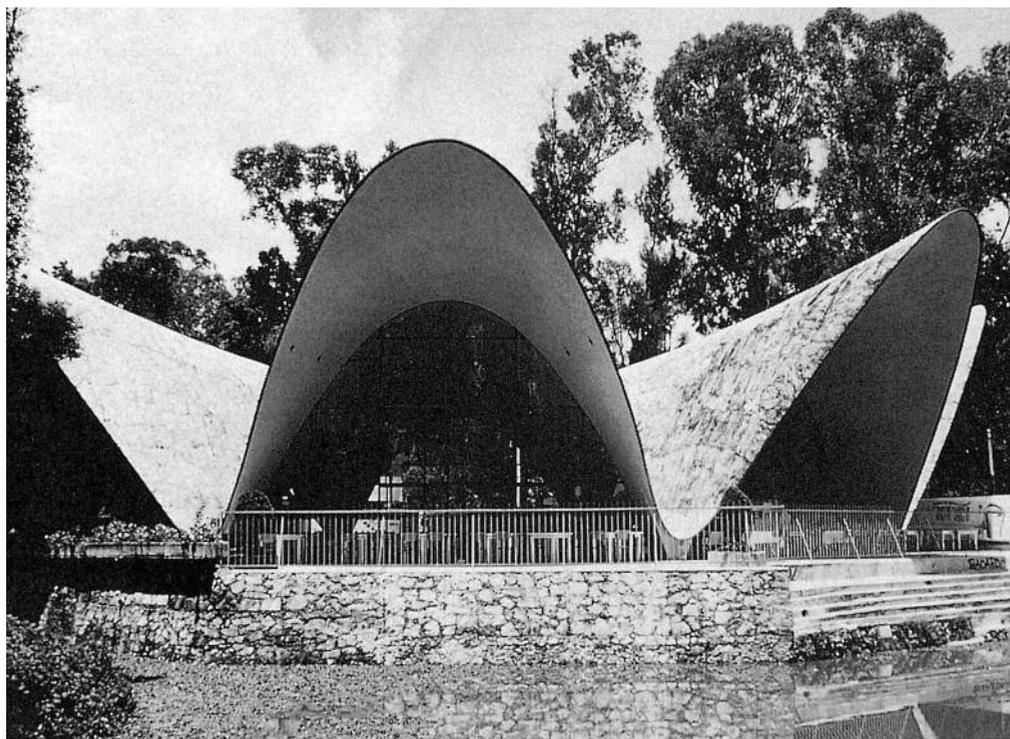
Análogamente a lo que se ha visto en las estructuras de columna y dintel o de arco, también la cercha puede ampliarse a las tres dimensiones, formando un nuevo tipo de estructura. La cercha extendida a las tres dimensiones se convierte en una *malla espacial*, una estructura relativamente nueva que empezó a usarse para grandes luces hacia 1945. Como la cercha plana, puede cubrir grandes luces. Si se proyecta adecuadamente, puede apoyarse virtualmente en cualquiera de los puntos de unión (nudos) de sus barras, como en el McCormick Place, en Chicago (1970-1971), de C. F. Murphy and Associates [2.25]. Una fascinante variación de este sistema estructural es el pabellón conmemorativo R. Kemper Crosby, en Kansas City (Misuri), construido también por C. F. Murphy en 1975 [2.26]. Aquí, la cubierta está colgada de la parte inferior de unas impresionantes cerchas tridimensionales vistas, de tubo de acero y 104,2 m (342 *pies*) de luz.

Del mismo modo que el arco, por rotación, engendra la cúpula, la cercha puede curvarse en tres dimensiones para formar lo que R. Buckminster Fuller bautizó con el nombre de *cúpula geodésica*. Al igual que la

cercha, se construye con barras de acero pequeñas y ligeras, de fácil manejo. Fuller empezó a proyectar y construir estas cúpulas a partir de 1945 y, en 1967, le fue encargado el pabellón de Estados Unidos para la Exposición Universal de Montreal (Canadá), que fue cubierto con una cúpula geodésica [2.27].

Láminas

Otro tipo estructural es el de las láminas, que son placas delgadas curvas, generalmente de hormigón, conformadas para transmitir las fuerzas aplicadas mediante esfuerzos de compresión, tracción o cortantes que actúan tangencialmente a la superficie media. El arquitecto norteamericano Eero Saarinen se interesó muy especialmente por las formas laminares; en la sala de conferencias Kresge del Instituto Tecnológico de Massachusetts, en Cambridge (1954), utilizó una forma esférica cortada para cubrir una planta triangular. Posteriormente, proyectó las aladas formas laminares de hormigón armado en voladizo para la cubierta de la terminal de la compañía TWA en el aeropuerto de Idlewild (hoy, aeropuerto Kennedy), en



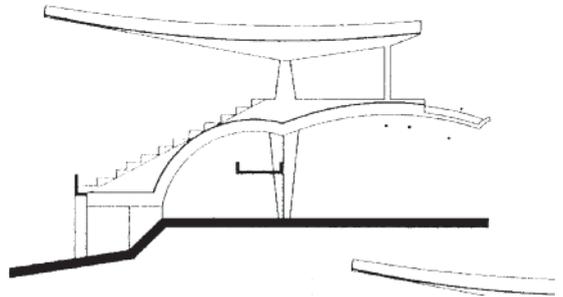
2.28. Félix Candela, restaurante, Xochimilco (México), 1958. La lámina, de un espesor total de algo más de 10 centímetros (4 pulgadas), se construyó vertiendo el hormigón sobre un mallazo de alambre de acero.

Nueva York (1956-1962) [21.14]. La superficie total cubierta mide 64,6 por 88,7 m (212 por 291 pies), con unos enormes voladizos de 24,9 m (82 pies) en sus extremos. Como es lógico, los bordes de esas láminas están sometidos a esfuerzos internos y deformaciones considerables que son absorbidos mediante unas grandes vigas de borde rigidizadoras. Como puede imaginarse, los machones que sostienen las láminas voladas están fuertemente armados para soportar los enormes esfuerzos de tracción producidos por los voladizos de 24,9 m.

También se pueden construir láminas mucho más delgadas, como demostró el arquitecto mexicano de origen español Félix Candela en numerosos edificios, durante las décadas de 1950 y 1960. Un buen ejemplo de ello es su restaurante en Xochimilco, México (1958) [2.28]. En este edificio, la lámina de hormigón, aplicado manualmente sobre un mallazo de acero, tiene un espesor de tan sólo 10,2 cm (4 pulgadas); pero lo que realmente confiere resistencia a la estructura no es la

masa del material, sino las curvas de la cáscara. En un sentido estrictamente matemático, la rigidez de la estructura está en función de la doble curvatura de la lámina; esto es, que las dos secciones principales de la lámina son curvas.

También existen láminas de simple curvatura, es decir las que tienen una de sus secciones principales recta y la otra curva, y láminas plegadas, o sea, las formadas por planos. Un buen ejemplo de ello es la tribuna del hipódromo de la Zarzuela (1935) [2.29], construida por el ingeniero y arquitecto Eduardo Torroja (en colaboración con los arquitectos Arniches y Domínguez) en las afueras de Madrid. La tribuna está formada por una serie de delgadas bóvedas de membrana de hormigón armado que se proyectan audazmente sobre las gradas. La propia curvatura de las *viseras* (unida a las armaduras del hormigón) confiere a las bóvedas la resistencia necesaria para volar espectacularmente sobre las filas de asientos de los espectadores. Un caso especialmente in-



2.29. Hipódromo de la Zarzuela, Madrid, 1935-1936. C. Arniches Moltó y M. Domínguez Esteban, arquitectos, y E. Torroja Miret, ingeniero. Vistas de las cubiertas del graderío y sección transversal.



2.30. Harrison & Abramovitz en colaboración con los ingenieros Ammann & Whitney, salón de actos de la Universidad de Illinois, Champaign, 1961-1962. Esta cúpula en forma de lámina plegada tiene unas ondulaciones que irradian desde el centro.

interesante de utilización de la lámina plegada es el salón de actos de la Universidad de Illinois (1961-1962), en Urbana, de Harrison & Abramovitz, en colaboración con los ingenieros Ammann & Whitney [2.30]. Esta cúpula está formada por una placa plegada de 120 m (394 pies) de diámetro, apoyada en una serie de soportes radiales que arrancan de un anillo situado en la base del edificio. Los enormes esfuerzos laterales ejercidos sobre el borde exterior de la cúpula son absorbidos por un zuncho perimetral formado por casi un kilómetro (0,622 millas) de alambre de acero, solicitado a tracción.

Estructuras suspendidas

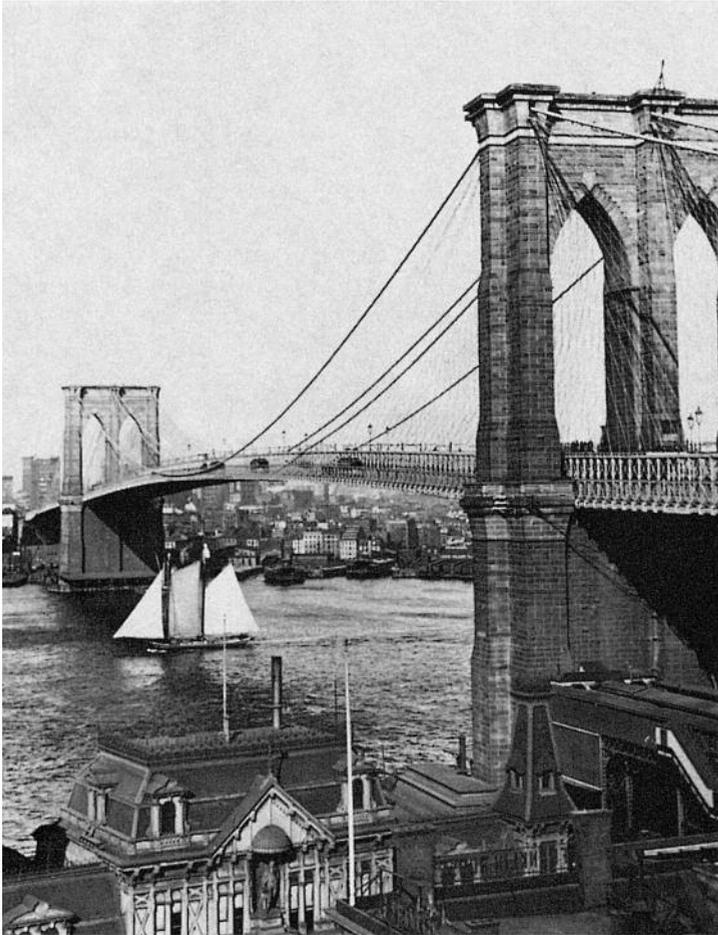
Las sociedades primitivas han venido utilizando lianas y cuerdas para construir puentes colgantes desde tiempo inmemorial. A partir de los albores del siglo XIX, los puentes colgantes empezaron a construirse con cadenas de hierro y, más adelante, con cables de acero. El ejemplo más clásico de puente colgante moderno es el del puente de Brooklyn, empezado por John Augustus Roebling en 1867 y terminado por su hijo, George Washington Roebling (construcción supervisada por la esposa de George, Emily), en 1883 [2.31]. En este puente se utilizaron por primera vez los cables de alambre de acero y, desde su construcción, ha venido utilizándose como modelo de puente colgante.

Mucho más reciente, a partir de 1955, es la aplicación extensiva del principio de los cables tensados en edificios distintos a los puentes. Una estructura tesa es especialmente eficiente, ya que todo el cable está en un estado de tensión pura, mientras que en la mayoría de las demás formas estructurales aparecen esfuerzos mixtos (incluso en las vigas simplemente apoyadas, en las que aparecen esfuerzos de compresión en la parte superior y de tracción en la inferior). Un cable suspendido por sus extremos adopta una forma curva muy parecida a la parábola, definida matemáticamente como la curva catenaria, y puede ser considerado como una forma estructural ideal, por estar sometida únicamente a tensión. De hecho, si fuera posible *congelar* esa forma e invertirla, el resultado sería una curva catenaria o un arco

parabólico sometido exclusivamente a esfuerzos de compresión. Tales arcos, y las formas abovedadas de él derivadas, fueron muy utilizados por el arquitecto español Antoni Gaudí en la Barcelona de finales del siglo XIX y principios del XX [19.39].

Eero Saarinen, muy interesado por las formas laminares de gran poder expresivo, también utilizó las estructuras suspendidas en varios edificios. En su pista de hockey sobre hielo Ingalls, para la Yale University en New Haven (Connecticut, 1955-1956), el techo de madera está sostenido por un delgado arco parabólico de hormigón armado, del que parten cables de acero anclados en los muros laterales. Saarinen insistió en esta idea, ampliándola, en su terminal internacional Dulles para el aeropuerto de Washington (1958-1962) [2.32]. En este caso proyectó dos hileras de pilares de hormigón inclinados hacia afuera, que se curvaban por arriba para recoger las vigas que recorrían toda la longitud de la terminal. Entre esas dos filas de vigas paralelas se suspendieron los cables. La cubierta, a base de losas de hormigón, se colgó sobre los cables. Si bien esta estructura no puede ser considerada como ligera, hay que tener en cuenta que el peso muerto de la cubierta cumple la función de evitar el aleteo por efecto del viento.

Otro edificio basado en el mismo principio es el Banco de la Reserva Federal en Minneápolis (Minnesota), de Gunnar Birkerts, construido en 1971-1973. El programa para este edificio estipulaba que debía haber una gran superficie cubierta a nivel del suelo, exenta de columnas, para que los vehículos blindados pudieran maniobrar y cargar y descargar sus cargamentos de moneda. Esto significaba que, al nivel de la calle, no debía aparecer ninguna columna sustentante de la estructura superior. La solución que dió Birkerts a este problema consistió en colgar todo el edificio sobre unos cables suspendidos por sus extremos de dos torres, es decir, algo parecido a un puente colgante [2.33]. Las paredes exteriores son retículas rígidas ligadas a los cables, y todas las vigas de los forjados están atadas a esas retículas soportadas por los cables; por lo tanto, todas las cargas de los forjados y los muros son transmitidas por los cables hacia la parte alta de las torres. En consecuencia, dado que las torres son estiradas por los ca-

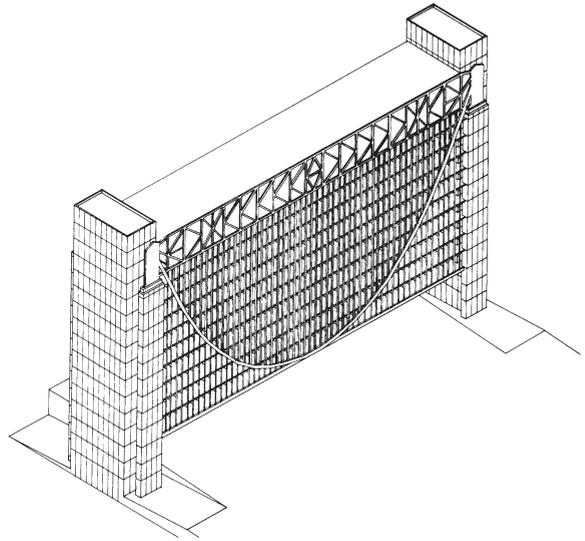


2.31. John Augustus Roebling, puente de Brooklyn, Nueva York, 1867-1883. Este puente estableció el modelo estructural para todos los puentes colgantes modernos; en él también se empleó el acero en una estructura por primera vez en América.



2.32. Eero Saarinen, terminal del aeropuerto internacional Foster Dulles, Washington DC. 1958-1962. La cubierta está colgada de cables anclados en las vigas de borde que corren a lo largo de los lados del edificio.

2.33. Gunnar Birkerts, Banco de la Reserva Federal, Minneapolis, 1971-1973. Diagrama de las partes estructurales en que se muestran los cables estructurales principales y la gran viga de celosía de la parte superior, cuya función principal es contrarrestar la tendencia que tienen los extremos de las torres a juntarse.



bles hacia el interior y hacia abajo, sus partes superiores tienden inevitablemente a juntarse; de ahí que estén conectadas mediante una gran viga de celosía, para mantenerlas separadas. Birkerts también previó la construcción de dos arcos en la parte alta de las torres, para que de ellos pudieran colgarse nuevas plantas adicionales, en caso de que tuviera que ampliarse el edificio verticalmente. De llevarse a cabo algún día esta ampliación, las fuerzas laterales hacia el exterior, generadas por las nuevas plantas sostenidas por el arco, se contrarrestarían con parte de las fuerzas laterales generadas por las plantas inferiores que cuelgan de los cables.

También se puede suspender un edificio de un único mástil mediante cables; de hecho, la mayoría de los edificios actuales se construyen con grúas de elevación de materiales basadas en este principio. Éstas tienen cables o barras de acero atados a un mástil central que sostiene la pluma y el contrapeso de la grúa. Un espectacular ejemplo de esta técnica constructiva es el edificio de la compañía Westcoast Transmission en Vancouver, en la provincia canadiense de Columbia Británica [2.34], realizado en 1968-1969 por los arquitectos Rhone & Iredale, en colaboración con los ingenieros Bogue & Babicki. En este edificio, los forjados están suspendidos de cables atados a un núcleo central que sobresale por encima del último piso.

Membranas (carpas) y estructuras neumáticas

Desde los primeros años de la década de 1960, la aparición de una serie de nuevos materiales ha propiciado un avance considerable en técnicas constructivas, cada día más exóticas. En un futuro no muy lejano, tales materiales serán de uso tan corriente como la estructura metálica, la cual también constituyó una novedad técnica cuando, en 1851, se utilizó en el Crystal Palace de Londres y que, sin embargo, hoy por hoy, es el más corriente de los materiales para estructuras de entramado. Una variante técnica es la de la estructura de membrana tipo carpa, la cual no es sino una reinterpretación de uno de los tipos más antiguos de edificación: la tienda de campaña. El arquitecto e ingeniero alemán Frei Otto ha volcado sus energías en el desarrollo de estructuras de membrana pretensadas por la aplicación de fuerzas exteriores que se mantienen completamente tensas ante todas las condiciones de carga previstas; en ellas, la carpa está soportada por unos mástiles que mantienen en tensión a una retícula de cables entrelazados, amarrados a una serie de puntos de anclaje al terreno (para evitar que la membrana aletee con el viento). Un buen ejemplo es su pabellón alemán para la Exposición Universal de Montreal de 1967 [2.35].

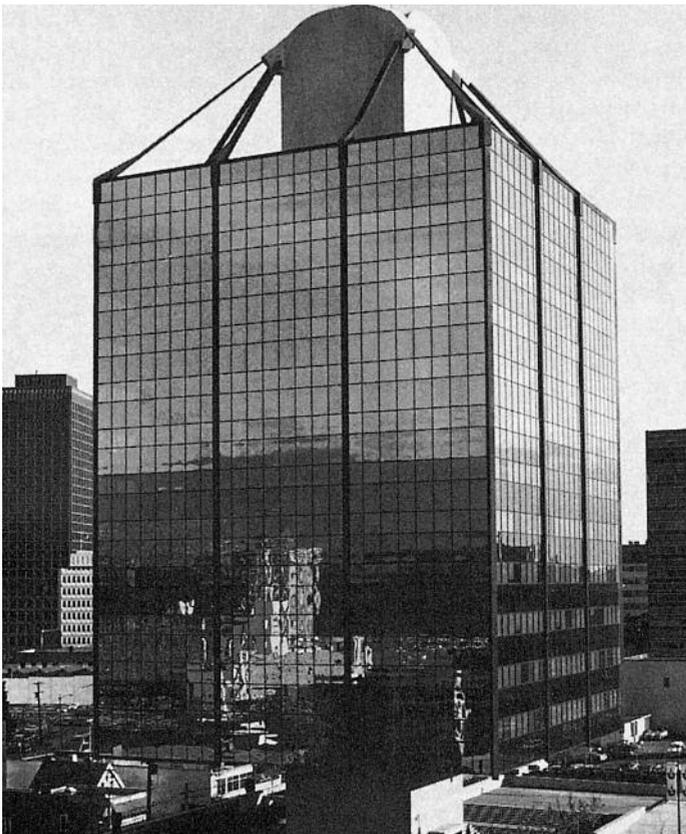
Otro nuevo tipo de construcción es el de las estructuras neumáticas, técnica cuyo de-

sarrollo ha sido posible gracias a los nuevos avances en cuanto a calidad, cosido e impermeabilización de las fibras textiles. Una de sus principales aplicaciones se da en el campo de las cubiertas provisionales sobre piscinas u otras instalaciones de temporada. A menudo, la estructura consta de una sola membrana sellada perimetralmente al terreno o a la plataforma de base; una ligera sobrepresión interior, conseguida mediante ventiladores, hace que se hinche la membrana. Una alternativa es la de las estructuras infladas con aire; éstas son siempre de doble membrana (como una versión ampliada de las piscinas infantiles hinchables); aquí, el aire se insufla a presión dentro de los propios elementos constructivos, los cuales tienen las formas adecuadas para sostener las cargas a la manera tradicional, mientras que el volumen de aire encerrado por la edificación se mantiene a la presión atmosférica normal. Un magnífico ejemplo de este tipo fue el pabellón Fuji, montado en 1970 para la Exposición Internacional de Osaka

(Japón) y proyectado por Yutaka Murata [2.36]. La desventaja de las estructuras neumáticas es que, para mantener la presión, requieren de una constante aportación de energía a los ventiladores, y que las membranas son susceptibles de agujerarse o desgarrarse. Gradualmente, las estructuras de membrana y las neumáticas se están usando cada vez más para cubrir zonas deportivas, aunque esas tecnologías son tan nuevas que nuestra información sobre su comportamiento, tras sólo unas décadas de exposición a los elementos, es aún muy limitada.

Tecnología y riesgo

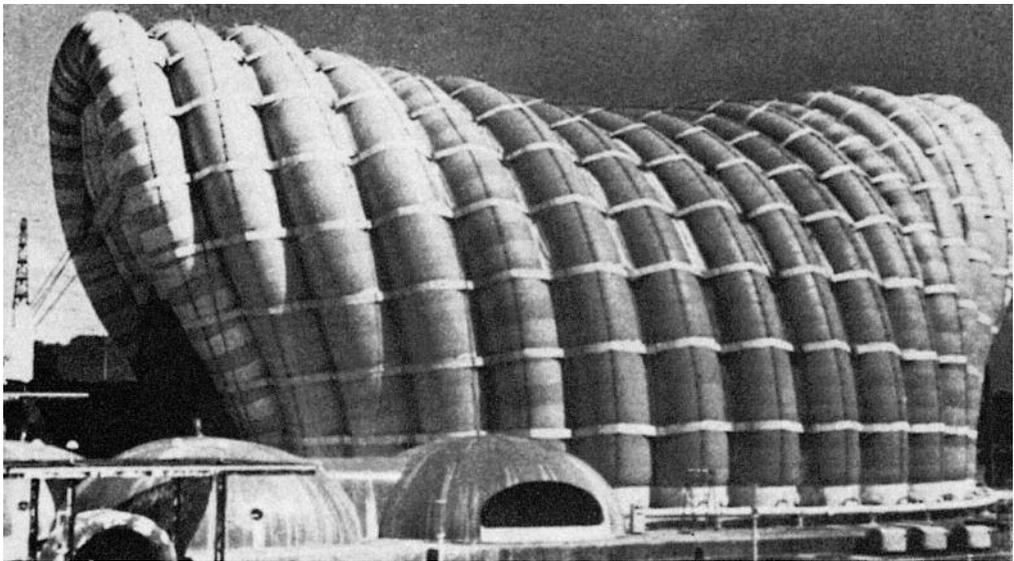
Es un hecho conocido que cuando se desarrolla una nueva tecnología se suele generar automáticamente una necesidad compulsiva de ponerla en práctica, tal vez como expresión del deseo humano de avanzar. Es como si se quisiera quemar etapas a toda prisa. Por desgracia, sucede con frecuencia que



2.34. Rhone & Iredale, en colaboración con los ingenieros Bogue & Babicki, edificio de la compañía Westcoast Transmission, Vancouver (Columbia Británica, Canadá), 1968-1969. Los forjados se sostienen sobre vigas y columnas sujetas a los cables exteriores, que, a su vez, están atados al núcleo central que sobresale por encima del último piso.



2.35. Frei Otto, pabellón de Alemania, Exposición Universal de Montreal de 1967, Montreal (Quebec, Canadá). En esta construcción, la envoltura protectora es una membrana soportada por unos mástiles que mantienen en tensión a una retícula de cables entrelazados, los cuales están amarrados a una serie de puntos de anclaje al terreno.



2.36. Yutaka Murata, pabellón Fuji, Exposición Universal de Osaka de 1970, Osaka (Japón). Los tubos de fibra textil inflada tienen integridad estructural propia; es decir, se sostienen a sí mismos. El aire en el interior de la edificación se mantiene a la presión normal.

los riesgos y desventajas de una nueva técnica o un nuevo material no se conocen hasta *después* de que la estructura está en funcionamiento. Tal vez los griegos tuvieran que aprender en propia carne lo grande que podía llegar a ser un dintel sin que se rompiera, y es probable que los arquitectos góticos tuvieran que esperar a que las bóvedas de la catedral de Beauvais se desplomaran para comprender que su tecnología había lle-

gado al límite. En la arquitectura moderna, la compulsión hacia la esbeltez y la novedad estructural se hizo especialmente evidente a partir de 1920, cuando el ideal a alcanzar era despojar a la arquitectura de materialidad visual (como en el muro transparente de vidrio del edificio Lever [2.2]). Dicho objetivo puede traducirse en “obtener el máximo rendimiento estructural con la mínima cantidad de material y con juntas y uniones lo más pe-

queñas y discretas que sea posible”. Cuando el cumplimiento de estos objetivos conduce a asumir riesgos que rebasan el límite de la prudencia, el resultado puede ser mortal, como ocurrió en el caso de las pasarelas del vestíbulo del Hyatt Regency Hotel, en Kansas City (Misuri). Aquí se produjo una insuficiente sujeción de las *pasarelas aéreas* a las esbeltas barras, con el resultado de que aquellas se vinieron abajo en julio de 1981, dejando un terrorífico saldo de 113 muertos y 180 heridos.³

La estructura como expresión cultural

La estructura es algo más que la mera cuestión de crear un esqueleto o una envoltura. La selección de los materiales y de sus unio-

nes –sea para sugerir solidez y materialidad, o bien espiritualidad y despojamiento de cualidades materiales– forman parte de la visión que una cultura tiene de sí misma y de su relación con la historia. Así, como veremos en la segunda parte del libro, la solidez de las pirámides no es sino una expresión de la noción inmutable que los egipcios tenían del universo, la proporción del templo griego es una representación del ideal de equilibrio de la filosofía griega, la verticalidad de las catedrales góticas es una expresión de la esperanza medieval de alcanzar el cielo y los delgados soportes de las pasarelas del Hyatt Regency son el tributo de nuestra jactanciosa pretensión de conquista de la gravedad a través de la tecnología. El *cómo* construimos dice casi tanto de nosotros como el *qué* construimos.

NOTAS

1. Louis I. Kahn, de una conferencia en la Escuela de Arquitectura, Pratt Institute, Nueva York, 1973; citada en John Lobell, *Between Silence and Light*, Boulder, Colorado, 1979, p. 42.

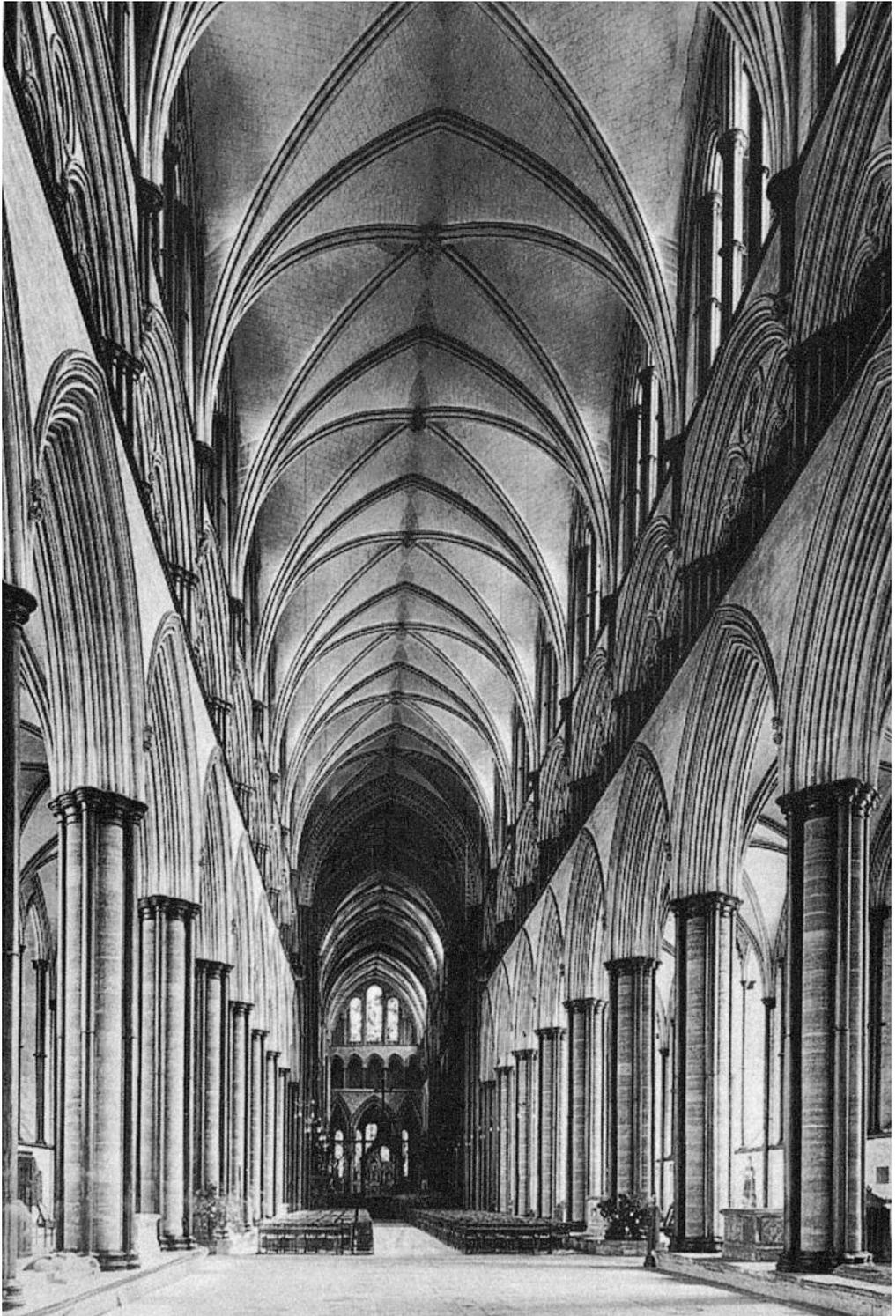
2. Las recientes investigaciones realizadas por George Hersey sugieren que los órdenes griegos se inspiraron en troncos de árboles de las arboledas sagradas y que los nombres de muchas de sus partes tienen su origen en los sacrificios ofrecidos a los dioses. Este asunto se trata con mayor detalle en el capítulo 11.

3. Para un análisis estructural del Panteón, véase Robert Mark y Paul Hutchinson, “On the Structure of the Roman Pantheon”, en *Art Bulletin*, n° 68, marzo, 1986, pp. 124-134. Véanse también R. Mainstone, *Developments in Structural Form*, y M. Salvadori, *Why Buildings Stand Up* (citado en la sugerencia de lectura anterior).

4. Sobre el análisis del colapso de las pasarelas del Hyatt Regency, véase Steven S. Ross, *Construction Disasters: Design Failures, Causes, and Prevention*, Nueva York, 1984, pp. 338-406. En enero de 1986, el estado de Misuri revocó las licencias profesionales de los dos ingenieros de estructuras que habían proyectado las pasarelas, después de que éstos fueran acusados de negligencia profesional grave en noviembre de 1985.

BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

- Condit, Carl W., *American Building: Materials and Techniques from Beginning of the Colonial Settlements to the Present*, 2ª ed., Chicago y Nueva York, 1982.
- Condit, Carl W., *American Building Art: The Nineteenth Century*, Nueva York, 1960.
- Condit, Carl W., *American Building Art: The Twentieth Century*, Nueva York, 1961.
- Davey, Norman, *A History of Building Materials*, Nueva York, 1971.
- Gordon, James Edward, *Structures: Or Why Things Don't Fall Down*, Nueva York, 1978.
- Mainstone, Rowland J., *Developments in Structural Form*, Cambridge, Massachusetts, 1975.
- Ross, Steven, *Construction Disasters: Design Failure, Causes and Prevention*, Nueva York, 1984; incluye explicaciones sobre el fracaso de la Torre Hancock, el desplome de la cubierta de la zona Kemper y el colapso de las pasarelas aéreas del Hyatt Regency.
- Salvadori, Mario, *Why Buildings Stand Up*, Nueva York, 1980.
- Salvadori, Mario y Heller, Robert, *Structure in Architecture: The Building of Buildings*, 3ª ed., Englewood Cliffs, Nueva Jersey, 1986.
- Timoshenko, Stephen, *History of the Strength of Materials*, Nueva York, 1983.
- Zannos, Alexander J., *Form and Structure in Architecture: The Role of Statical Function*, Nueva York, 1986.



3.10. Catedral de Salisbury, Salisbury (Inglaterra), 1220-1266. Vista de la nave central. Las crujeas repetitivas y la potente estratificación horizontal coadyuvan a que la vista se sienta fuertemente atraída hacia el fondo de la nave.

“Deleite”: el espacio en la arquitectura

La historia de la arquitectura es primordialmente una historia de la configuración del espacio por la mano del hombre.

Nikolaus Pevsner, *Breve historia de la arquitectura europea*, 1943

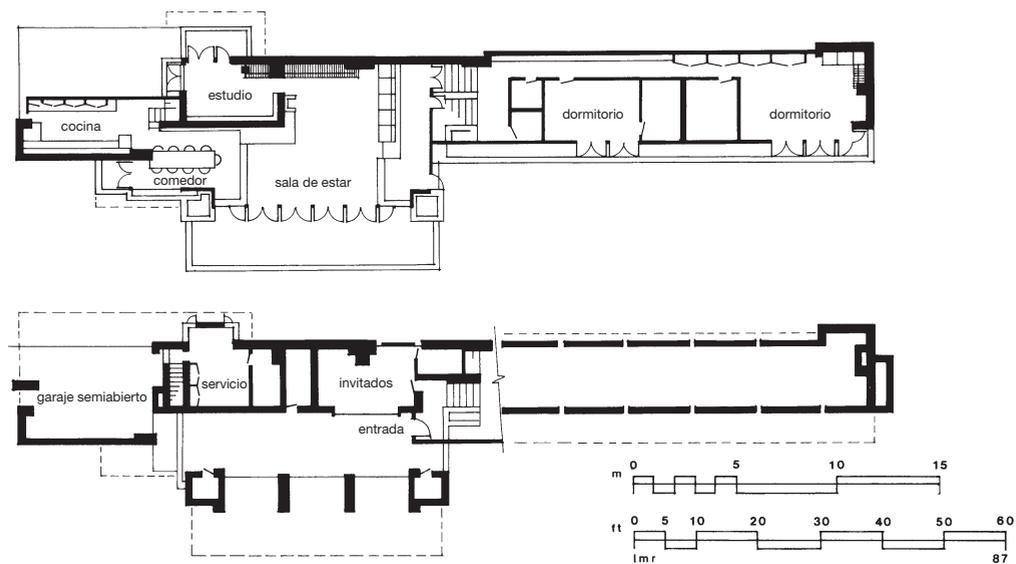
La arquitectura es el arte en cuyo interior nos movemos; es el arte que nos envuelve. Si bien Nikolaus Pevsner establecía una, en mi opinión discutible, división entre *arquitectura* y *edificio*, tengo, en cambio, muchos más motivos de coincidencia con su observación siguiente de que la arquitectura es la creación de espacio.¹ Tal como observa Pevsner, los pintores y escultores afectan nuestros sentidos creando cambios en las formas y en las relaciones de proporción entre ellas o a través de la manipulación de la luz y del color, pero sólo los arquitectos configuran el espacio en que vivimos y en que nos movemos. Frank Lloyd Wright, pensaba que el espacio era la esencia de la arquitectura y descubrió que Okakura Kakuzo expresaba la misma idea en *The Book of Tea*. La realidad de la arquitectura no reside en los elementos sólidos que la configuran, sino que, más bien, “la realidad de la arquitectura hay que buscarla en el espacio encerrado por la cubierta y las paredes antes que en ellas mismas”.²

El arquitecto manipula espacios de muchos tipos. En primer lugar hay que hablar del **espacio físico**, que puede definirse como el volumen de aire limitado por las paredes, el suelo y el techo de una sala. Este espacio puede ser computado fácilmente y expresado en forma de metros cúbicos o de pies cúbicos.

Pero también existe un **espacio perceptible**, que es el que puede ser percibido o visto. Este espacio, especialmente en edificios con paredes de vidrio, puede ser realmente dilatado e imposible de cuantificar.

El **espacio conceptual**, en estrecha vinculación con el perceptivo, puede definirse como el *mapa mental* que llevamos en la cabeza, el *plano* que queda almacenado en nuestra memoria. Los edificios que funcionan bien son aquellos que los usuarios pueden comprender fácilmente con su imaginación y en los que pueden desplazarse con soltura, casi sin necesidad de que nadie se los enseñe, como con una especie de inevitabilidad. De tales edificios puede decirse que tienen un buen espacio conceptual.

El arquitecto también interviene decisivamente en la configuración del **espacio funcional**, que podría definirse como aquel en que realmente nos movemos y usamos. Para ilustrar con un ejemplo todos estos tipos de espacio, examinaremos la casa de Lloyd Lewis en Libertyville (Illinois), realizada en 1939 por Frank Lloyd Wright [3.1]. La vista de la sala de estar hacia la chimenea está definida por las librerías empotradas, el ladrillo visto del conjunto de la chimenea, el suelo y el techo [3.2]; todas las superficies son opacas y transmiten una clara sensación de confinamiento; el espacio físico es evidente. Si miramos hacia la izquierda, la vista se extiende, a través de las grandes balconeras acristaladas, hacia el prado y el bosque que quedan al otro lado [3.3]; desde esta posición, el espacio perceptible alcanza al exterior, extendiéndose a través del prado hasta el horizonte y el cielo. Si nos desplazamos hacia el comedor, podremos ver la mesa de comer fija y ligada a un machón de obra vista [3.4]. Para pasar desde la sala de estar al comedor y a la cocina es preciso rodear la mesa de comer, ya que ésta no puede ser desplazada. En un sentido estrictamente físico, la mesa ocupa realmente muy poco volumen, muy pocos metros cúbicos en relación con los centenares que tienen la sala de estar y el comedor



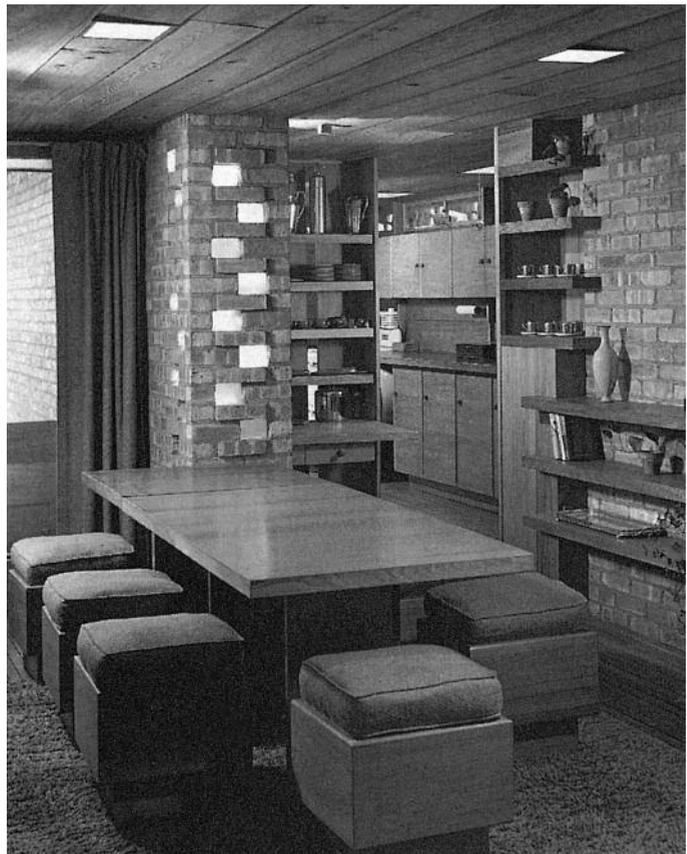
3.1. Frank Lloyd Wright, casa de Lloyd Lewis (casa Lewis), Lybertyville (Illinois), 1939. Plantas baja (arriba) y semisótano.



3.2. Casa Lewis. Vista de la sala de estar, mirando hacia la chimenea. Desde este punto, el espacio se nos presenta nítidamente definido y transmite una protectora sensación de enclaustramiento.



3.3. Casa Lewis. Vista de la sala de estar, mirando hacia la pantalla de puertas cristaleras. Desde esta posición, el espacio perceptible se prolonga hacia el exterior, extendiéndose a través del prado hasta el horizonte y el cielo.

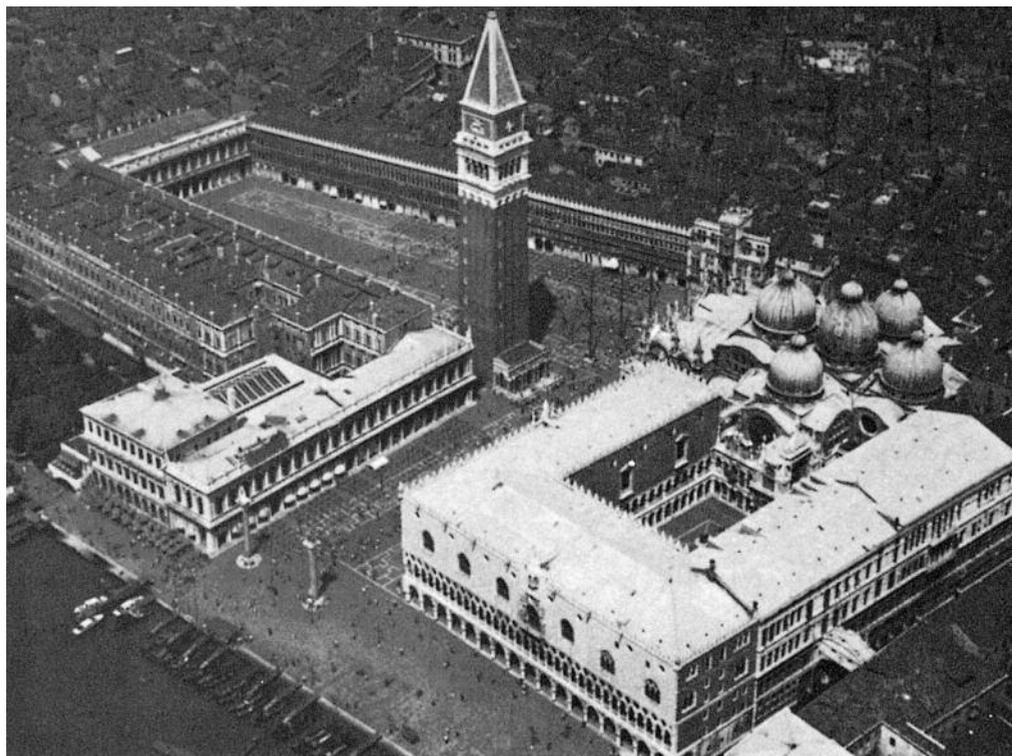


3.4. Casa Lewis. Vista de la zona de comedor con la mesa fijada al machón de fábrica. La cualidad de inmovilidad de la mesa determina las circulaciones de las personas y, por consiguiente, su comportamiento funcional.

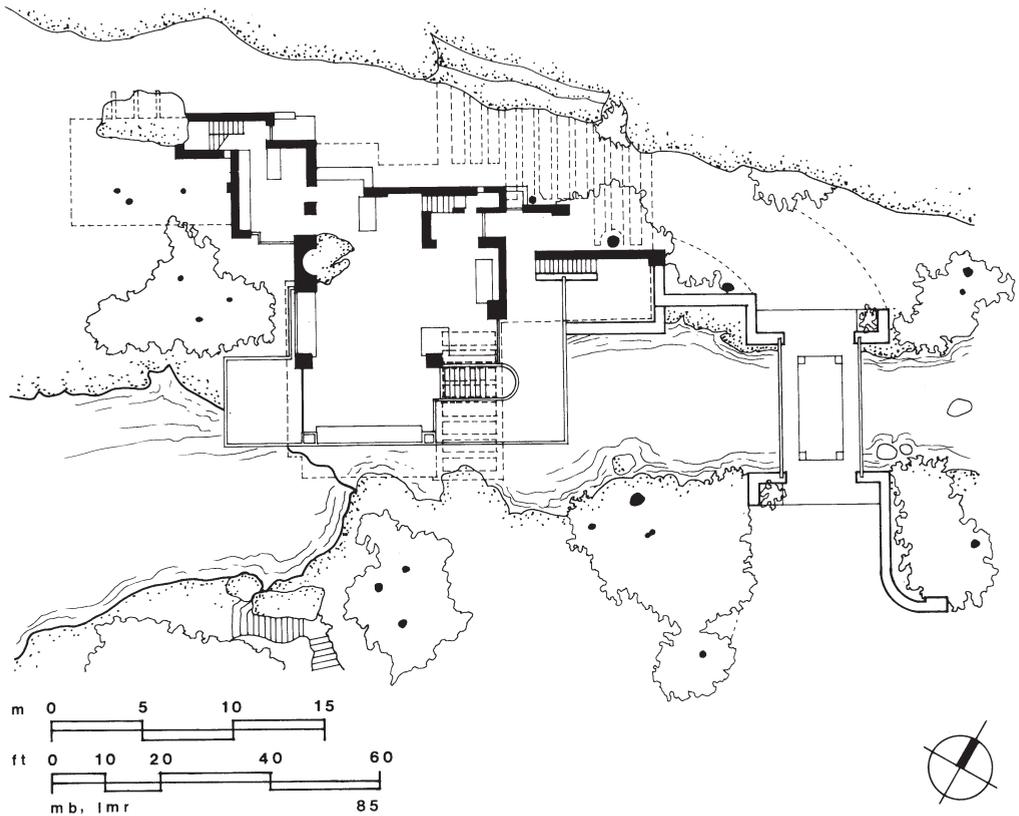
juntos, pero desde el punto de vista funcional, determina de una manera rotunda y decisiva nuestros desplazamientos a través del espacio.

El espacio arquitectónico es un poderoso configurador de comportamientos. Winston Churchill lo entendió perfectamente cuando, en 1943, ante la Cámara de los Comunes, dijo: "Damos forma a nuestros edificios y después nuestros edificios nos dan forma a nosotros".³ La Cámara, en la que los Comunes venían celebrando sus reuniones desde cerca de un siglo antes, había quedado destruida por una bomba alemana en 1941, y el Parlamento empezaba a plantearse medios alternativos para reconstruirla. Las primeras reuniones del Parlamento, allá por el siglo XIII, se realizaban en una de las salas del palacio medieval de Westminster, pasando posteriormente a la capilla del palacio. Se trataba de una típica capilla gótica, estrecha y alta, con filas paralelas de siales de coro a ambos lados del pasillo central. Los parlamentarios se sentaban en los sitiales,

dividiéndose en dos grupos: el del partido del gobierno a un lado del pasillo y, del otro lado del pasillo, el de la leal oposición. Muy raro era el parlamentario que tomaba la grave decisión de cruzar el pasillo para cambiar de filiación política. Cuando, tras el incendio de 1834, hubo que reconstruir el Parlamento de Londres, se hizo en estilo neogótico y, en 1943, Churchill sostenía que ese mismo estilo era el que debía seguirse. Hubo quien pretendió reconstruir la Cámara con los asientos dispuestos en abanico, a la manera de las cámaras legislativas de Estados Unidos y Francia, a lo que Churchill replicó, convincentemente, que la forma del gobierno parlamentario inglés había sido configurada por el entorno físico en el que estuvo alojado por primera vez; según su razonamiento, cambiar ese entorno, darle un espacio funcional distinto, significaría también alterar la verdadera naturaleza del hecho parlamentario. Los ingleses habían configurado primero su arquitectura, y después la arquitectura había configurado al gobierno y a



3.5. Plaza de San Marcos, Venecia (Italia), 830-1640. Este cierre exterior contiene aspectos de los espacios físico, perceptible y funcional.



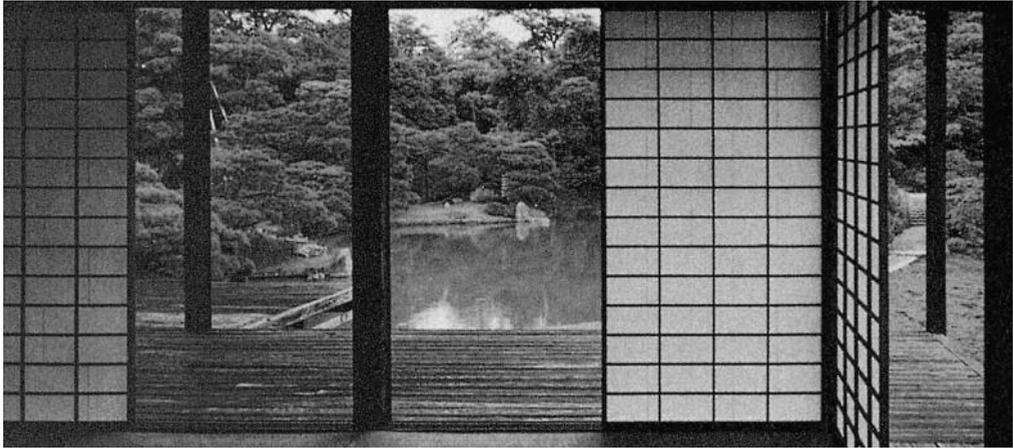
3.6. Frank Lloyd Wright, casa de Edgar Kaufmann llamada casa de la Cascada, cerca de Mill Run (Pensilvania), 1936-1938. Planta. Los espacios interiores se entrelazan de forma fluida y se abren hacia el boscoso barranco exterior a través de las grandes vidrieras.

la historia de Inglaterra. Así fue como, gracias al poder de persuasión de Churchill, el Parlamento fue reconstruido con arreglo a la disposición medieval de filas de escaños paralelos situados frente a frente, a uno y otro lado del pasillo central [19.8].

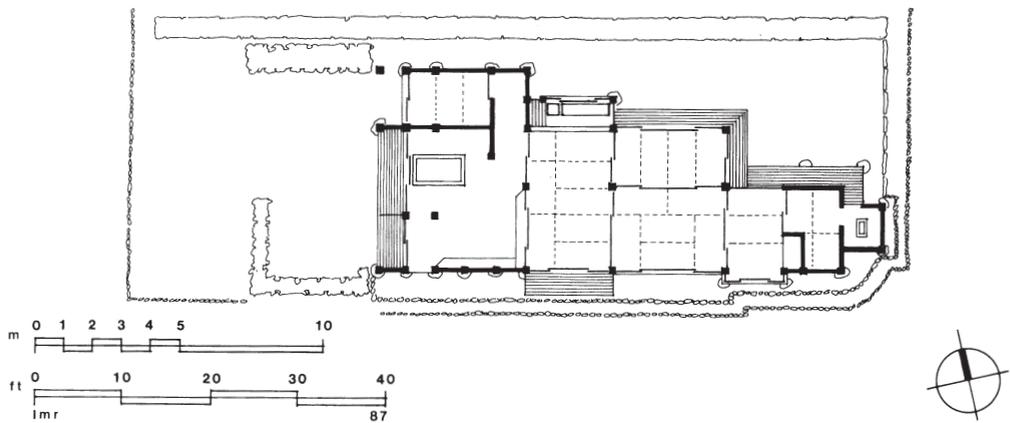
Esos conceptos de espacio físico, perceptivo y funcional se han aplicado aquí a los espacios contenidos en el interior de edificios concretos. Con sólo unos ligeros retoques en las definiciones, también pueden emplearse esos mismos términos para describir la experiencia vital en grandes espacios al aire libre. Consideremos, por ejemplo, la gran *sala al aire libre* de la plaza de San Marcos de Venecia [3.5]. Si nos situamos en la plaza mirando hacia el oeste, el espacio está claramente definido y delimitado por las fachadas de los edificios de los lados y del frente; ocurre algo parecido si nos damos la vuelta y miramos hacia el este, hacia la

iglesia de San Marcos, pero la luz que nos llega desde la derecha nos da la sensación de abertura. Si nos desplazamos hacia el este, cerca de la fachada de la iglesia, nos vemos obligados a rodear la elevada torre del Campanile que está erigida en la plaza, determinando así nuestra función de paseante. Una vez rodeada la torre, podemos ver la placita más pequeña que se extiende hacia el sur. Pasadas el par de columnas exentas que señala el límite de la placita, nuestra vista atraviesa el canal y el espacio físico cerrado se abre hacia un espacio perceptible mucho más expansivo.

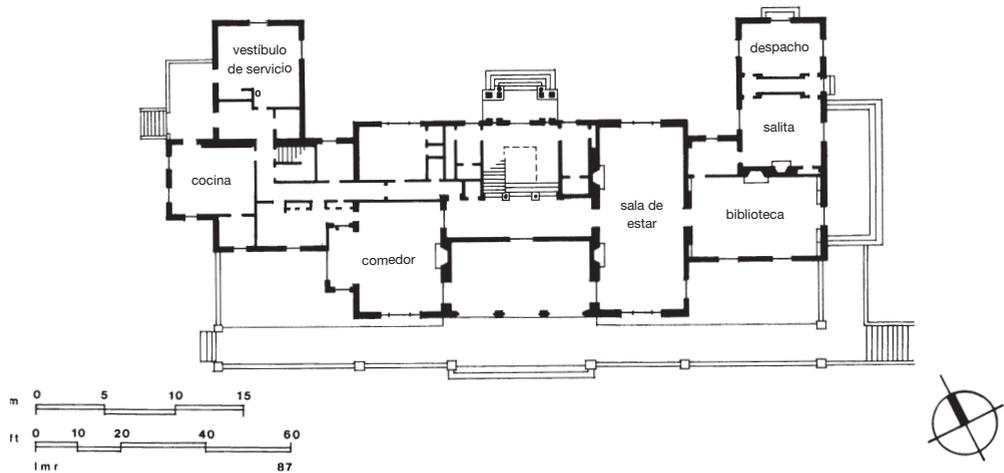
La planta de la casa de Lloyd Lewis también nos ilustra con claridad sobre la posibilidad de dualidad del espacio: los **espacios conexos** por contraste con los **espacios estáticos**. Wright era un maestro en el entrelazamiento de espacios, creando lo que se ha descrito como espacios fluidos, empezando



3.7. Pabellón Shokin-tei, villa imperial de Katsura, cerca de Kioto (Japón), 1645-1649. Vista desde el interior del pabellón hacia las isletas del lago.



3.8. Pabellón Shoi-ken (pabellón de los pensamientos sonrientes), villa imperial de Katsura, cerca de Kioto (Japón), 1645-1649. Planta.



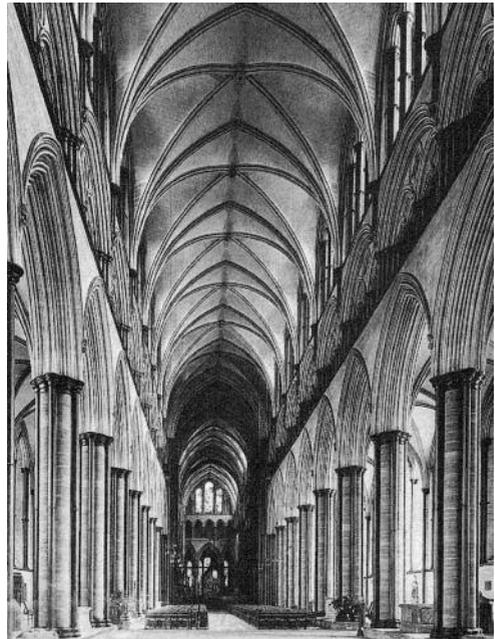
3.9. Charles A. Platt, casa William Fahnestock, Katonah (Nueva York), 1909-1924 (demolida). Planta. En este edificio, los espacios están claramente compartimentados para separar las actividades y por razones de privacidad acústica.

con sus *prairie houses* [literalmente, ‘casas de la pradera’] de 1900 a 1910 y siguiendo con su casa de la Cascada, cerca de Mill Run (Pensilvania), construida para los Kaufmann entre 1936 y 1938 [3.6]. En esas casas no existe separación entre la sala de estar y el comedor o la alcoba-biblioteca; todos estos espacios están libremente definidos como partes integrantes de un espacio mayor. Para el desarrollo de esta concepción del espacio, Wright se inspiró en la arquitectura japonesa. En la casa tradicional japonesa, un armazón estructural de madera sostiene los carriles a lo largo de los cuales deslizan las pantallas correderas. Cuando están cerradas, esas pantallas son como tabiques móviles que definen las *habitaciones* de la casa, mientras que basta con deslizarlas para que la casa quede totalmente abierta [3.7, 3.8]. En la casa tradicional japonesa no hay habitaciones, en el sentido convencional occidental. La influencia que tuvieron las plantas *descompartimentadas* de las primeras *prairie houses* de Wright sobre los arquitectos europeos es bien patente en el pabellón alemán, construido por Ludwig Mies van der Rohe para la Exposición Universal de Barcelona, celebrada en verano de 1929 [20.13], que fue demolido y ha sido recientemente reconstruido en el mismo emplazamiento. Aquí tampoco hay habitaciones en el sentido ordinario del término, sino una serie de planos organizados en el espacio, que definen un grupo de zonas entrelazadas.

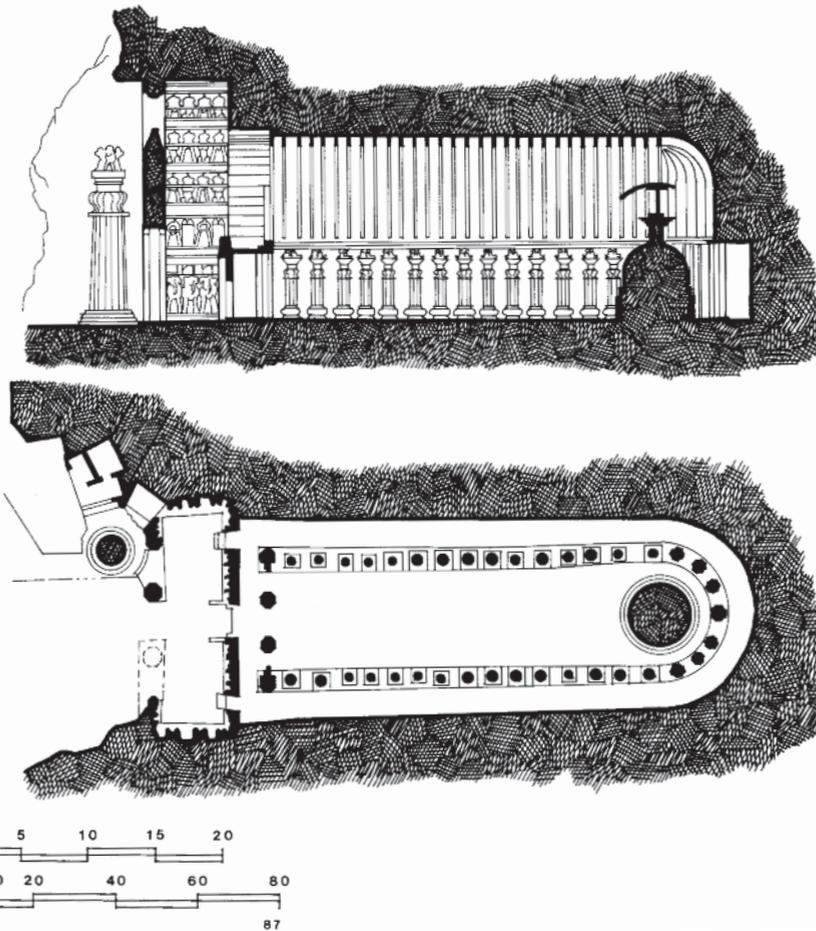
A la inversa, la casa europea o norteamericana más tradicional de los principios del siglo xx estaba claramente subdividida en habitaciones separadas, cada una de ellas con un fin distinto y bien definido: para la tertulia, para comer, para leer, para recibir invitados y así sucesivamente. Un buen ejemplo de ello es la casa William F. Fahnestock, en Katonah (Nueva York), 1909-1924 (actualmente demolida), construida por el arquitecto Charles A. Platt, con su *racimo* de habitaciones individuales [3.9]. En muchos aspectos, esta casa es parecida a la casa Harold F. McCormick, en Lake Forest (Illinois), 1908-1918, también de Platt. Originalmente, en 1908, Frank Lloyd Wright había proyectado para los McCormick una casa bien diferente (que habría sido la mayor de las suyas hasta la fecha), con una serie de amplios espacios conexos que se abrían

y fluían el uno hacia el otro. Pero, al parecer, la señora McCormick prefería un estilo de vida más formal y compartimentado, de manera que el proyecto de Platt resultó ser más adecuado a sus gustos.

Por su propia configuración, el espacio puede determinar o sugerir modelos de conducta, a pesar de las barreras u obstáculos. Hablamos del **espacio direccional**, por contraposición al **espacio no direccional**. La planta del pabellón alemán de Barcelona es un ejemplo ilustrativo de espacio no direccional, ya que no existe un recorrido obvio a través del edificio, sino más bien una gama de ellos a escoger. Por contraste, en una catedral gótica el enfático eje longitudinal dirige el movimiento hacia un único foco: el altar [3.10]. Esta especie de fuerza gravitatoria hacia el altar es particularmente intensa en las catedrales inglesas, pues, por ser de menor altura que las francesas y tener líneas horizontales más acentuadas, se produce una ilusión óptica que hace que las crujeas parezcan converger hacia el altar e incluso extenderse más allá de él.



3.10. Catedral de Salisbury, Salisbury (Inglaterra), 1220-1266. Vista de la nave central. Las crujeas repetitivas y la potente estratificación horizontal coadyuvan a que la vista se sienta fuertemente atraída hacia el fondo de la nave.

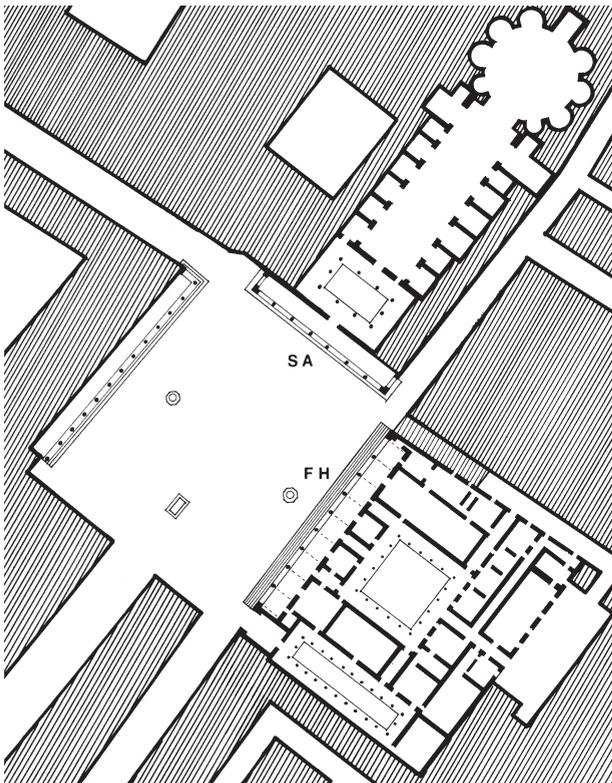
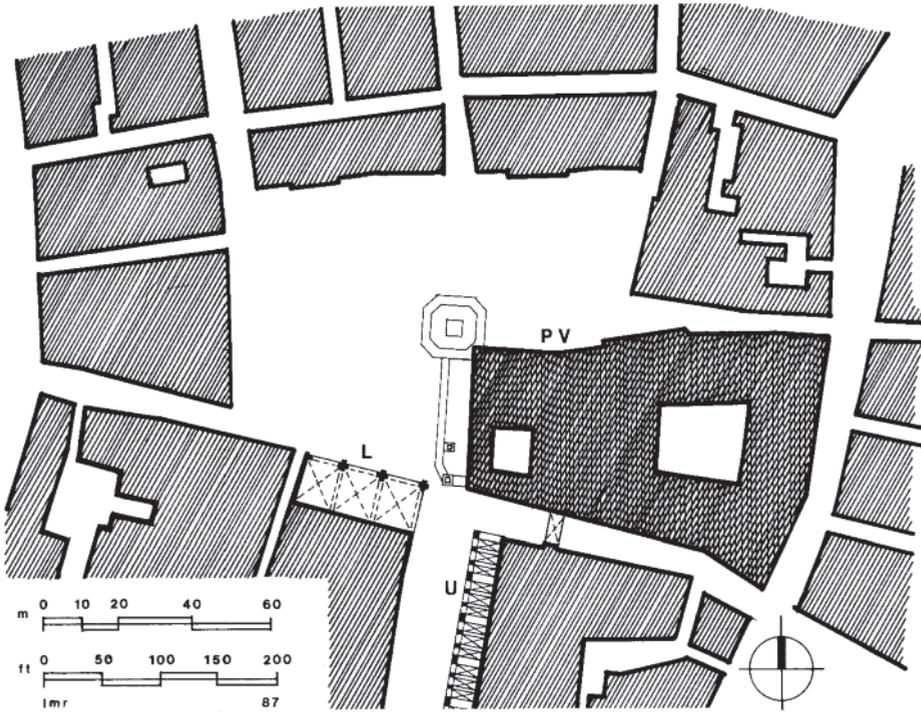


3.11. Cueva excavada en la roca, Karli (India), ca. 100 d. de C. Planta y sección. Este ejemplo de espacio negativo fue creado vaciando la roca del risco y creando una cámara abovedada sostenida sobre columnas, inspirada en la arquitectura en madera tradicional.

También puede hablarse de **espacio positivo** y **espacio negativo**. Espacio positivo es aquel que está concebido como un vacío que, posteriormente, se envuelve en una cáscara construida para definirlo y contenerlo. Un ejemplo de ello es la cáscara de yeso de la iglesia de peregrinación de los Vierzehnheiligen (Catorce Santos), en Franconia, al sur de Alemania, construida por el arquitecto Johann Balthasar Neumann entre 1742 y 1772 [17.43]. La envoltura no tiene nada estructuralmente sustancial; está ahí exclusivamente como un envoltorio, para definir un espacio concreto y crear una particular experiencia arquitectónica y religiosa. Por contraste, el espacio negativo se crea vaciando un sólido que ya existe. Tal vez las primeras moradas del gé-

nero humano fueran cavernas vaciadas naturalmente. Esa evocación ancestral permanece en muchas cavernas excavadas artificialmente en la roca, como las de Ajunta y Karli, en la India, que fueron excavadas entre el año 2000 a. de C. y el 650 d. de C. [3.11]. En ellas, el espacio se creó cortando laboriosamente el macizo existente hasta obtener el vacío deseado.

Los conceptos de espacios positivo y negativo pueden aplicarse igualmente al espacio urbano. En este contexto, el espacio negativo puede definirse como el espacio abierto que se ha dejado tal cual, una vez construidos los edificios, mientras que el espacio urbano positivo es aquel que ha sido configurado y definido deliberadamente se-

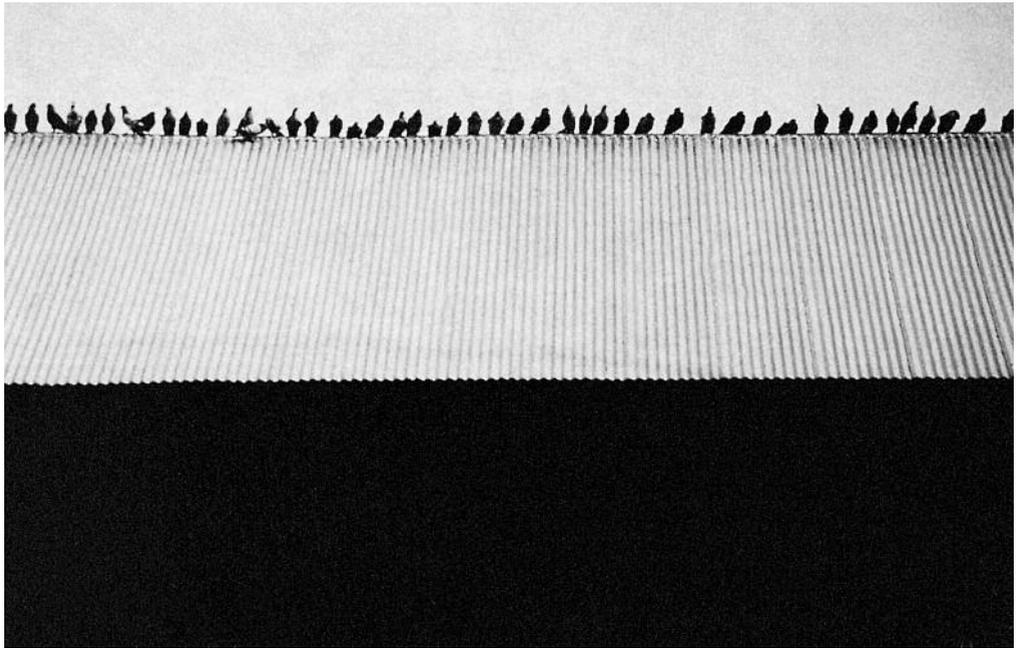


3.12. Piazza della Signoria, Florencia (Italia), 1298-1310. Este espacio urbano negativo fue definiéndose a lo largo de los siglos como un espacio negativo, es decir, el espacio que quedaba libre a medida que se iban construyendo los edificios circundantes.

L : Loggia della Signoria (Loggia dei Lanzi)
 PV: Palazzo Vecchio
 U : Uffizi (oficinas municipales)

3.13. Filippo Brunelleschi y otros, Piazza Annunziata, Florencia (Italia), empezada en 1419. Este espacio urbano positivo fue proyectado deliberadamente en conjunción con la modulada fachada de Brunelleschi del Hospital de los Inocentes.

FH: Hospital de los Inocentes (Ospedale degli Innocenti)
 SA: Santa Annunziata



3.14. Palomos posados sobre el caballete de un granero, una demostración del mantenimiento del espacio personal entre los individuos de la misma especie.

gún un plan preconcebido. Podemos ver plasmadas estas dos ideas en la ciudad italiana de Florencia. El espacio público más importante es el de la Piazza della Signoria, adyacente al principal edificio municipal, el medieval Palazzo Vecchio, construido entre 1298 y 1310, que sobresale hacia la irregular forma del espacio público [3.12]. La Piazza della Signoria, cuya irregular forma fue definiéndose a medida que se construían los edificios a lo largo de los siglos, es un ejemplo de espacio negativo. Sin embargo, durante el siglo siguiente, y conforme se imponía el renacimiento en la ciudad, fue surgiendo paralelamente una nueva visión de lo que debía ser el espacio público. Cuando, en 1419, Filippo Brunelleschi proyectó el Hospital de los Inocentes, situado unos 800 m al norte de la Piazza della Signoria, moduló su fachada mediante una galería porticada. Entonces, el espacio que había frente al hospital se convirtió en una plaza urbana, la Piazza Annunziata, y los arquitectos de todos los edificios circundantes basaron sus fachadas en el módulo de la arcada brunelleschiana, de manera que la plaza se convirtió en un rectángulo ordenado, regido por

una retícula matemática que parece determinar la ubicación de todas y cada una las partes de los muros que la definen [3.13]. La Piazza Annunziata puede ser considerada como un ejemplo de espacio positivo, definido de acuerdo a unas ideas preconcebidas.

Todavía existe una forma más de definir el espacio, que, aunque no sea estrictamente arquitectónica, no por ello ha de ser olvidada por el arquitecto. Se trata del **espacio personal**, esto es, la distancia que los individuos de una misma especie guardan entre ellos. Estamos hablando, por ejemplo, de la separación que los pájaros mantienen entre sí al posarse sobre el alero de un edificio o sobre un cable telefónico, y también de la distancia que guardan entre sí dos desconocidos que esperan sentados en la parada del autobús [3.14].⁴ Para la mayoría de los animales, esta zona de confort está programada genéticamente. En los afloramientos rocosos costeros, las focas y morsas se apilotonan unas encima de otras en aparente estado de felicidad, mientras que, por el contrario, los cisnes y los colibríes se cuidan mucho de evitar todo contacto o proximidad excesiva con sus respectivos congéneres. Los

experimentos demuestran que los animales obligados a convivir en condiciones de hacinamiento que violan sus códigos genéticos pueden llegar a adoptar conductas aberrantes.

Sin embargo, el ser humano ha demostrado ser sumamente flexible en cuanto a la determinación de su espacio personal se refiere, como si no estuviera programado de acuerdo a ningún código genético espacial. En su lugar, el espacio personal entre los seres humanos es una cuestión cultural que se fija ya en la primera infancia, de manera que cualquier cambio en la distancia personal del individuo, forzado más adelante, puede producirle un estado de ansiedad. Los italianos y los franceses aceptan mejor las disposiciones densas que los ingleses, los nórdicos y los norteamericanos, como puede apreciarse fácilmente en la organización de mesas y asientos en las terrazas de los cafés. Pero aún hay más: incluso dentro de la misma cultura, dos hombres que se encuentran por la calle guardan entre sí una mayor distancia que si se

tratase de dos mujeres en la misma situación, y este hecho es especialmente notorio en Estados Unidos. Si el arquitecto viola estas reglas no escritas de distancia personal, disponiendo, por ejemplo, los lugares de trabajo de una oficina demasiado próximos entre sí, incluso en el caso en que las demás variables arquitectónicas estén resueltas de forma óptima, el ambiente resultante provocará el rechazo de sus usuarios. Existe un riesgo muy especial de fracaso cuando el arquitecto proyecta para unos usuarios de cultura o clase social distinta a la suya, como quedó palpablemente demostrado en el proyecto de viviendas de promoción pública Pruitt-Igoe, en San Luis (Misuri), de los años 1952-1955. El conjunto estaba proyectado de tal manera que sus habitantes no podían controlar los espacios públicos, vestíbulos y pasillos de sus largos bloques de viviendas, de manera que los robos crecieron de forma alarmante. La vida allí se hizo tan peligrosa que el Ayuntamiento se vio obligado a demoler partes sustanciales del conjunto en 1972.⁵

NOTAS

1. Nikolaus Pevsner, *An Outline of European Architecture*, 7.^a ed., p. 15; versión castellana: *Breve historia de la Arquitectura Europea*, Alianza Editorial, Madrid, 1994.

2. Frank Lloyd Wright, *The Natural House*, Nueva York, 1954, p. 220; cita a Okakura Kakuzo, *The Book of Tea*, Nueva York, 1906, p. 24, quien, a su vez, parafrasea a Lao-tzu.

3. Winston Churchill, en una conferencia ante la Cámara de los Comunes el 28 de octubre de 1943, en *Onwards to Victory: War Speeches by the Right Hon. Winston S. Churchill*, Boston, 1944, p. 317.

4. Este tema se trata en Hall, Edward T., *The Hidden Dimension*, Doubleday & Company Inc., Garden City, Nueva York, 1966, y en Sommer, Robert, *Personal Space*, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, Nueva Jersey, 1969.

5. La territorialidad es otro factor importante de proyecto que no se tuvo en cuenta en la creación de Pruitt-Igoe; para el análisis de Pruitt-Igoe, véase Oscar Newman, *Defensible Space*, Nueva York, 1972.

BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

Baum, Andrew, y Valins Stuart, *Architecture and Social Behavior: Psychological Studies of Social Density*, Hillsdale, Nueva Jersey, 1977.

Chang, Amos Ih Tiao, *The Tao of Architecture*, Princeton, Nueva Jersey, 1956.

Deasy, C. M., *Design for Human Affairs*, Nueva York, 1974.

Heimsath, Clovis, *Behavioral Architecture: Toward an Accountable Design Process*, Nueva York, 1977.

Hillier, Bill, y Julienne Hanson, *The Social Logic of Space*, Cambridge (Inglaterra), 1984.

Lym, Glenn Robert, *A Psychology of Building: How We Shape and Experience Our Structural Spaces*, Englewood Cliffs, Nueva Jersey, 1980.

Norberg-Schulz, Christian, *Existence, Space and Architecture*, Nueva York, 1971; versión castellana: *Existencia, espacio y arquitectura*, Editorial Blume, Barcelona, 1975.

Tuan, Yi-Fu, *Space and Place: The Perspective of Experience*, Minneápolis, Minnesota, 1977.

Van der Laan, Dom H., *Architectonic Space*, Leiden y Nueva York, 1983.

Zevi, Bruno, *Architecture as Space*, Nueva York, 1957.



7.10. Le Corbusier, edificio del Tribunal Supremo, Chandigarh (Punjab, India), 1951-1956. Detalle de la fachada. Los profundos huecos de las ventanas y el parasol adicional de la cubierta interceptan el intenso calor del sol subtropical hacia el interior de las dependencias –una sencilla solución, no técnica, para resolver un acuciante problema–.

La arquitectura como parte del entorno

...en arquitectura es fundamental que exista una correcta relación de la edificación con el medio físico.

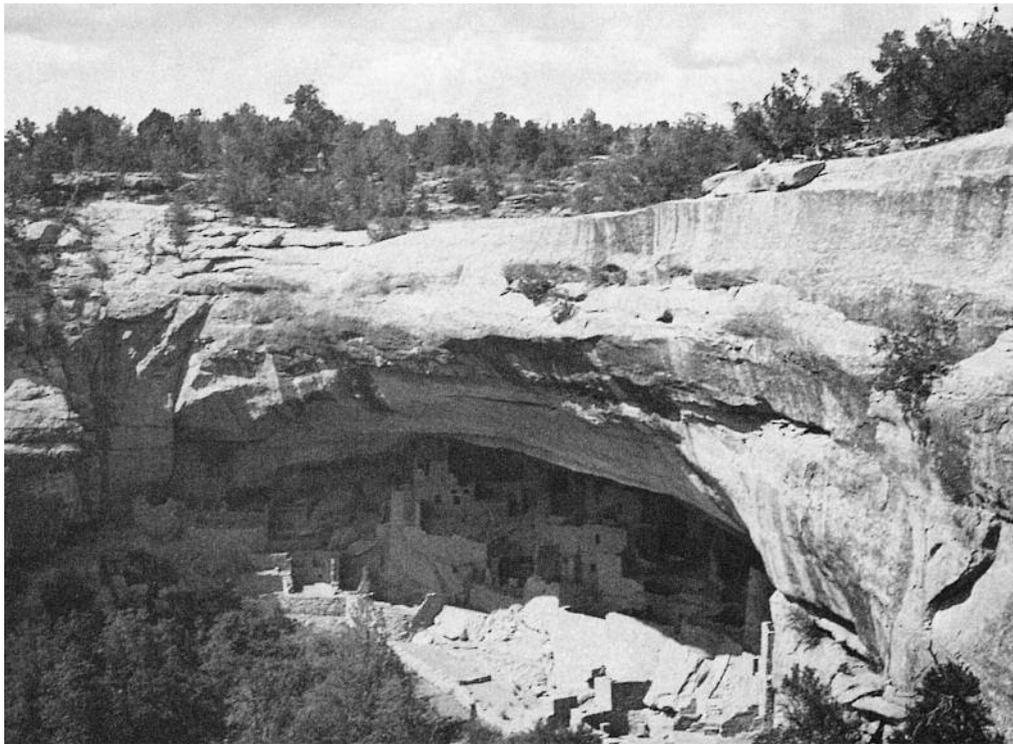
Stanley Abercrombie, *Architecture as Art*, 1984

Otro elemento de nuestra herencia del renacimiento es la tendencia que tenemos a considerar los edificios sólo desde el punto de vista de su importancia social o artística, y no (al menos, hasta hace muy poco) como objetos con importancia ambiental. Los arquitectos paisajistas son casi los únicos que no incurrían en esta falta de perspectiva, ya que, por trabajar con objetos vivos, su éxito como proyectistas depende de su grado de conocimiento sobre si el suelo y el clima de una zona determinada son los adecuados para el tipo de plantas que pretenden utilizar. Aunque pueda parecer contradictorio, el gran avance experimentado por los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado hacia principios del siglo xx fue el culpable de que los arquitectos del Occidente industrializado empezaran a prestar mucha menos atención a temas tales como el asoleo, los vientos, las temperaturas dominantes, etc., en la confianza de que la inversión en tales sistemas permitía solventar cualquier problema. Naturalmente, ello tenía un precio, pero en todo caso serían el cliente y el usuario quienes, a corto y largo plazo, lo pagarían, cosa que no preocupaba demasiado a los arquitectos.

Pero lo cierto es que, una vez construido, el edificio pasa a formar parte del entorno de la misma manera que un árbol o una roca. Este hecho tiene una doble importancia. En primer lugar, significa que el arquitecto debe considerar, en todas las fases del proyecto, cómo va a afectar al entorno el edificio propuesto, sea en un contexto urbano o en un paisaje natural. En otras palabras, hay que plantearse si se pretende que el edificio en

proyecto realce el contexto existente, o si, por el contrario, se busca que resalte sobre éste, en un contraste preciso y deliberado. En segundo lugar, el edificio, una vez terminado, va a estar sometido a los efectos incesantes del sol, la lluvia y el paso del tiempo, exactamente igual que cualquier otro elemento del entorno. Hay ocasiones en que el principal objetivo del arquitecto y el cliente es que el edificio destaque por encima de todo, como en el caso de una exposición provisional, dándose una importancia muy secundaria a cómo va a responder a los temas ambientales. Pero en la mayoría de los demás casos, léase edificios permanentes, parece lo más razonable considerar cuidadosamente el impacto que van a tener los elementos ambientales sobre el edificio, así como también el que éste va a ejercer, a su vez, sobre su microentorno inmediato.

Las construcciones de los llamados pueblos primitivos revelan casi invariablemente unas sutiles y complejas respuestas al medio ambiente. Consideremos, por ejemplo, la construcción con gruesos muros de adobe, típica de las casas del suroeste de Estados Unidos, un material y una técnica constructiva muy similares a los utilizados en todo el norte de África, desde el Sahara hasta Egipto, y en otras regiones con climas similares. El problema en esos lugares radica en la constante exposición al sol, que en el mes de junio irradia una energía de 31,07 calorías/hora/cm² (2.750 BTU/día/pie²).¹ Si aplicamos este dato a una cubierta de 9,3 m² (100 pies²) situada en Alburquerque (Nuevo México), a 35° de latitud, se deduce que la cubierta recibe cada día una energía calorífica suficiente para elevar la temperatura de 4 toneladas (8.000 libras) de agua de 18,9 °C a 37,8 °C (66 °F a 100 °F). Evidentemente, es una cantidad de calor muy significativa.



7.1. Poblado de la cultura anasazi, Mesa Verde (Colorado), ca. 1100. Estas casas, estrechamente agrupadas, están lo suficientemente alejadas del borde de las rocas como para que el voladizo de las mismas les proporcione sombra al mediodía, durante los meses cálidos de verano.

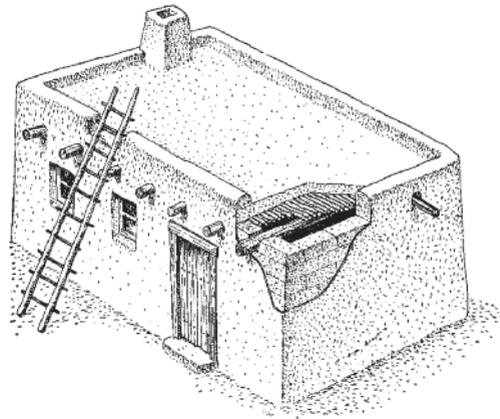
Una forma de reducir drásticamente esa ganancia de calor es evitar que el sol incida sobre la cubierta, como hicieron los indios pueblo de la cultura anasazi hace 900 años, al construir sus *pueblos* [de ahí el nombre que los españoles dieron a estos indios] bajo la protección de grandes rocas, en las laderas de los desfiladeros o barrancos (*cliff-dwellings*), como en el caso de Mesa Verde, en el suroeste del Estado de Colorado [7.1]. Las casas están lo suficientemente retrasadas con respecto al borde de las rocas como para que el voladizo de las mismas haga de *visera*, protegiendo sus cubiertas de los rigores del sol del verano. En cambio, el sol de invierno, más bajo, llega a penetrar hasta el fondo de la cueva. Sin embargo, cuando no había ninguna de esas cuevas en las cercanías, los pueblo adoptaban la solución alternativa de disponer grandes masas de material entre sus moradas y el sol, con las que conseguían retrasar la absorción del calor, logrando de esta forma los mismos efectos que con la construcción tradicional de muros de ladrillo de barro

prensado y cubierta de adobe [7.2]. Así, cuando a primeras horas de la tarde la temperatura en la superficie de la cubierta alcanza los 60 °C (140 °F), la temperatura interior de las habitaciones es de 27 °C (80 °F), subiendo gradualmente hasta unos 29 °C (85 °F) hacia las nueve de la noche; y cuando, hacia las dos de la madrugada, la temperatura exterior descende drásticamente hasta unos 15 °C (60 °F), la temperatura en el interior habrá descendido suavemente hasta unos 27 °C, alcanzando el mínimo de unos 23 °C (75 °F) hacia las ocho de la mañana siguiente [7.3].² En la construcción tradicional de adobe, las ventanas y puertas se hacían deliberadamente pequeñas, para evitar la entrada del aire caliente del exterior al interior, relativamente fresco. Naturalmente, si se superponen varias de esas habitaciones una sobre otra, las que están en la base permanecen bastante frescas; tal es el caso de los indios pueblo de la familia de los tanos, del valle de Río Grande, en Nuevo México.

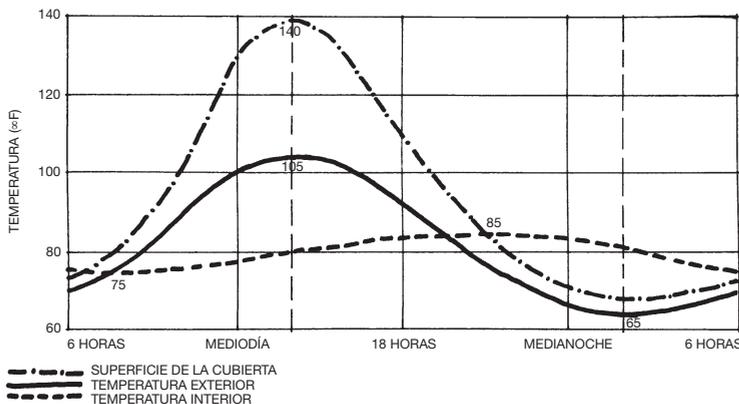
Como descubrieron los inuit (esquima-

les) del Ártico y los mandan (familia de los siux), la masa de la edificación también funciona para las bajas temperaturas. Los mandan, que vivían a lo largo del río Misuri antes de la llegada de los europeos, construían grandes moradas redondas, con una estructura interior de madera sobre la que amontonaban masas de tierra de un espesor de hasta unos 45 centímetros ($1\frac{1}{2}$ pies) en el punto más alto. Este grueso aislamiento evitaba que el sofocante calor de finales de verano penetrase al interior e impedía que los gélidos vientos invernales hicieran descender en exceso la temperatura interna (la forma baja y redondeada también es la que ofrece menos resistencia al viento). En el extremado clima ártico no hay ni madera ni tierra, de manera que la morada invernal de los inuit está hecha de bloques de nieve compacta que se van superponiendo desde el interior sobre un plano circular, formando una cúpula: es el iglú [7.4]. El acceso al iglú, que no se realiza hasta que no está cerrada la cúpula y las paredes bien firmes, se realiza a través de un túnel en forma de bóveda de cañón, construido también de bloques de nieve apelmazada y se protege del viento mediante varias pantallas. En este caso también el espesor de las paredes ejerce como barrera térmica y la blancura de la nieve y la forma de cúpula ayudan a reflejar el calor hacia el interior del iglú, de tal manera que, cuando la temperatura exterior fluctúa entre $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-10\text{ }^{\circ}\text{F}$) y $-34\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-30\text{ }^{\circ}\text{F}$), la temperatura interior en la parte más alta del iglú estará comprendida entre $+1,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($+35\text{ }^{\circ}\text{F}$) y $+3,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($+39\text{ }^{\circ}\text{F}$), debido al calor emitido por las lámparas de grasa de ballena y por los propios cuerpos humanos [7.5].³

El calor generado por el cuerpo humano es significativo. El ser humano, como cualquier otro ser vivo, está en un estado constante de combustión lenta; como sea que el organismo humano sólo puede usar alrededor del 20 % del calor que genera, el resto ha de ser eliminado. Incluso estando sentado, nuestro cuerpo disipa hasta unas 62.000 calorías por hora (245 BTU/hora), energía que se dispara hasta unas 146.000 calorías por hora (580 BTU/hora) cuando trabajamos o nos movemos.⁴ Una persona que realiza un trabajo físico pesado emite en una hora un calor suficiente como para calentar 1,8 kilogramos (4 libras) de agua desde la temperatura ambiente hasta cerca del punto de ebullición. En el iglú, este calor irradiado por



7.2. Diagrama de una típica morada de adobe del suroeste de Estados Unidos, con un corte en el que se muestra la constitución y el espesor de la cubierta y los muros que permiten retardar la ganancia de calor solar del edificio.



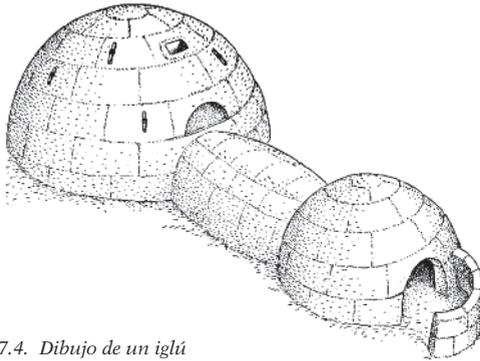
7.3. Diagrama de tiempos y temperaturas para una casa de adobe en el que se demuestran las propiedades de aislamiento térmico proporcionadas por las gruesas masas de adobe.

el cuerpo es muy necesario para calentar la habitación, pero en los edificios situados en climas templados o cálidos, el calor así emitido pasa a formar parte de la carga de calor interno que es preciso evacuar al exterior.

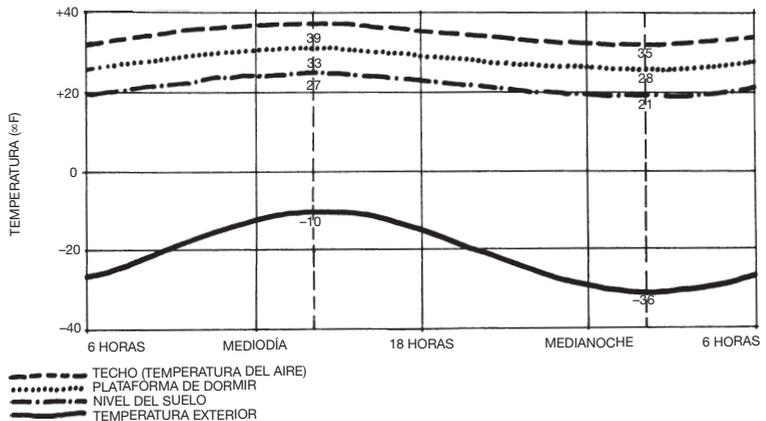
A partir de la década de 1970 los arquitectos e ingenieros han empezado a adaptar muchos de los principios aplicados en esas arquitecturas primitivas, ingenierando *nuevos* –aunque, en realidad, antiguos– medios de caldear los edificios. Sobre todo en el caso de las viviendas, es posible usar un **sistema pasivo de calefacción solar**, en el que se disponen masas térmicas expuestas al sol, como pavimentos de ladrillo o muros de albañilería, para absorber el calor solar e irlo irradiando hacia el interior del edificio durante la noche, sin intervención de recursos tecnológicos. Si se desea un control más preciso, cabe emplear un **sistema activo de calefacción solar**, usando paneles colectores para absorber la radiación solar, un fluido que circule en tubos a través de los paneles para recoger este calor, bombas para hacer

circular el fluido hacia otras zonas, una masa térmica (depósito de agua o una masa de roca) para almacenar ese calor desplazado y un sistema secundario adicional a base de conductos de aire o tuberías de agua, para transportar el calor desde la masa térmica de almacenamiento hasta las habitaciones donde se precise. Además, se requieren dos sistemas de sensores eléctricos para poner en funcionamiento, o para cortar, el sistema de recogida y el sistema secundario cuando se desee. Como puede fácilmente intuirse a través de esta explicación, se trata de una compleja red de sistemas conectados entre sí, que puede fallar en cuanto se estropee alguno de sus elementos.

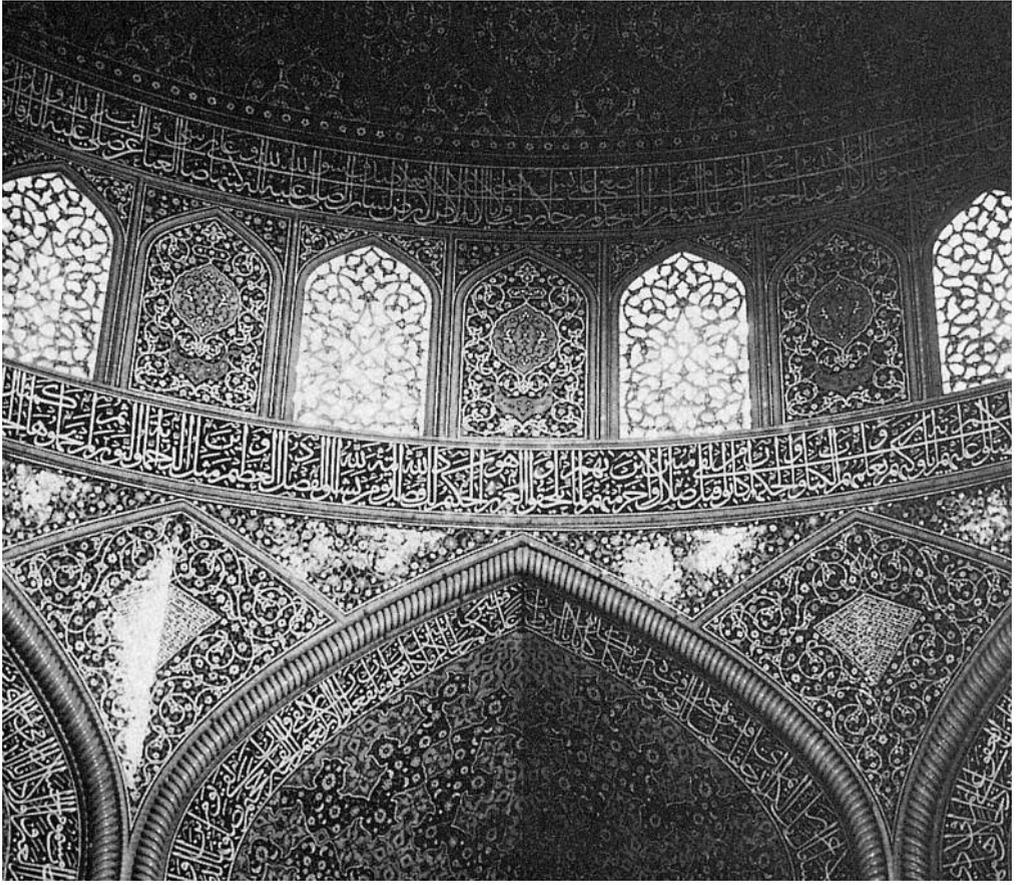
La solución más inmediata para mantener fresco un edificio, como ya apuntaban los indios pueblo, es mantenerlo alejado de los rayos directos del sol, pero el desarrollo del invento del aire acondicionado por parte de Wallis Haviland Carrier (1876-1950), durante 1902-1906, hizo que los arquitectos se olvidasen temporalmente del aprovechamiento de los medios pasivos para reducir las ganancias de calor solar, hasta que la llamada crisis del petróleo de 1973 y el consiguiente despertar de una nueva sensibilidad hacia los problemas ecológicos volvieron a poner de actualidad el tema. De hecho, en un edificio es posible mantener unas temperaturas interiores confortables aumentando el flujo de aire a través del mismo, eliminando el calor e induciendo en el cuerpo humano la sensación de frescor a través de la evaporación del sudor; en otras palabras, evitando la entrada de los rayos solares al interior y dejando circular el aire a su través. Esto es



7.4. Dibujo de un iglú esquimal.



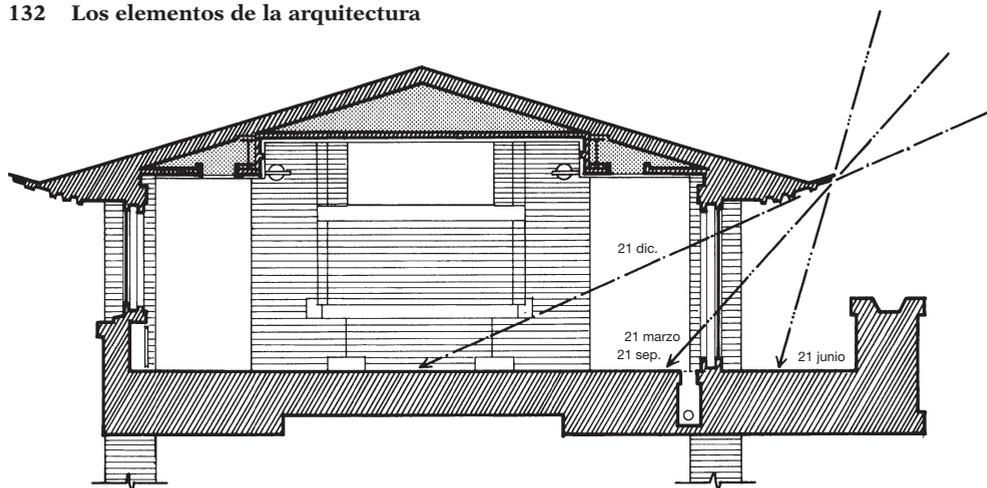
7.5. Diagrama de tiempos y temperaturas para un iglú en el que se muestran las propiedades de aislamiento térmico de la nieve prensada.



7.6. Celosías islámicas de piedra calada. Ustad Abdul Qasim, mezquita de Masjid-i Sah, Isfahan (Persia, actual Irán), 1611-1638.

precisamente lo que han hecho, con una delicadísima gracia, las arquitecturas islámicas de Irán (antigua Persia) y del norte de la India [7.6]. En esos cálidos climas, las ventanas no se cierran con vidrio, sino con celosías de mármol labrado, lo que, además de reducir significativamente la entrada de luz (creando un dibujo moteado en el interior del edificio), fomenta la circulación del aire. Estos recursos de proyecto se usaron profusamente en las mezquitas de Isfahan (Irán) y en las tumbas de los grandes mongoles en Agra, en la India. Análogamente, en el proyecto de la embajada de Estados Unidos en Nueva Delhi (India), el arquitecto Edward Durell Stone utilizó bloques de hormigón prefabricado para evitar el acceso de la luz solar directa a la envoltura interior de vidrio; además, proyectó un generoso alero en la cubierta para proteger la fachada del sol directo.

Pese a la transparencia y ligereza visual que ha proporcionado el vidrio a la arquitectura, hay que reconocer que también ha sido fuente de numerosos problemas de ganancias térmicas. La luz solar, incluyendo la franja infrarroja invisible del espectro, atraviesa fácilmente el vidrio, pero una vez que incide sobre una superficie de la habitación, el calor generado no puede volver a atravesarlo para salir al exterior. El resultado es una ganancia gradual de calor, como ya se descubrió –y aprovechó– desde hace tiempo, en los invernaderos y otros edificios de vidrio similares empleados para resguardar las plantas tropicales del invierno. Pero lo cierto es que este efecto se produce en todo tipo de edificio, sea o no un invernadero. Una vez más, la solución está en evitar que el sol incida sobre el vidrio, manteniendo, a la vez, las vistas; para ello pueden usarse elementos salientes



7.7. Frank Lloyd Wright, casa Frederick C. Robie, Chicago, 1908-1909. Sección de la sala de estar en la que se muestra el alero y la inclinación de los rayos solares al mediodía, a mediados de verano, en los equinoccios (21 de marzo y 21 de septiembre), y en los solsticios de verano y de invierno (21 de junio y 21 de diciembre).

de la pared, por encima o a los lados de la ventana, según sea la orientación de ésta. Además, estos elementos salientes deben estar en proporción con la latitud del edificio. Los toldos de lona son un buen ejemplo de ello.

Frank Lloyd Wright empleó muchos de esos dispositivos en sus *prairie houses*, construidas entre 1900 y 1910. En su casa Robie (1907-1909), en Chicago, no tuvo otra alternativa que orientar el edificio a levante y a poniente, dada la estrecha configuración del solar; la fachada principal está orientada al sur y consiste en una sucesión continua de balconeras de vidrio que van del suelo al techo [20.4]. Wright proyectó un generoso alero de cubierta, calculando la profundidad del voladizo de manera que el sol en el solsticio de verano (21 de junio) no llegara a incidir sobre el borde inferior del vidrio [7.7]; de la misma manera, en la fachada oeste dispuso un gran voladizo para evitar que el sol bajo del atardecer incidiera sobre las ventanas de poniente.⁵ George Fred Keck y William Keck, dos hermanos arquitectos de Chicago, siguieron la misma estrategia en una serie de casas construidas desde mediados de los años treinta hasta los años setenta de este siglo, empleando orientaciones sur y calculando cuidadosamente los voladizos de la cubierta, para evitar la incidencia directa del sol sobre la fachada hasta la llegada de los meses más fríos del año. Para el desarrollo de los sistemas pasivos de caldeo de sus edificios,

los hermanos Keck se basaron en una experiencia que tuvieron en la construcción de una casa de vidrio proyectada por George Fred Keck para la exposición *El siglo del progreso*, celebrada en Chicago en 1933. Keck observó que, durante la construcción, hacia finales del invierno de 1932, los obreros que trabajaban en el interior se tenían que quedar en manga corta, ya que la *caja de vidrio* actuaba como un invernadero.

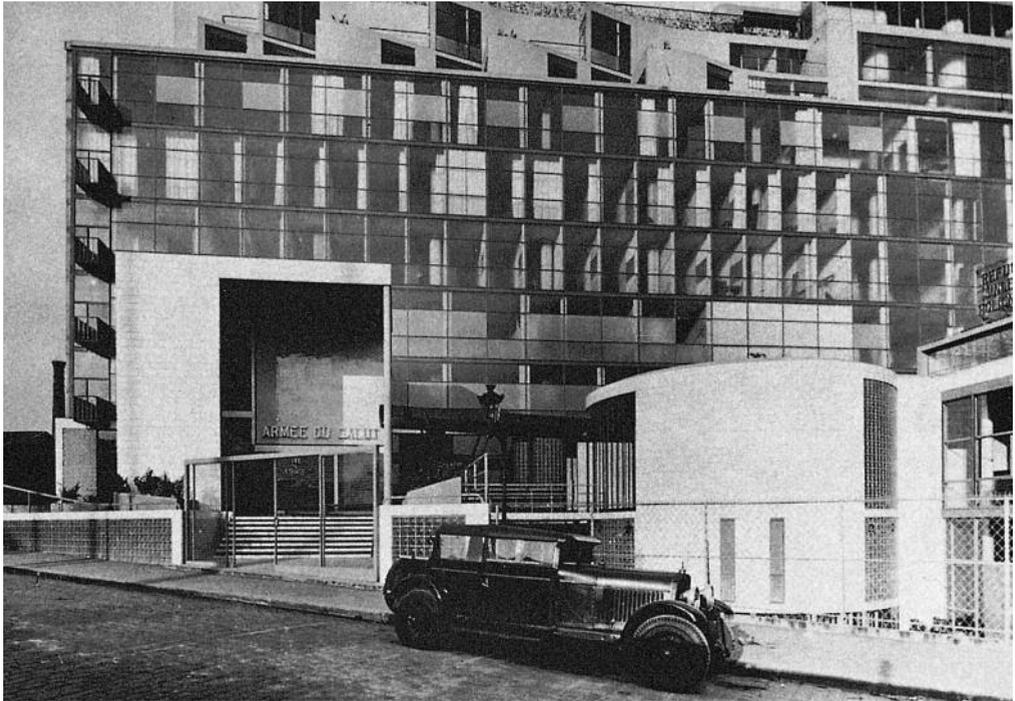
Más o menos por esa misma época, el arquitecto francés Le Corbusier tuvo una experiencia similar cuando estaba construyendo en París un gran bloque de muchos pisos (1929-1933), orientado al sur, para el Ejército de Salvación [7.8]. Esta Cité du Refuge iba a tener una arquitectura completamente racionalista y científica, con una forma purificada al máximo y unas funciones analíticamente estudiadas; el propio Le Corbusier había llegado a hablar de una *"usine du bien"* o "fábrica de bondad". El ala de dormitorios iba a ser una caja de vidrio herméticamente sellada, sin aberturas.⁶ Desgraciadamente, el doble acristalamiento y el equipo de refrigeración especificados por Le Corbusier fueron eliminados para reducir costes. El edificio se inauguró el invierno de 1933, pero cuando llegó el verano, se convirtió en un auténtico horno. Le Corbusier no echó en saco roto la lección, ya que, en 1936, cuando proyectó el Ministerio de Educación en Río de Janeiro (Brasil), una localidad con un clima tropical, añadió unas

celosías de lamas verticales delante de las ventanas, bautizándolas como *brise-soleils*, ‘parasoles’.

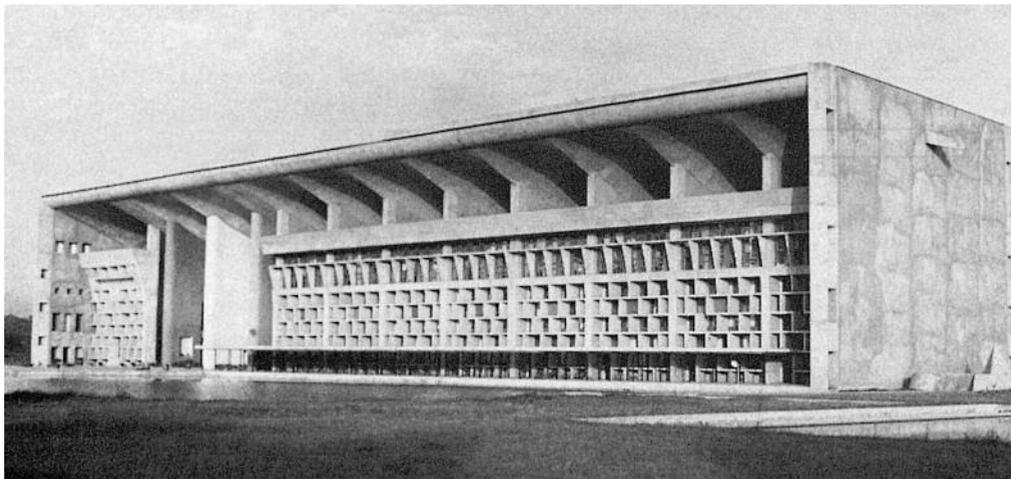
De la misma manera que se puede impedir la incidencia directa de los rayos de sol sobre el vidrio, también se pueden utilizar los vientos dominantes para enfriar un edificio. Cuando Le Corbusier proyectó la Unité d’Habitation de Marsella en 1946, empleó las terrazas para crear *brise-soleils* horizontales y verticales, y como las viviendas tenían fachada a ambos lados del edificio, sus moradores podían establecer fácilmente una ventilación longitudinal de las mismas con sólo abrir las ventanas de las fachadas opuestas [4.15]. Y en 1950, cuando se le invitó a realizar los planos para la ciudad de Chandigarh, la nueva capital de Punjab, su primera preocupación fue la de responder a la naturaleza del entorno, un clima tórrido. En el edificio del Tribunal Supremo emplea una retícula de profundos *brise-soleils* cuya función se extiende no sólo a la venta-

na, sino a toda la fachada, a la estructura misma del edificio. Además, el edificio está protegido por una gran cubierta ondulada que hace las veces de gigantesco parasol, sostenida en volandas sobre grandes pilares y bajo la cual penetran libremente la luz y el aire, llegando a todas las partes de la estructura y enfriando la cara inferior de la cubierta [7.9; 7.10, página 126].

Probablemente, la causa que movió a Le Corbusier a adoptar unos sistemas de control ambiental más integrados en la arquitectura de sus últimos edificios haya que buscarla en una cierta desconfianza por su parte hacia los sistemas de aire acondicionado complicados. Su colega y contemporáneo, Mies van der Rohe, no compartió nunca esa inquietud y mantuvo durante toda su obra las formas acristaladas puras y su consiguiente dependencia de los sistemas mecánicos. Cuando, en 1948, proyectó sus dos bloques de apartamentos de Lake Shore Drive [4.19, 20.14, 20.15], en Chicago, pudo reali-



7.8. Le Corbusier, Cité de Refuge (residencia para el Ejército de Salvación), París, 1929-1933. Al igual que la casa Robie, la residencia de Le Corbusier para el Ejército de Salvación se desarrolla según el eje este-oeste, de manera que su importante fachada sur está muy expuesta a los rayos del sol. El arquitecto había previsto contrarrestar las ganancias de calor solar mediante un doble acristalamiento y un sistema de aire acondicionado, medidas ambas que finalmente no se instalaron.



7.9. Le Corbusier, edificio del Tribunal Supremo, Chandigarh (Punjab, India), 1951-1956. En este clima semitropical, Le Corbusier empleó el parasol indio tradicional para preservar al edificio de los rayos solares directos. La gigantesca doble cubierta ondulada está sostenida en volandas sobre grandes pilares, para que la brisa circule libremente entre ella y el edificio, enfriando su cara inferior.

zar por fin un sueño que acariciaba desde 1919: unas fachadas enteramente acristaladas. No obstante, para reducir los costes, se eliminó el equipo de aire acondicionado especificado en el proyecto. Con objeto de atemperar las ganancias caloríficas del verano, se instalaron unos paneles practicables en cada crujía de ventana, pero fueron colocados en la parte *inferior* de la pared-ventana, en lugar de hacerlo en la parte superior. En 1954, con la ayuda de una compleja maquinaria de aire acondicionado instalada en la cubierta de su edificio Seagram de Nueva York [7.11], Mies realizó por fin la caja sellada que Le Corbusier había intentado conseguir en su Cité de Refuge para el Ejército de Salvación. Para la época en que se proyectó el edificio Seagram, los sistemas mecánicos de transporte vertical, iluminación, calefacción y aire acondicionado suponían más de la mitad del presupuesto de los nuevos edificios. Era, por así decirlo, como si el propio edificio *fuera* el sistema mecánico, envuelto en una membrana. Basta contemplar una vista nocturna del edificio Seagram [7.12], para comprender hasta qué punto la nueva arquitectura era *transparente* a la energía radiante. Tales edificios se comportaban como excelentes esponjas de energía radiante durante las primeras horas de la tarde del verano y como magníficos radiadores de va-

liosa energía calorífica durante las largas noches de invierno.

Philip Johnson, arquitecto asociado a Mies en el proyecto del edificio Seagram, compartía a la sazón sus mismos criterios puristas. Anteriormente, en 1949, ya había construido una caja de vidrio para sí mismo, la llamada casa de Cristal [7.13], en New Canaan (Connecticut). Johnson, como Mies, no quería comprometer la forma con la adición de parasoles, pero descubrió un modo *natural* de tener su burbuja transparente sin asarse en su interior. Emplazó su casa justo al este y al norte de un grupo de añosos robles de hoja caduca; durante el verano, el espejo follaje sombreaba la casa, mientras que en invierno, con la caída de la hoja, el sol se filtraba a través de las desnudas ramas, ayudando a calentarla. Así pues *existía* un medio de crear una arquitectura abstracta que estuviera, sin embargo, amablemente reconciliada con el entorno.

Los edificios no sólo están expuestos al sol, sino también al viento, y tienen un efecto recíproco sobre el comportamiento de éste. Cuando el aire en movimiento encuentra un obstáculo, se desvía por encima y a los lados del mismo, según el camino de mínima resistencia. En el lado de barlovento se genera una zona de alta presión, mientras que a sotavento se produce una succión o depresión.



7.11. Ludwig Mies van der Rohe en colaboración con Philip Johnson, edificio Seagram, Nueva York, 1954-1958. Este edificio está totalmente sellado y la regulación de su temperatura interna se ha confiado a unos extensivos sistemas de calefacción y aire acondicionado.



7.12. Edificio Seagram, Nueva York. Esta vista nocturna revela hasta qué punto el edificio es transparente a la energía radiante. Durante el día, la luz solar penetra y atraviesa el edificio con la misma facilidad con que la luz artificial se escapa durante la noche.



7.13. Philip Johnson, casa Johnson o casa de Cristal, New Canaan (Connecticut), 1945-1949. Aunque las paredes de esta casa, que el arquitecto construyó para sí mismo, sean enteramente de cristal, en verano recibe la sombra de los árboles situados al oeste, mientras que en invierno se mantiene templada por el sol que se filtra a través de las ramas desnudas del arbolado de hoja caduca.

Tenemos ejemplos de la utilización de estos efectos en los edificios. Conforme asciende el viento para sobrepasar la cúpula del Panteón de Roma, aumenta su velocidad y crea una presión negativa o succión, debida al efecto Venturi, que aspira el aire de la abertura del óculo situado en la cúspide. Por medio de un cuidadoso estudio de los vientos dominantes y de la forma y orientación del edificio, se pueden aprovechar los desplazamientos de la masa de aire exterior para ventilar y refrigerar con efectividad el interior. En Irak y Paquistán las casas de la arquitectura popular disponen de tolvas de aire para captar los vientos dominantes y proporcionar ventilación.

Mientras los edificios fueron relativamente de poca altura y estuvieron contruidos con gruesas paredes, la masa del propio edificio se bastaba por sí sola para resistir las fuerzas laterales. En los edificios de poca altura de albañilería las fuerzas laterales producidas por las presiones eólicas son menos significativas que las fuerzas verticales debidas a la gravedad. Este aserto fue aplicable con carácter general hasta mediados del siglo XIX, es decir, hasta el momento en que el volumen de los edificios empezó a aumentar desmesuradamente y la masa de los mate-

riales constructivos a disminuir; así, edificios como el Palacio de Cristal de Londres y los grandes tinglados para las estaciones ferroviarias, empezaron a comportarse cual burbujas flotando en viento.⁷ Casi de improviso, las fuerzas laterales producidas por el viento empezaban a superar a las fuerzas verticales generadas por la gravedad. Las filigranas de hierro del Palacio de Cristal de Londres (1851), de Joseph Paxton, hubo de ser rigidizada mediante riostras diagonales, que convirtieron el edificio en una inmensa cercha [19.20]. Cuando, hacia la década de 1880, se construyeron los primeros rascacielos en Chicago, sus arquitectos retomaron las técnicas de Paxton y unieron las barras de acero de sus estructuras con riostras diagonales, creando una espina dorsal de celosía a través del centro del edificio. Mucho más adelante, a mediados de la década de 1960, nació una nueva generación de rascacielos, de un centenar de pisos y unos 300 metros de altura (*1.000 pies*), concebidos por sus arquitectos e ingenieros como ménsulas verticales cuya principal misión era la de resistir la presión lateral del viento. Con esta nueva filosofía estructural, los edificios dejaron de ser esqueletos arriostrados, para convertirse en tubos rígidos.⁸ Un ejemplo de ello es el ras-

cielos de fachadas inclinadas del Hancock Center (1965-1970), en Chicago [7.14].

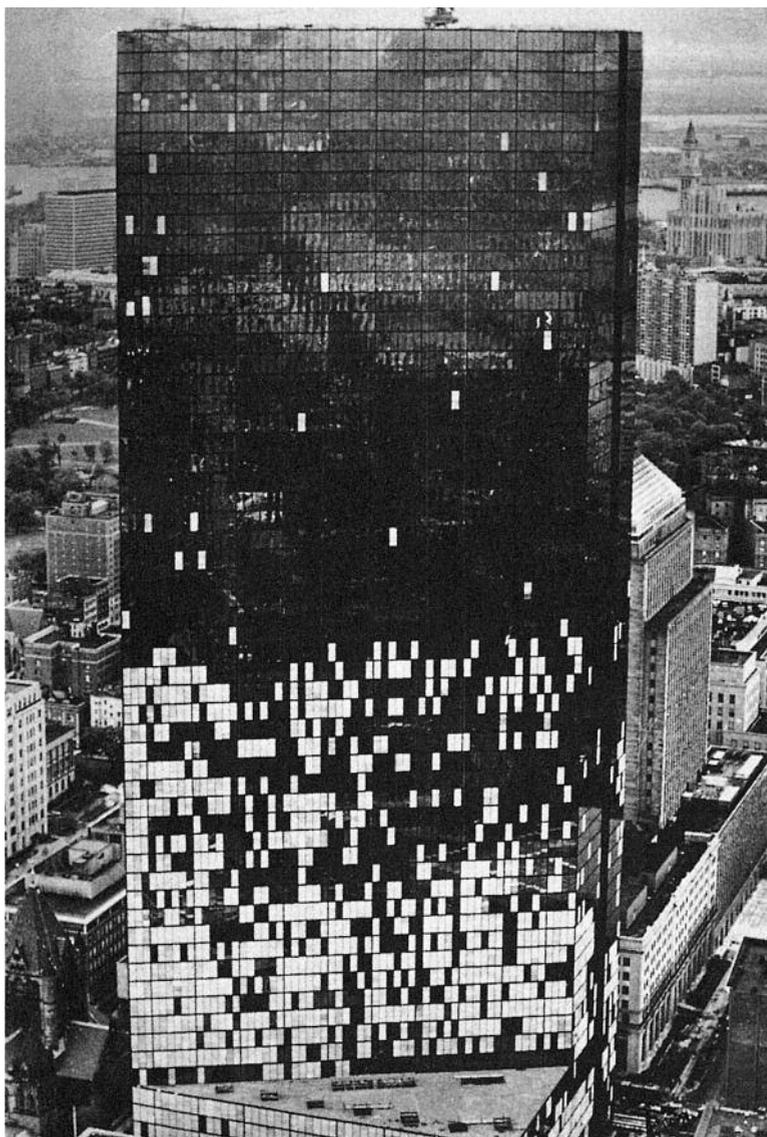
Los edificios de gran tamaño, en especial los grupos de rascacielos, tienen también efectos locales sobre la distribución de los vientos. Cuando el viento se acerca a un edificio alto, parte de la masa de aire se eleva sobre el mismo, creando una corriente ascendente, o tiro, a barlovento, y una corriente descendente, o succión, a sotavento. Como resultado, en ciertas condiciones, se pueden llegar a producir unos vientos de tipo huracanado a ras de suelo que conviertan el andar en una tarea casi imposible. A veces, la presión negativa puede ser tan grande como para arrancar las hojas de las ventanas de sus quicios.

Desde este punto de vista, los rascacielos afectan al movimiento del aire de la misma

manera que lo hacen los grandes macizos de la naturaleza, como las montañas. En cierto modo, los rascacielos son como montañas artificiales y están sometidos a un continuo desgaste por el calor, las heladas, la acción galvánica y todos los demás agentes de la naturaleza. Pero, además, están sometidos a la despiadada agresión de los agentes químicos contenidos en la contaminada atmósfera de las ciudades. Por consiguiente, es misión del arquitecto elegir los materiales y estudiar sus uniones de tal manera que el edificio pueda resistir dignamente esos ataques durante el máximo tiempo posible. Los egipcios de la IV Dinastía ya tuvieron en cuenta este aspecto y construyeron el Templo del Valle para su faraón Kefrén en granito rojo, para que le acompañara durante toda la eternidad; el re-



7.14. Skidmore, Owings & Merrill, John Hancock Center, Chicago, 1965-1970. En los edificios de gran altura, la presión lateral del viento se convierte en un factor de diseño estructural más significativo que las cargas gravitatorias; de ahí que, como en el caso del Hancock Center, sea necesario rigidizar los pilares exteriores mediante riostras diagonales.



7.15. I. M. Pei, torre John Hancock, Boston, 1966-1975. El fracaso del estilo internacional queda ilustrado gráficamente por las hojas de contrachapado empleadas para sustituir a las lunas de vidrio succionadas por las turbulencias del viento.

sultado no puede ser más obvio: el Templo del Valle ha venido desafiando a las fuerzas de la naturaleza durante más de cuatro mil quinientos años.

La civilización moderna proyecta sus edificios con unas expectativas de vida mucho más cortas. En primer lugar, por lo general, no esperamos que los edificios duren para siempre o, por lo menos, los clientes no están dispuestos a pagar el sobrepeso de unos materiales que duren mucho más de lo que se tarda en amortizar la hipoteca del edificio. En segundo lugar, utilizamos muchos ma-

teriales y métodos de construcción nuevos, cuya durabilidad a largo plazo no está sancionada por la práctica. Un buen ejemplo de ello es el de la torre John Hancock, emplazada en la Copley Square de Boston, proyectada por el estudio de I. M. Pei entre 1966 y 1967. Construida entre 1965 y 1975, junto al grupo de torres del Prudential Center, tenía unas ventanas con doble acristalamiento y una película metálica reflectante en la hoja de vidrio interior. Lamentablemente, el sistema de cerramiento empleado fue un fracaso y, durante 1972 y 1973, las calles circundan-

tes y los bloques adyacentes a la imponente torre se vieron azotados periódicamente por imprevistas lluvias de fragmentos de vidrio [7.15]. Algunos expertos atribuyeron las roturas de los cristales al calor generado entre las hojas de vidrio, debido a la presencia de la lámina metálica interior, mientras que otros se decantaron por atribuirlos a unos marcos incorrectos, que permitían que los vidrios fueran succionados por las turbulentas corrientes de aire generadas en torno al edificio. Tras una serie de demandas judiciales, alternadas con los correspondientes recursos, se sustituyeron los vidrios

dobles por hojas sencillas de vidrio templado reflectante de media pulgada de espesor. En 1975, el Ayuntamiento de Boston permitió la ocupación del edificio con el nuevo acristalamiento, pero el litigio no se resolvió hasta 1981, con un acuerdo entre las partes fuera ya de los tribunales.⁹

Este reciente y espectacular ejemplo de las carencias de los nuevos materiales y tecnologías es sólo un caso más de un viejo problema. Ya antes de nuestra era, Vitruvio alertó a los arquitectos romanos sobre los peligros de usar materiales o métodos constructivos inadecuados.

NOTAS

1. La BTU es la unidad calorífica del sistema británico y se define como el calor necesario para elevar 1 °F la temperatura de una masa de agua de 1 libra entre 39,2 y 40,2 °F (equivale a 1.055,06 julios o 252 cal/g). La cifra de 2.750 BTU por pie cuadrado en un día claro del mes de junio en Albuquerque se ha extraído de Brown, G. Z., *Sun, Wind, and Light*, Nueva York, 1985, p. 21.

2. Estas estadísticas se citan en Fitch, J. M., *American Architecture: The Environmental Forces That Shape It*, 2ª ed., Boston, 1972, p. 269.

3. Estas cifras se citan en Fitch, J. M., *op. cit.*, pp. 266-267

4. Estas cifras se citan en Brown, G. Z., *op. cit.*, pp. 38.

5. Las cualidades ambientales de la casa Robie se analizan en Banham, Reyner, *The Architecture of the Well-Tempered Environment*, 2ª ed., Chicago, 1984, pp. 115-521; versión castellana: *La arquitectura del entorno bien climatizado*, Ediciones Infinito, Buenos Aires, 1975. También es conveniente consultar este libro para conocer el desarrollo del aire acondicionado por Wallis H. Carrier.

6. Sobre el análisis de las partes funcionales de la Cité du Refuge para el Ejército de Salvación, véase Von Moos, Stanislas, *Le Corbusier: Elements of a Synthesis*, Cambridge, Massachusetts, 1979, pp. 154-157; sobre sus carencias ambientales, véase Banham, R., *op. cit.*, pp. 155-158. Véase también, Taylor, Brian B., *Le Corbusier: The City of Refuge, Paris, 1929-1933*, Chicago, 1987.

7. El problema de tales fuerzas laterales ya había aparecido con anterioridad en las catedrales góticas. Las altas cubiertas, en ocasiones levantadas a 35 o 40 metros del suelo, estaban sometidas a vientos cuya velocidad podía alcanzar un valor triple al de la velocidad a ras de suelo. El problema se solía resolver arriostrando interiormente las armaduras de cubierta de ma-

dera y disponiendo arbotantes exteriores. Robert Mark, de la Universidad de Princeton, ha realizado diversos experimentos para medir los efectos del viento sobre maquetas de las catedrales góticas; véase Mark, Robert, *Experiments in Gothic Structure*, Cambridge, Massachusetts, 1982.

8. Véase Condit, Carl W., "The Wind Bracing of Buildings", en *Scientific American*, n° 230, febrero, 1974, pp. 92-105.

9. Para una revisión de este célebre fracaso constructivo, véase Ross, Steven S., *Construction Disasters: Design Failures, Causes, and Prevention*, Nueva York, 1984, pp. 274-287.

BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

Brown, G. Z., *Sun, Wind, and Light: Architectural Design Strategies*, Nueva York, 1985; se trata de un libro guía para los que están aprendiendo a proyectar, lleno de datos esenciales y ejemplos históricos, que concluye con un glosario de términos y una extensa bibliografía.

Butti, Ken, y Perlin, John, *A Golden Thread: 2500 Years of Solar Architecture and Technology*, Nueva York, 1980.

Fathy, Hassan, *Natural Energy and Vernacular Architecture*, Chicago, 1986; estudio realizado por uno de los arquitectos adalides del retorno a los procedimientos constructivos tradicionales.

Fitch, James Marston, *American Building: The Environmental Forces That Shape It*, 2ª ed. Boston, 1972.

Stein, Benjamin, Reynolds, John S. y McGuinness, William J., *Mechanical and Electrical Equipment for Buildings*, 7ª ed., Nueva York, 1986.