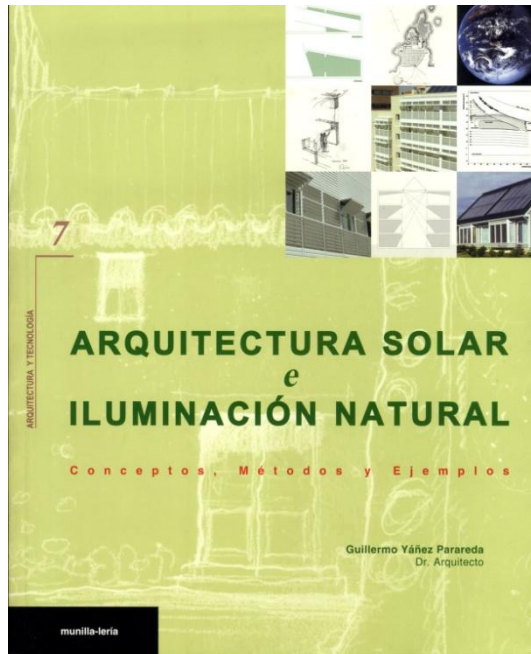




YÁÑEZ, Guillermo

Arquitectura solar e iluminación natural : conceptos, métodos y ejemplos.

Madrid : Munilla-Lería, 2008

612 p. : il. ; 26 cm. -- (Arquitectura y Tecnología ; 7)

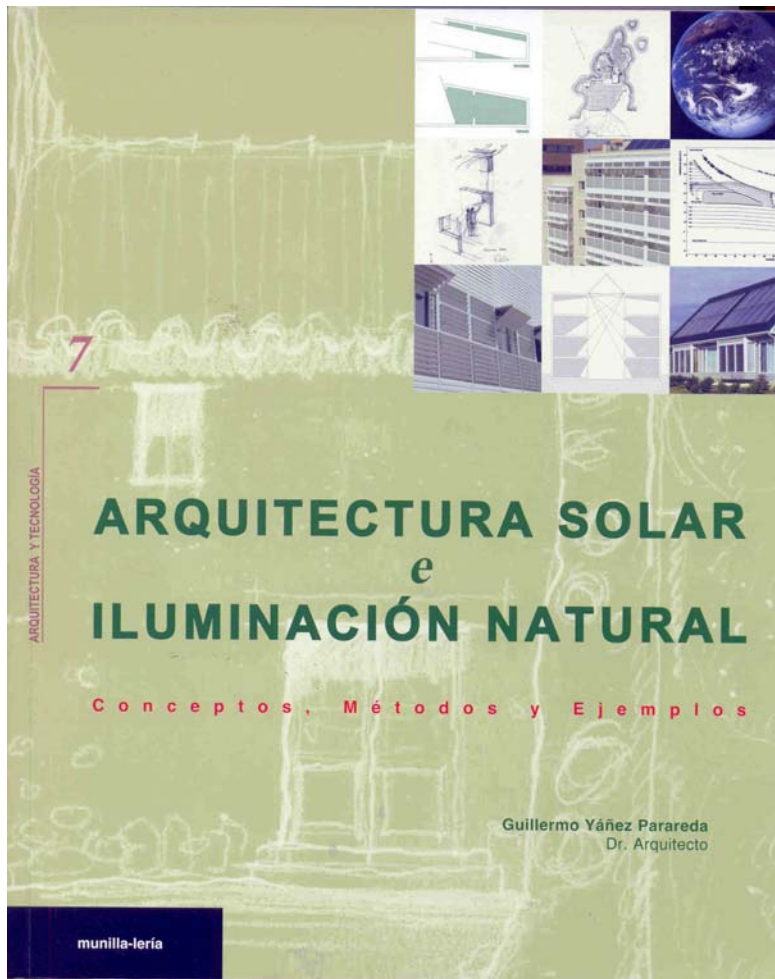
Bibliografía

D.L. M. 42481-2008

ISBN 978-84-89150-81-2

1. Arquitectura solar 2. Iluminación natural 3. Energía solar 4. Acondicionamiento térmico 5. Ventilación 6. Arquitectura bioclimática 7. Radiación solar 8. Calefacción 9. Refrigeración 10. Energía 10.13 Energías alternativas

COAM 10147



La arquitectura que se realice a partir de ahora debería ser en mayor medida autosuficiente energéticamente. Esto implica, la necesidad de los edificios de adaptarse al clima, reducir el consumo de energía de (especialmente de origen fósil o nuclear) y de aprovechar mejor la energía solar y la luz natural incidente. En esta arquitectura se aplicarán criterios de sostenibilidad en su ciclo de vida, no solo desde el punto de vista energético y de emisión de gases de efecto invernadero, sino también desde el punto de vista de la utilización de materiales renovables o reutilizables, tratando de cerrar sus ciclos de vida.

En esta publicación de 612 páginas ampliamente ilustrada y con ejemplos resueltos, intenta realizar una síntesis de los aspectos básicos a tener en cuenta en la arquitectura solar pasiva, a través de un enfoque bioclimático, que se complementa con una amplia exposición sobre la iluminación natural. Por último se exponen algunas consideraciones generales relativas a: las actuaciones en distintos climas, la sostenibilidad, la arquitectura y las ciudades.

En la arquitectura solar pasiva, es el propio edificio quien actúa de captador y acumulador de la energía solar cuando la necesita y de reflector y disipador de la misma cuando le sobra. Se describen los tres sistemas básicos de captación solar pasiva de calefacción, todos los cuales utilizan el efecto invernadero, así como los sistemas pasivos de refrigeración, ambos integrados en los edificios, que básicamente son: la protección solar, el uso combinado del aislamiento y la inercia térmica, la ventilación y el aprovechamiento del efecto refrigerante de la evaporación del agua, especialmente en los climas cálidos y secos.

Aprovechar la luz natural en los edificios de uso diurno como oficinas, escuelas, y centros comerciales supone un ahorro muy importante en el consumo de energía eléctrica. Ello se debe principalmente a tres causas: 1) La luz natural es más eficaz que la luz artificial 2) Los edificios no residenciales están ocupados la mayor parte del tiempo solo durante el día, cuando hay luz natural y 3) El calor cedido por la iluminación artificial aumenta las cargas frigoríficas dando lugar a un consumo importante de electricidad.

Los distintos capítulos del libro se describen brevemente a continuación:

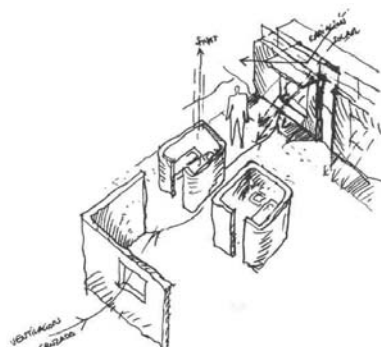
Capítulo 1: Introducción histórica en forma de collage. En este capítulo se hace una breve exposición histórica, selectiva e incompleta, relativa a la arquitectura solar destacando algunos hitos del pasado y sobre todo del siglo XX, en Europa y en los Estados Unidos, realizando una lectura de algunas propuestas arquitectónicas de destacados arquitectos, incluyendo a los maestros del Movimiento Moderno, sobre aspectos relacionados con la orientación, el soleamiento, la adaptación climática, la luz natural, los sistemas pasivos, etc.



Capítulo 2: Conceptos elementales de transmisión de calor. Constituye un breve resumen sobre los conocimientos elementales relativos a la transferencia de calor mediante los mecanismos de conducción, convección y radiación.

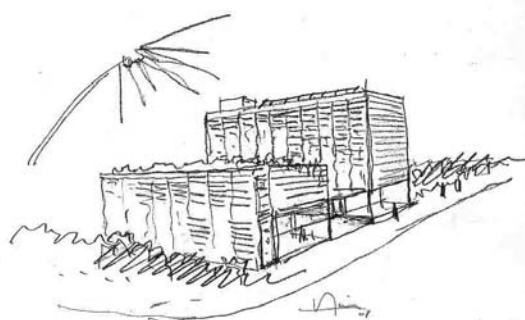
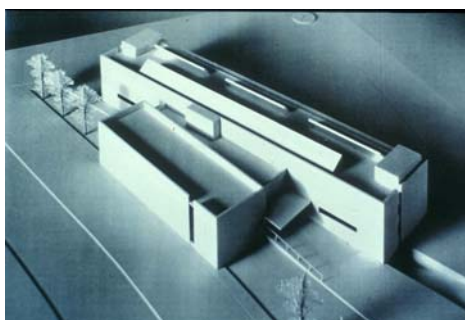
Capítulo 3: Diagrama psicrométrico. Confort térmico. Este capítulo se dedica a exponer sucintamente las propiedades del aire húmedo que nos permitan comprender los conceptos relativos al diagrama psicrométrico y las condiciones del confort térmico.

Capítulo 4: Ventilación natural. La ventilación es un factor muy importante no solo para renovar el aire en los edificios sino también para refrigerar el cuerpo en las épocas calurosas. Se exponen, en forma elemental, las dos modalidades principales de ventilación, mediante la presión del viento y por efecto térmico.



Capítulo 5: El clima y el método bioclimático. La arquitectura debe proyectarse teniendo en cuenta, desde el principio, el clima donde se va ubicar, integrando, además, los sistemas pasivos de calefacción o refrigeración según las necesidades que plantee dicho clima. La arquitectura anónima popular siempre mostró ejemplarmente su adaptación al clima con los medios a su alcance. Observaciones sobre como había que adaptar las casas a las condiciones climáticas ya se hicieron por destacados filósofos y tratadistas de la Antigüedad, como se indica en el primer capítulo, sin embargo, no fue hasta los años cincuenta del siglo XX cuando el arquitecto Víctor Olgyay de la Universidad de Princeton estableció la primera aproximación a una metodología para adaptar el edificio al clima.

Capítulo 6: Geometría Solar. Después de recordar algunas nociones astronómicas elementales, se ofrecen las expresiones matemáticas para hallar la posición del Sol para una latitud dada en un día y hora del año, lo que nos permitirá el cálculo del ángulo de incidencia de la radiación solar directa sobre las distintas fachadas de un edificio, así como dimensionar las protecciones solares. El capítulo se completa con una introducción a las cartas solares para su aplicación en el estudio de las obstrucciones solares.



Capítulo 7: Radiación solar. Se exponen las características de la radiación solar que alcanza la superficie terrestre así como el procedimiento para calcularla sobre una superficie con una orientación e inclinación dadas.

Capítulo 8: Comportamiento térmico de los edificios. En este capítulo tratamos de forma global los distintos intercambios térmicos en los edificios y hacemos una introducción a la inercia térmica, donde se combinan los fenómenos de amortiguación y desfase de la onda de temperaturas, que todos hemos experimentado en edificios antiguos con muros de gran espesor.



Capítulo 9: Sistemas pasivos de calefacción y refrigeración. En la arquitectura solar pasiva es el propio edificio quien actúa de captador y acumulador de la energía solar cuando la necesita y de reflector y disipador de la misma cuando le sobra. Se describen los tres sistemas básicos de captación solar pasiva, todos los cuales utilizan el efecto invernadero. Se apuntan algunos procedimientos elementales de cálculo y se exponen algunas experiencias.

Refrigerar es más difícil que calentar. Lo primero que hay que conseguir es evitar que el edificio se caliente en exceso mediante la radiación solar. Los sistemas para conseguir refrigerar los edificios de forma natural han sido: utilizar colores muy claros, la protección solar, el uso combinado del aislamiento y la inercia térmica, la ventilación nocturna, y el aprovechamiento del efecto refrigerante de la evaporación del agua, especialmente en los climas cálidos y secos.

Capítulo 10: Agua caliente por energía solar. El Código Técnico ha impulsado la aplicación más extendida de la energía solar, cual es la obtención de agua caliente. En este capítulo se exponen los conceptos fundamentales de estas instalaciones.

Capítulo 11: Iluminación Natural. Después de unas consideraciones en torno a la importancia de la luz natural y su influencia en la arquitectura, destacando las aportaciones de algunos arquitectos se hace una introducción a las magnitudes y unidades básicas de la fotometría utilizadas en la iluminación natural, destacando el concepto de eficacia luminosa como básico para comprender la importancia de la luz natural en el ahorro energético.

Se describen las características de los dos sistemas básicos de iluminación natural: ventanas y lucernarios. Después de ofrecer algunos procedimientos para evaluar la iluminación natural exterior disponible, se establecen diversos procedimientos para el cálculo de la iluminación en el interior de locales como son: el factor luz de día, FLD, método BRE, método CIE y método LUMEN, completándolo con una breve descripción sobre otros procedimientos gráficos.

Capítulo 12: Energía fotovoltaica. Este capítulo solo pretende ser una breve introducción a este tipo de instalaciones que también se contemplan en el Código Técnico.

Capítulo 13: Resumen de actuaciones. Aquí realizamos una síntesis de los aspectos básicos a tener en cuenta en la arquitectura solar a través de un enfoque bioclimático.

Capítulo 14: Epílogo. Donde se hacen algunas consideraciones generales relativas a la energía solar pasiva, la arquitectura y las ciudades más sostenibles.

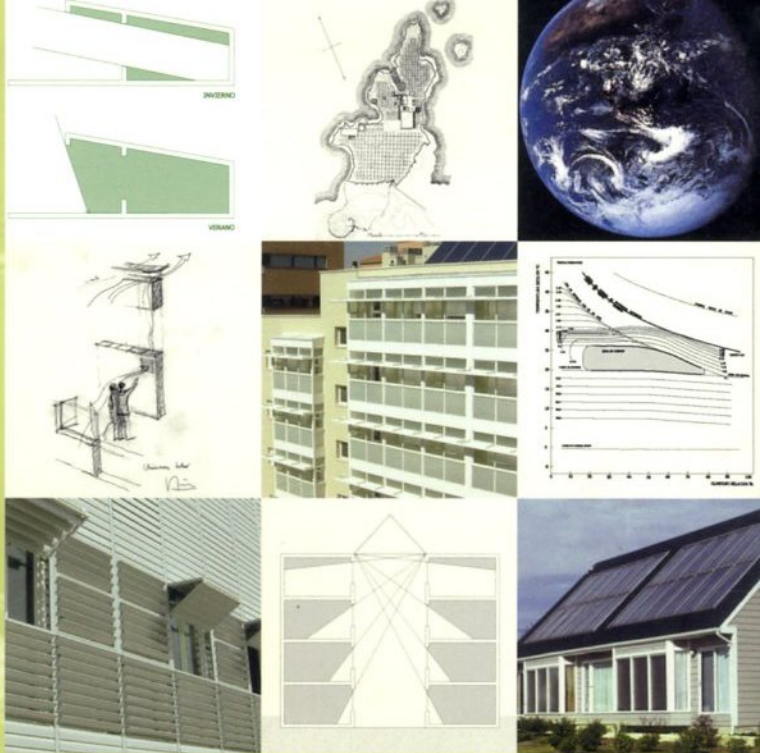


7

ARQUITECTURA SOLAR *e* ILUMINACIÓN NATURAL

Conceptos, Métodos y Ejemplos

Guillermo Yáñez Parareda
Dr. Arquitecto



Autor

Guillermo Yáñez Parareda

Edita

Editorial Munilla-Lería

Los textos de este libro, así como la documentación gráfica y fotografías han sido facilitadas por el autor. Ninguna parte de esta publicación, incluido el diseño de la cubierta puede reproducirse o almacenarse con ningún medio químico, eléctrico, fotocopia, etc., sin la debida autorización por parte de esta editorial. De conformidad con lo dispuesto en el artículo 270 del Código Penal vigente, podrán ser sancionados con penas de multa y privación de libertad.

© Editorial Munilla-Lería
© Guillermo Yáñez Parareda

Editorial Munilla-Lería
Avda. Filipinas, 30. 28003 Madrid
Teléfono y Fax: (91) 554 87 47

Octubre 2008

Fotomecánica e impresión
Artes Gráficas Palermo, S.L.

ISBN-978-84-89150-81-2
Depósito Legal: M-42.481-2008
Printed in Spain- Impreso en España

PRÓLOGO

La crisis de la energía de los setenta, y la constatación del cambio climático por la emisión de gases de efecto invernadero de los noventa, han planteado nuevos retos a la arquitectura del siglo XXI.

Cuando surgió la arquitectura moderna, a finales del siglo XIX y principios del siglo XX, los arquitectos se preocuparon por el soleamiento, la iluminación y la ventilación naturales. Se consideraba importante orientar las viviendas a mediodía para aprovechar el calor natural que proporcionaba el sol en invierno a través de las ventanas, mientras que en el verano utilizaban dispositivos de sombra para evitarlo. En los edificios de oficinas y escuelas se tenía muy en cuenta la capacidad de aprovechamiento de la luz natural así como el de la ventilación natural cruzada; esto explica tanto la reducida profundidad de muchos de los edificios de aquella época, así como la distribución y el tamaño de sus ventanas.

Posteriormente, después de la Segunda Guerra mundial, se fueron olvidando dichos criterios debido al bajo coste de la energía de origen fósil que permitió sustituir los procedimientos naturales por sistemas artificiales. La introducción masiva de sistemas artificiales de iluminación, ventilación y acondicionamiento térmicos, arrinconó los sistemas naturales y distorsionó los criterios anteriores de proyecto, dando lugar a edificios más insanos y de mayor consumo energético. Dichos sistemas, además, facilitaron un urbanismo especulativo que impedía el soleamiento y la ventilación natural de los edificios. Surgieron edificios de viviendas con escaso acceso al sol y sin suficiente ventilación, así como edificios de oficinas con plantas profundas donde no alcanzaba la luz natural, pese a tener grandes superficies acristaladas que, sin embargo, generaban altas temperaturas interiores en verano y grandes pérdidas de calor en invierno. La iluminación eléctrica y el aire acondicionado tratarían de compensar dichos inconvenientes a costa de un alto consumo energético.

En los últimos años, al ir aumentando el precio del petróleo se ha visto la urgente necesidad de tomar medidas, por una parte de ahorro energético y, por otra, de promocionar nuevas fuentes de energía que lo sustituyan. Pero la cuestión no queda aquí, ya que surge un nuevo problema de gran trascendencia para la supervivencia del planeta: el cambio climático. En efecto, debido al creciente consumo de energía estamos aumentando de forma alarmante las emisiones de gases, principalmente de CO₂, que se acumulan en la atmósfera, aumentando el efecto invernadero y propiciando el calentamiento de nuestro planeta con las desastrosas consecuencias que ya se constatan: deshielo de los polos, veranos más largos e inviernos más cortos, aumento de la desertización, sequías e inundaciones, aumento del nivel del mar, etc.

En la cumbre de Kioto de 1997, se estableció el acuerdo, por una mayoría de países, entre ellos los la Comunidad Europea, CE, de la necesidad de reducir la emisión de gases de efecto invernadero. La CE aprobó en el 2002 la Directiva 2002/91/CE que tiene por objetivo el fomento de la eficiencia energética, como una parte de las medidas a tomar para cumplir con el Protocolo de Kioto y así reducir las emisiones de gases. Como consecuencia de dicha directiva en España, a través del nuevo Código Técnico de la Edificación, se establecen unas exigencias de ahorro energético en los edificios, principalmente aumentando los niveles de aislamiento térmico de la envolvente, así como la eficiencia de las instalaciones, en las que se contempla el aprovechamiento de la energía solar para obtener agua caliente y energía eléctrica de origen fotovoltaico en los edificios.

ÍNDICE

1. INTRODUCCION HISTÓRICA EN FORMA DE COLLAGE

1.1	Introducción a la energía solar en la Tierra	19
1.2	Arquitectura solar	20
1.3	La relación ciudad-arquitectura	20
1.4	Indicadores solares	21
1.5	La casa de Sócrates	22
1.6	Las ciudades de la Antigüedad	23
1.7	El efecto invernadero	24
1.8	Vitruvio	26
1.9	La Ciudad Medieval	27
1.10	La Ciudad Renacentista	27
1.11	Arquitectura de Invernaderos	27
1.12	Propuestas para la ciudad industrial	28
1.13	La manzana Cerdá	29
1.14	Estudios de soleamiento	30
1.15	Estudios de Gropius	32
1.16	Aportaciones de algunos arquitectos del racionalismo europeo	36
1.17	El escenario norteamericano	39
1.18	Agua caliente por energía solar	43
1.19	Investigaciones sobre calefacción solar activa en el MIT	44
1.20	Otras propuestas de calefacción solar activa. El sistema de aire caliente del profesor Löf	47
1.21	Introducción al método bioclimático	51
1.22	El colegio de San Jorge en Inglaterra	55
1.23	El muro acumulador térmico del profesor Trombe	56
1.24	Otras aportaciones pasivas en EEUU	58
1.25	Los maestros del Movimiento Moderno: Mies van der Rohe, Frank Lloyd Wright y Le Corbusier	60

1.26	Nota sobre el concepto de proyecto en Le Corbusier	71
1.27	Arquitectura moderna y energía	72
1.28	En torno a la arquitectura del Movimiento Moderno	75
1.29	El regionalismo crítico. El lugar como generador del proyecto	76
1.30	Algunas arquitecturas recientes	78
1.31	La situación actual	81
1.32	Sobre el cambio climático	82
1.33	Notas sobre sostenibilidad. Panorama actual	85
1.34	El ciclo de vida del edificio	88
1.35	La degradación de la capa de ozono	90
1.36	Propuestas de Rogers para una ciudad sostenible	90
1.37	Kronsberg. Ensayo para un eco-barrio	92
2	CONCEPTOS ELEMENTALES DE TRANSMISIÓN DE CALOR	
2.1	Magnitudes y unidades	95
2.2	Gases	100
2.3	Notas en torno a la Termodinámica	102
2.4	Transmisión de calor	103
2.5	Conducción. Conductividad y Conductancia	104
2.6	Resistencia térmica. Coeficiente de Transmisión U	104
2.7	Convección	107
2.8	Radiación	108
2.9	Magnitudes de la radiación	108
2.10	Ley de Kirchhoff	110
2.11	Cuerpo negro	112
2.12	Distribución espectral de la energía emitida por el cuerpo negro	114
2.13	Ley de Stefan-Boltzmann	114
2.14	Ley de desplazamiento de Wien	114
2.15	Cuerpos grises	115
2.16	Intercambio radiante entre superficies grises	115
2.17	Efecto invernadero en un local	117
2.18	Superficies selectivas	117
3	DIAGRAMA PSICROMÉTRICO. CONFORT TÉRMICO	
3.1	Propiedades del aire	119
3.2	Ambiente térmico y estado del aire	120
3.3	Magnitudes físicas del aire húmedo	121
3.4	Diagrama psicrométrico	126
3.5	Procesos psicrométricos	128
3.6	Refrigeración por evaporación	129
3.7	Saturación adiabática	131
3.8	Condensaciones en los cerramientos	133
3.9	Ventilación para evitar condensaciones superficiales	133
3.10	Aislamiento térmico para evitar condensaciones	134
3.11	Gradiente de temperaturas en un muro	135
3.12	Cálculo de las condensaciones en el interior de un muro	135
3.13	Condiciones de bienestar térmico. Mecanismos de adaptación	138
3.14	Equilibrio térmico en el cuerpo humano	140
3.15	Factores del confort	142
3.16	Índices de confort. Zona de confort	143

3.17	Temperatura operativa	145
3.18	La carta de confort de la ASHRAE	145
4	VENTILACIÓN NATURAL	
4.1	Necesidades de ventilación	147
4.2	Magnitudes y Leyes físicas	149
4.3	Velocidad del viento	151
4.4	Ventilación por efecto de presión del viento	155
4.5	La ventilación cruzada	156
4.6	Ventilación por efecto térmico	159
4.7	Sobre el funcionamiento de una chimenea de ventilación	161
4.8	Chimeneas solares	163
4.9	Orientación respecto a la dirección del viento dominante	164
4.10	Ventanas	165
4.11	Calor evacuado por renovación del aire	165
4.12	Permeabilidad al aire en las carpinterías	166
4.13	Efecto fisiológico de refrigeración en la piel por la velocidad del aire	166
4.14	Ventilación inducida	167
4.15	Ventilación nocturna	167
4.16	Refrigeración de un edificio con patio	168
4.17	Dos ejemplos de ventilación natural	170
5	EL CLIMA Y EL MÉTODO BIOCLIMÁTICO	
5.1	Introducción	173
5.2	El efecto invernadero en la Tierra	178
5.3	Elementos del clima	179
5.4	Grados días	181
5.5	Clasificación de los climas	182
5.6	Clima y Arquitectura	182
5.7	Metodología de Olgyay para adaptar el edificio al clima	184
5.8	Criterio de la forma óptima	186
5.9	Microclima	189
5.10	El método bioclimático	190
5.11	Aplicación a Madrid	195
5.12	Ejemplo de actuación en Madrid	199
5.13	Dos propuestas de viviendas en Segovia y Córdoba	200
6	GEOMETRÍA SOLAR	
6.1	Tierra y Sol	207
6.2	Precesión y nutación	209
6.3	Movimiento aparente del Sol	211
6.4	Día solar medio. Ecuación del tiempo. Hora solar	211
6.5	Coordenadas solares	214
6.6	Declinación	215
6.7	Ángulo cenital. Ángulo horario	217
6.8	Duración del día	217
6.9	Posición del Sol. Transformación de coordenadas	218
6.10	Ángulo de incidencia de la radiación directa sobre un plano cualquiera	219
6.11	Soleamiento y orientación de fachadas	222
6.12	Soleamiento y separación entre edificios	223

6.13	Cálculo de una protección solar horizontal	225
6.14	Procedimiento simplificado	227
6.15	Cartas solares	229
6.16	Aplicaciones de las cartas solares. Obstáculos solares	231
6.17	Aplicación para una protección solar	233
7	RADIACIÓN SOLAR	
7.1	El Sol como fuente de energía	235
7.2	El espectro solar	237
7.3	La Constante Solar. Irradiación extraterrestre	237
7.4	Irradiancia e Irradiación. Nomenclatura	239
7.5	Radiación solar sobre la superficie terrestre	240
7.6	Radiación global, directa y difusa	242
7.7	Radiación solar disponible	245
7.8	Cálculo de la irradiación directa y difusa a partir de la irradiación horizontal horaria y diaria	248
7.9	Radiación solar en cielos despejados	249
7.10	La fachada sur	251
7.11	Superficies transparentes	251
7.12	Ganancia solar	252
7.13	Factor solar. Factor de sombra	253
7.14	Transmisión de calor en ventanas. Tipos de vidrio	255
7.15	Superficies opacas. Temperatura sol-aire	257
8	COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE LOS EDIFICIOS	
8.1	Generalidades. Factores intrínsecos y extrínsecos	259
8.2	El coeficiente volumétrico G	262
8.3	El método de los grados-día	264
8.4	Cálculo de los grados-día mensuales	265
8.5	Transmisión de calor por la envolvente	266
8.6	Flujo de calor estacionario	267
8.7	Aislamiento térmico	267
8.8	Capacidad térmica	269
8.9	Muro sometido a oscilaciones periódicas de temperatura	270
8.10	Amortiguación y desfase en muros homogéneos	271
8.11	Flujo de calor no estacionario	273
8.12	Aplicación a la arquitectura subterránea	274
8.13	Propuesta de arquitectura enterrada en Zamora	274
8.14	Nota sobre las cuevas habitadas	276
8.15	La constante de tiempo térmico TTC	276
8.16	Capacidad térmica diurna DHC	279
8.17	Flujo de calor en régimen no estacionario considerando la temperatura sol-aire ...	280
8.18	Resumen de ecuaciones del flujo de calor	282
8.19	Flujos no estacionarios	283
8.20	La eficiencia energética	284
8.21	Nota sobre las exigencias básicas de ahorro de energía (HE) en el Código Técnico de la Edificación. La calificación energética de edificios	285
8.22	Revisión de datos climáticos	291
8.23	Una normativa simplificada	291

8.24	El Buen Uso Energético. El papel del usuario de la vivienda	292
8.25	Nota sobre la rehabilitación energética	295
9	SISTEMAS PASIVOS DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN	
9.1	Introducción	297
9.2	El edificio como captador y acumulador de energía	298
9.3	Los tres sistemas pasivos básicos de calefacción solar	300
9.4	Ganancia directa	303
9.5	Radiación incidente. Transmitancia	304
9.6	Aislamiento térmico en ventanas y muros. Aislamiento translúcido	305
9.7	Acumulación térmica	307
9.8	Distribución del calor	308
9.9	Ganancia solar neta	308
9.10	Temperatura límite	311
9.11	Absortancia efectiva de un local	312
9.12	Ganancia directa instantánea y media diaria mensual	313
9.13	Ganancia solar útil. Factor de no utilizabilidad	314
9.14	Muro acumulador térmico	317
9.15	Método SLR para el muro acumulador térmico	321
9.16	Fracción solar de ahorro SSF	323
9.17	Método SLR ampliado	324
9.18	Ganancia solar neta de un muro acumulador térmico	330
9.19	Método 5000	332
9.20	Cálculo simplificado. Factor de utilización FU	333
9.21	Muro de agua	337
9.22	Invernadero adosado	337
9.23	Temperatura exterior mínima para obtener una ganancia positiva	341
9.24	Resultados de algunas experiencias en calefacción solar	341
9.25	Resumen de aspectos básicos a considerar en la calefacción solar pasiva	344
9.26	Sistemas pasivos de refrigeración natural. Introducción	347
9.27	Protección solar	348
9.28	El método Olgay para el diseño de una protección solar	352
9.29	Incremento del flujo de calor debido a la absorción de la radiación solar	354
9.30	La ventilación natural	355
9.31	Evaporación del agua. Torres de refrigeración	358
9.32	Cubierta vegetal	362
9.33	El suelo como elemento refrigerante. Tubos enterrados	363
9.34	Radiación nocturna. Principios de acondicionamiento natural. Aplicación a patios	363
9.35	Climas cálidos y secos. Aspectos de diseño.	366
9.36	Algunas consideraciones en torno a la arquitectura	368
9.37	Dos ejemplos de edificios de viviendas	369
10	AGUA CALIENTE POR ENERGÍA SOLAR	
10.1	Introducción	375
10.2	Sistemas	376
10.3	El colector plano	377
10.4	Elementos del sistema de circulación	380
10.5	Cálculo de la demanda energética para instalaciones de ACS y de piscinas	381
10.6	Depósito de agua caliente. Superficie colectora	385
10.7	Orientación e inclinación del colector.	386

10.8	Balance de energía en un colector	387
10.9	Ecuación del colector plano	388
10.10	Curva de rendimiento	389
10.11	Radiación crítica	391
10.12	Método f-chart para el cálculo de instalaciones solares de calefacción y agua caliente	391
10.13	Capacidad del depósito de calor	393
10.14	Intercambiador de calor agua aire para calefacción	393
10.15	Caudal del fluido en el colector	394
10.16	Aplicación al agua caliente sanitaria	394
10.17	Economía	396
10.18	Nota sobre la H4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria según el CTE	398
10.19	Ejemplo de instalaciones de agua caliente por energía solar	407

11 ILUMINACIÓN NATURAL

11.1	Luz natural y arquitectura	411
11.2	Iluminación natural. Aspectos generales	423
11.3	Consumo eficiente de energía en iluminación	425
11.4	Introducción a la naturaleza de la luz	426
11.5	Fuentes de luz	428
11.6	Espectro de ondas electromagnéticas	428
11.7	Resumen de las propiedades de la luz	429
11.8	La luz natural. Color	431
11.9	El color de las superficies	432
11.10	Fotometría. Magnitudes y unidades fotométricas	433
11.11	La visión	439
11.12	Ley de la constancia del contraste. Ley Weber-Fechner	440
11.13	Factores de la percepción visual	441
11.14	Condiciones para una iluminación natural	441
11.15	Iluminación natural disponible	442
11.16	Modelos de cielo	445
11.17	Datos de iluminancia a partir de la irradiancia solar	447
11.18	Ordenanzas	448
11.19	Primeras experiencias alemanas. Kleffner	449
11.20	Método del rendimiento de Frühling	451
11.21	Iluminancia en una ventana con un edificio delante	453
11.22	Lucernarios	454
11.23	Cálculo de la iluminación natural en un punto P. Generalidades	456
11.24	Métodos de cálculo	458
11.25	Método del flujo total	459
11.26	Factor luz de día medio. FLD_M	459
11.27	Limitación de la profundidad de la habitación	460
11.28	Factor luz de día en un punto. $FLD(P)$	462
11.29	Método simplificado	463
11.30	Cálculo del FLD . Método BRE	465
11.31	Método CIE	469
11.32	Cálculo de la iluminancia unilateral por el método CIE	471
11.33	Cálculo de lucernarios horizontales	477
11.34	Curvas de iluminancia de IES	479

11.35 Método lumen para el cálculo de la luz cenital	482
11.36 Método lumen para luz lateral	486
11.37 Componente del cielo CC. Procedimientos gráficos	492
11.38 Componente reflejada interior. CRI. Nomograma	496
11.39 Maquetas	497
11.40 Método LT. Aplicación en edificios no residenciales	498
11.41 Control de la luz solar	501
11.42 Sistemas de iluminación natural	501
11.43 Aprovechamiento de la luz natural a partir de la radiación solar directa	506
11.44 Integración de la iluminación natural y la eléctrica	512
11.45 Iluminación eléctrica	512
11.46 Lámparas	513
11.47 Luminarias	516
11.48 Cálculo de la iluminación de una lámpara	516
11.49 Control de la luz eléctrica	518
11.50 Ahorro de energía en una instalación de iluminación eléctrica	518
11.51 Economía	519
11.52 Período de amortización. Método simple	519
11.53 Período de recuperación del capital invertido	520
11.54 Nota sobre la eficiencia energética de las instalaciones de iluminación eléctrica de la Exigencia Básica H 3 del Código Técnico de la Edificación	521
11.55 Algunas experiencias realizadas en iluminación natural	526

12 ENERGÍA FOTOVOLTAICA

12.1 Introducción	531
12.2 Células solares. Efecto fotovoltaico	533
12.3 Circuito equivalente de una célula solar	535
12.4 Magnitudes básicas. Curva característica de una célula	536
12.5 Rendimiento de una célula	537
12.6 El módulo fotovoltaico	538
12.7 Orientación e inclinación de paneles	541
12.8 Otros componentes de las instalaciones fotovoltaicas	542
12.9 La vivienda fotovoltaica	544
12.10 Procedimiento simplificado de cálculo de una instalación doméstica	545
12.11 Concentración	549
12.12 Instalaciones conectadas a la red eléctrica	551
12.13 Nota sobre la HE5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica según el CTE	553
12.14 Proyecto de fuente fotovoltaica	556

13 RESUMEN DE ACTUACIONES

13.1 Actuaciones en distintos climas	561
13.2 Actuaciones en el clima mediterráneo	563
13.3 Actuaciones microclimáticas	566
13.4 Componentes del flujo de calor y su modificación mediante el diseño	567
13.5 El método bioclimático y los sistemas pasivos	568

14 EPÍLOGO

14.1 El marco actual. El cambio climático	573
14.2 ¿Es posible un planeta menos insostenible? Propuestas de la UE	575

14.3	Eco barrios y ciudades más sostenibles	576
14.4	Consideraciones entorno a la energía solar pasiva	577
14.5	Consideraciones arquitectónicas	579
14.6	Tipo y lugar	580
14.7	Notas en torno al proyecto de arquitectura	581
ANEXO		
	Anexo I Tablas de radiación y temperaturas	583
	Anexo II Símbolos magnitudes y unidades	599
	Bibliografía sucinta	605



Guillermo Yáñez es Dr. Arquitecto y Profesor Titular de Proyectos en la ETS de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid, habiendo impartido cursos de primero, segundo y tercer ciclo.

Es también Licenciado en Bellas Artes y Catedrático en excedencia de las Escuelas de Artes y Oficios.

Obtuvo la Beca March en 1972 y 1974. Primer Premio de Monografías de Arquitectura del Ministerio de la Vivienda en 1974.

Realizó la primera exposición de Energía Solar en la Arquitectura en el Ministerio de la Vivienda en 1974.

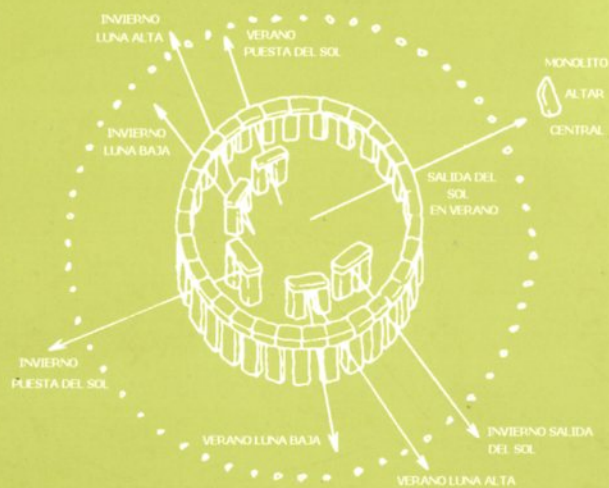
Desde 1986 ha dirigido trabajos de investigación y realizado diversos proyectos relacionados con la arquitectura solar y bioclimática para diversos Organismos y Comunidades Autónomas en el campo de la vivienda, edificios docentes y centros de salud.

Ha sido premiado en concursos de Arquitectura.

Ha publicado varios libros destacando: "Energía Solar, Edificación y Clima" Tomo I y II, MOPU 1982; y "Arquitectura Solar, aspectos pasivos, bioclimáticos e iluminación natural", MOPU 1988.

Ha participado en Congresos de Energía Solar como ponente y como miembro del Comité Científico. Asimismo ha impartido conferencias en diversas Universidades y Fundaciones.

■ ARQUITECTURA Y TECNOLOGÍA



ediciones munilla-lería
avda. filipinas 30, madrid 28003. españa

ISBN 978-84-89150-81-2



9 788489 150812