



Edward Allen

Cómo funciona un edificio

Principios elementales

GG®

Indice

Prólogo	9
-------------------	---

Qué hacen los edificios

1. El medio ambiente externo	13
2. El medio ambiente humano	25
3. El concepto de refugio	33

Cómo se comportan los edificios

4. La función del edificio	41
5. Abastecimiento de agua	43
6. Reciclaje de los desperdicios	49
7. Medidas para la comodidad térmica	56
8. Propiedades térmicas de los componentes de un edificio	60
9. Control de la radiación de calor	76
10. Control de la temperatura y de la humedad del aire	85
11. Control del movimiento del aire	101
12. Evacuación del agua	111
13. La vista y la iluminación	126
14. Oír y ser oído	135
15. Energía concentrada	143
16. Adaptación del edificio a la gente	149
17. Soporte estructural	163
18. Medidas contra el movimiento en el edificio	193
19. Control del fuego	200
20. Construcción de un edificio	213
21. Mantener un edificio vivo y en crecimiento	223

El bloque de construcción arquitectónico

22. Los componentes y la función del edificio	239
Glosario	245
Índice de conceptos	255

1. El medio ambiente externo

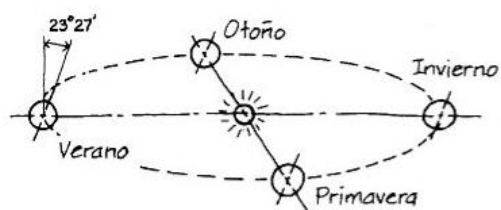
La tierra y el sol

La tierra es el único, entre los planetas de nuestro sistema solar, que satisface todas las necesidades básicas de la vida. Pero la vida, para los humanos, dista de ser fácil en muchas partes del globo. Un motor atmosférico del tamaño de un planeta, aprovisionado por la radiación del sol y enfriado por la radiación que devuelve al espacio, mueve aire, humedad y energía térmica a través de su superficie en unos recorridos agitados que crean un medio ambiente externo de condiciones variadas y, a menudo, extremas.

El sol es el factor más importante en la vida de la gente y en sus construcciones. El oxígeno que respiramos, los alimentos que comemos y los combustibles que quemamos son creados por la acción de la luz del sol sobre las plantas verdes. El agua que bebemos es purificada en un proceso de destilación atmosférico potenciado por el calor que proviene del sol. La luz de éste calienta nuestros cuerpos y nuestros edificios directamente o a través del aire temperado por él mismo a veces mejorando nuestro bienestar y a veces incomodándonos. La luz del sol ilumina los exteriores, desinfecta las superficies que toca, crea vitamina D en la piel y tiene un efecto tonificante en nuestro ánimo. La luz solar también desintegra los materiales con los cuales construimos y quema nuestra piel. El sol es a la vez dador de vida y destructor.

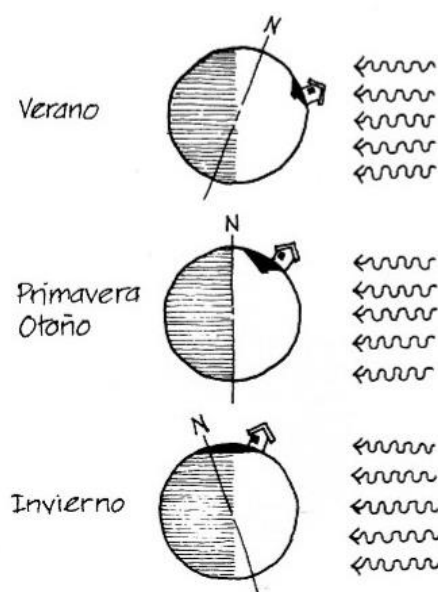
La luz solar contiene una radiación electromagnética de longitudes de onda variables. Menos del uno por ciento de los rayos del sol que alcanzan el nivel del mar son de longitudes de onda demasiado cortas para ser visibles. Estos rayos ultravioleta alcanzan aproximadamente entre 0,3 y 0,36 micrones de longitud de onda. Las longitudes de onda solares visibles, que miden entre 0,36 y 0,76 micrones, contienen aproximadamente la mitad de la energía de la luz solar. La otra mitad de la energía se halla en la parte infrarroja del espectro, en las longitudes de onda indivisibles entre 0,76 y 2 micrones, aproximadamente.





La tierra gira alrededor del sol en una órbita ligeramente elíptica con un radio medio de 149,5 millones de kilómetros, girando además alrededor de su propio eje una vez al día, y completando una órbita cada 365,25 días. La mitad del globo orientada de espaldas al sol, en cualquier momento, está en la obscuridad, y la otra mitad está iluminada. La excentricidad de la órbita de la tierra es de un 3 % aproximadamente, diferencia que provoca una variación de alrededor de un 7 % en la intensidad de la radiación solar sobre la tierra en un período de seis meses. Esta variación no es lo que crea las estaciones de la tierra, ya que la tierra está más cerca del sol en invierno, así que la excentricidad orbital ayuda ligeramente a moderar las estaciones. Las estaciones existen por la inclinación de $23^{\circ}27'$ que hay entre el eje de rotación de la tierra y una perpendicular al plano de esta órbita.

Aun en la posición en que el Polo Norte está más orientado hacia el sol, los rayos solares, en el hemisferio norte, pasan a través de la atmósfera y alcanzan la superficie de la tierra formando con ésta un ángulo inclinado. Pero entonces la atmósfera absorbe y esparce un mínimo de luz solar antes de que la radiación alcance el suelo, donde es recibida en una concentración máxima por unidad de área. Los rayos del sol dan su máximo calor en esta posición orbital, que se conoce como *solsticio de verano* y ocurre aproximadamente el 21 de junio de cada año. El calor solar total que incide en el hemisferio norte el 21 de junio es incrementado, además, por otro factor importante: el sol se ve más tiempo este día que durante cualquier otro día del año. El sol sale por el noreste antes de las seis de la mañana y se pone por el noroeste después de las seis de la tarde. Cuánto tiempo antes y después de las seis ocurren la salida y la puesta del sol, depende enteramente de la latitud. En el Ecuador, desde la salida hasta la puesta del sol transcurren siempre doce horas, cualquiera que sea la época del año. Si nos desplazamos hacia el norte, hacia el Trópico de Cáncer, el período diurno del 21 de junio dura sólo un poco más de doce horas, y el sol a mediodía aparece directamente arriba, a una altitud de 90° exactamente. (A partir de esto se puede deducir que el Trópico de Cáncer está a una latitud norte de $23^{\circ}27'$.) Siguiendo hacia el norte nos encontramos con que el 21 de junio tiene cada vez más horas de luz solar, hasta llegar al Círculo Ártico, donde el sol no se pone en absoluto, sino que se desliza simplemente sobre el horizonte a medianoche, dando 24 horas de luz solar. Simultáneamente, sin embargo, la altitud del sol de mediodía disminuye a medida que uno se desplaza hacia el norte, desde 90° en el Trópico de Cáncer hasta 70° en la ciudad de Nueva York, 47° en el Círculo Ártico y $23^{\circ}27'$ en el Polo Norte, disminuyendo así el efecto de calor sobre la superficie de la tierra y garantizando que, en general, cuanto más cerca del norte, más frío es el clima.



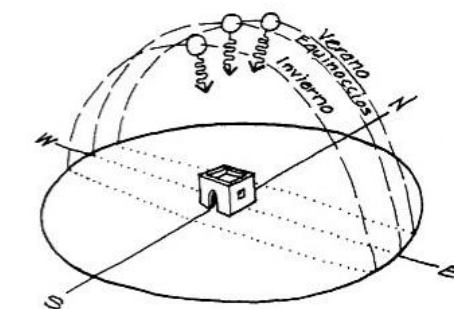
cuatro o seis semanas después del solsticio de verano, a finales de julio o principios de agosto. Este plazo se da porque la tierra y el agua han estado absorbiendo y reteniendo un calor solar considerable desde el mes de junio anterior. Más adelante, ya en el otoño, asimismo, la tierra sigue emitiendo esta energía acumulada, con lo que incrementa el efecto de la producción solar, menor en esta estación.

En la posición orbital opuesta, que ocurre aproximadamente el 21 de diciembre, en el *solsticio de invierno*, el Polo Norte está inclinado fuera del alcance del sol. En el hemisferio norte los rayos solares nos llegan con un ángulo bajo, trazando el sol un recorrido casi paralelo sobre el horizonte, y así su efecto de calor sobre el suelo es correspondientemente débil. Este día es el que tiene el menor número de horas de sol de entre todos los días del año, con el sol saliendo tarde y por el sureste, subiendo hasta un mediodía bajo y poniéndose temprano al suroeste. Encima del Círculo Ártico el sol no sale en absoluto, sino que da sólo una pálida claridad en el cielo al sur, al mediodía. De todos modos, las tierras y los mares siguen emitiendo el calor almacenado durante el tiempo caluroso anterior, por lo que los días más fríos del invierno no llegan hasta finales de enero o principios de febrero.

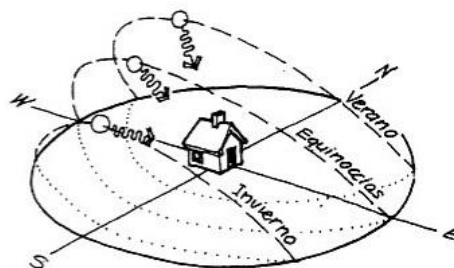
El 21 de marzo y el 21 de septiembre, conocidos como *equinoccio de primavera* y *equinoccio de otoño*, son equidistantes del sol. En ellos, en todos los puntos de la tierra, el sol sale exactamente del este y se pone exactamente al oeste doce horas después, excepto en los polos, donde el sol se desplaza a lo largo del horizonte durante veinticuatro horas.

Es útil guardar en la memoria que las variaciones estacionales respecto a la duración del día y de la altitud máxima diaria del sol son menos destacadas en los trópicos y más exageradas en las regiones polares. En los trópicos, la duración del período diurno es siempre, aproximadamente, de doce horas; excepto en el Ecuador mismo, dicho período es sólo ligeramente más largo en verano y ligeramente más corto en invierno. El sol sale siempre por las cercanías del oriente, un poco más al norte en verano y un poco más al sur en invierno, y se pone en las cercanías del poniente, desplazándose casi directamente por encima de la cabeza a mediodía. El sol intercepta siempre el horizonte, por las mañanas y por las noches, con un ángulo inclinado, dando unas salidas y puestas de sol muy breves.

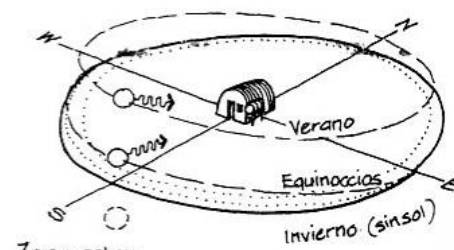
Conforme uno se desplaza hacia el norte en latitud, las variaciones estacionales se incrementan gradualmente. Los períodos diurnos del verano son más largos que en los trópicos y los del invierno más cortos; las altitudes del sol a mediodía son menores, dando una producción solar más baja por área de suelo. Las direcciones de las salidas y las puestas del sol muestran un vaivén de las estaciones más marcado, y los amaneceres y ocasos son más prolongados. En el hemisferio norte el caso límite es el del Polo Norte, donde el día y la noche son cada uno de seis meses de duración: el sol sale el 21 de marzo,



Zona equatorial



Zona templada



Zona polar

sube a un «mediodía» bajo el 21 de junio y se pone el 21 de septiembre. Sobre la base de un año, todos los puntos del globo están expuestos a la luz solar directa exactamente la mitad del tiempo. En los polos, cada mitad constituye un período continuo. En el Ecuador, cada día del año se reparte uniformemente entre luz y oscuridad. En las latitudes intermedias, los períodos diurnos más largos del verano compensan los más cortos del invierno.

En el hemisferio sur, el sol permanece en la mitad norte del cielo y las estaciones están invertidas con respecto a las del hemisferio norte, con períodos diurnos más largos y producciones solares más altas mientras aquéllos son cortos y la luz solar es débil en el hemisferio norte. La progresión de los efectos estacionales desde el Ecuador hasta el Polo Sur es la misma que para el hemisferio norte.

Efectos de la radiación solar sobre la tierra

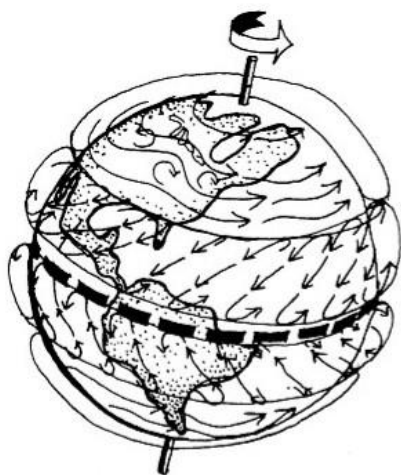
Cierto número de factores influyen en la cantidad de radiación solar que alcanzará una superficie dada. Como ya hemos visto, hemos de tener en cuenta la duración del día, el ángulo de incidencia de la luz solar sobre el suelo y, por tanto, la anchura de la atmósfera atravesada por la radiación en cada momento del día. La interferencia atmosférica es el factor más difícil de evaluar. La intensidad del sol justo fuera de la atmósfera de la tierra es, aproximadamente, de 130 vatios por pie cuadrado (1400 vatios por metro cuadrado). A una altitud aproximada de quince millas, un estrato de ozono y oxígeno naciente absorbe la mayor parte de la porción ultravioleta de las ondas solares. En los puntos más bajos de la atmósfera, el dióxido de carbono, el vapor de agua, las nubes, el polvo y los contaminantes actúan de varios modos para reflejar, esparcir, absorber y reirradiar diferentes partes del espectro; las longitudes de onda más cortas de la luz solar son las más afectadas y producen la apariencia azul del cielo durante el día. Una parte considerable de la energía de la luz solar es restada por una atmósfera «clara», casi la mitad del promedio universal. La mayor parte de esta energía es entonces reirradiada desde la atmósfera hacia el espacio exterior, pero una cantidad apreciable es reirradiada hacia la tierra como una radiación difusa del cielo, aumentando así ligeramente la energía solar total aprovechable en la superficie de la tierra. Las nubes, que cubren aproximadamente la mitad de la superficie de la tierra en cualquier momento dado, cortan buena parte de la radiación directa del sol, pero todavía dejan pasar una cantidad considerable de forma difusa. Debido a todas estas circunstancias, un pie cuadrado de tierra a una latitud de 45°, en un emplazamiento que tenga un 50 % de incidencia cubierto por las nubes, recibirá aproximadamente 75 kilovatios/hora de radiación solar directa cada año, más aproximadamente otros 20 kilovatios/hora de radiación difusa del cielo, siendo un total de casi 100 kilovatios/hora

anualmente. Un pequeño calor es proporcionado directamente a la atmósfera por el sol. En cambio, el suelo y sus objetos son calentados por la radiación, aunque pasan algo de su calor al aire. La proporción en que una parcela de suelo se calienta depende en primer lugar de la cantidad de energía solar que llegue a su superficie. En igualdad de condiciones atmosféricas, una parcela de suelo más próxima al Ecuador recibe más producción solar que otra más alejada del mismo, a causa del mayor ángulo de incidencia. La inclinación del suelo también tiene un efecto importante sobre la intensidad solar, por la misma razón. Un segundo factor que afecta a la proporción en que el suelo se calienta es la parte de radiación solar que el suelo refleja; ésta es generalmente del 20 %, absorbiéndose el 80 %. De este 80 %, una parte puede ir a calentar la tierra, y así es almacenada temporalmente; otra será gastada en la evaporación de la humedad de la tierra; otra será irradiada en largas longitudes de onda infrarroja, desde el suelo hacia el cielo otra vez y hacia objetos terrestres más fríos que la parcela de suelo puede «ver»: cimas de árboles, cercas, edificios, etc. El 80 %, restante calentará el aire por encima de la pieza de terreno.

Hasta aquí hemos considerado lo que ocurre durante el día. Por la noche la corriente de radiación está invertida, con el lado oscuro de la tierra soltando energía hacia el espacio por medio de la radiación infrarroja en longitudes de onda que alcanzan de 4 a 80 micrones, considerablemente más largas que las de los rayos infrarrojos del sol. En noches nubladas, húmedas, el vapor de agua en la atmósfera, particularmente absorbente de longitudes de onda infrarrojas, sirve para bloquear buena parte del escape de energía, pero en noches claras, secas, se aprecia un efecto refrescante muy poderoso por la rápida radiación desde la tierra caliente hacia la fría oscuridad del cielo. El rocío se condensa frecuentemente a partir del aire hacia las superficies frías del suelo y hacia las superficies radiadas por el frío de los techos de automóviles y edificios. Puede formarse una capa de aire frío cerca del suelo en una configuración atmosférica estable conocida como inversión. La niebla del suelo puede originarse a partir de la condensación de la humedad en dicha capa fría, o puede haber escarcha en el suelo incluso cuando los termómetros están dando unas temperaturas muy por encima del hielo. Un viento nocturno puede tender a mezclar el aire frío de la tierra con aire más caliente, formando rocío, escarcha y niebla, aunque esto es menos probable. En cuerpos sobre el agua, la gran capacidad de conservación del calor de ésta y su mezcla convectiva generalmente provocarán un enfriamiento nocturno del aire menos pronunciado que sobre la tierra.

El tiempo

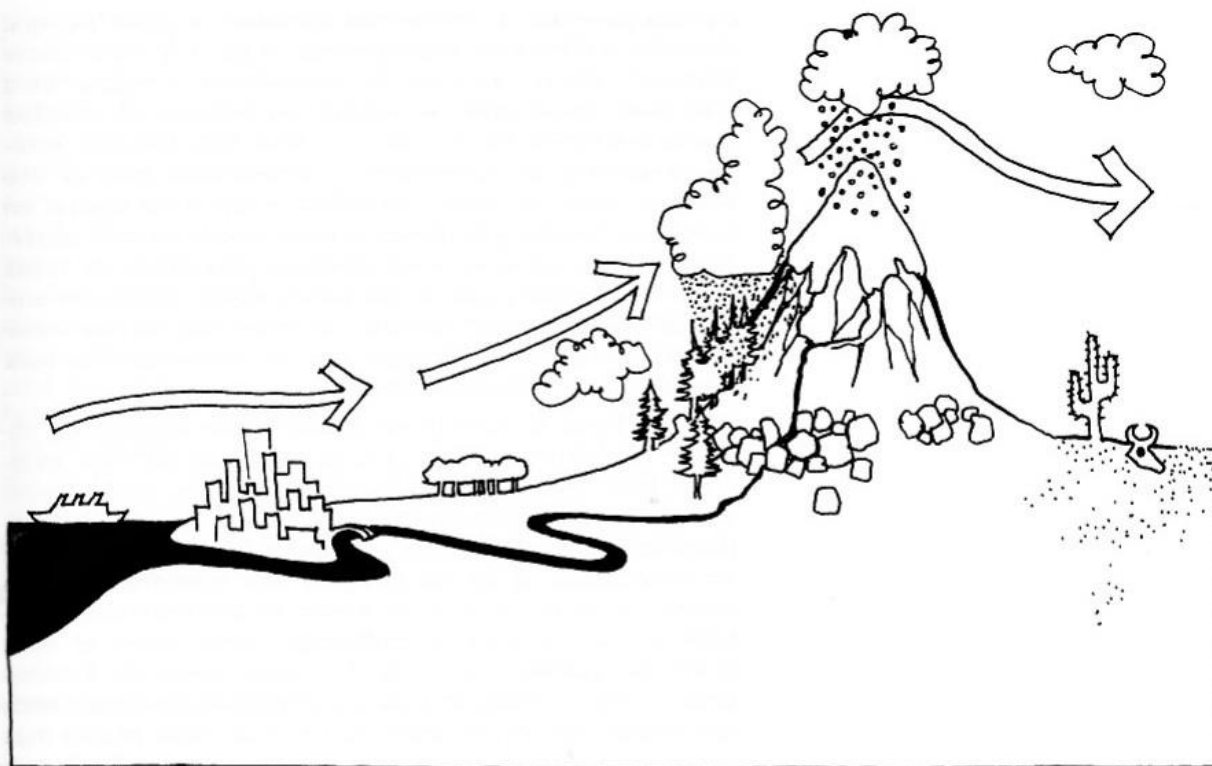
Si las condiciones atmosféricas son iguales, la pérdida de calor de por la noche, por radiación, ocurre



con igual velocidad en todas las partes del mundo. En cambio, la adquisición de calor durante el día, como ya hemos visto, no es igual en todos los sitios. En cualquier día del año, los trópicos y el hemisferio que se halla en su estación caliente reciben mucha más radiación solar que las regiones polares y el hemisferio más frío. A lo largo del año, los trópicos y las latitudes de aproximadamente 40° reciben más calor total de la que pierden por radiación. Las latitudes por encima de los 40° , sobre una base anual, tienen un balance de radiación negativo. Así pues, las condiciones necesarias son creadas por la operación de un motor atmosférico: su fuente de calor son los trópicos. Emite calor en las regiones polares. Su fluido de trabajo es el aire, especialmente la humedad contenida en el aire. El aire es calentado sobre la tierra cálida de los trópicos, se extiende, sube y fluye en dirección al norte y al sur desde el Ecuador, a grandes altitudes, enfriándose en su recorrido, para bajar y fluir luego hacia el Ecuador desde las latitudes nórdicas y sureñas. Mientras tanto, la rotación hacia el este de la tierra desvía estas corrientes en dirección oeste a lo largo de la tierra para formar los vientos alisios. Más hacia los polos, unas células similares pero más débiles de convección del aire son puestas en movimiento, de lo cual resulta un flujo de aire en dirección general este.

El calor del sol evapora continuamente agua del mar y de la tierra en el aire. El aire caliente húmedo así producido sube a la larga, bien a causa de la convección, bien porque el aire es empujado hacia arriba por unos vientos procedentes de la tierra. Como sube, el aire se expande a causa de la disminución de la presión atmosférica; y, como se expande, sufre un enfriamiento adiabático, hasta que se alcanza la temperatura en la cual la humedad empieza a condensarse. La humedad condensada produce un calor latente en el aire, compensando algunos de los efectos enfriadores de la expansión. Pero sigue un tipo de enfriamiento más lento mientras el aire continúa subiendo, ya que la humedad sigue condensándose y formando unas nubes de gotitas de agua y cristales de hielo. Muchas veces están incluidas cantidades considerables de agua; se estima que una simple nube grande tipo cúmulo pesa unas cien mil toneladas (10^5 kg).

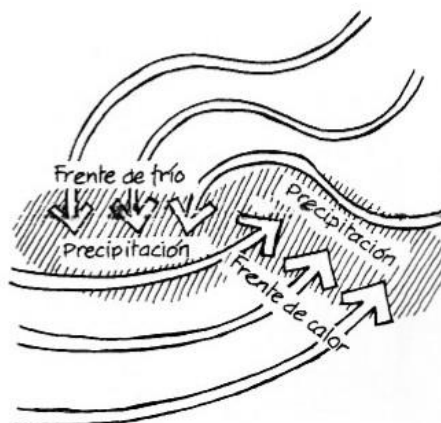
El mecanismo exacto por el cual una nube suelta su agua no está muy bien entendido, pero generalmente comprende a la vez el enfriamiento posterior y la presencia en la nube de partículas microscópicas de polvo alrededor de las cuales las pequeñas gotas de la nube se pueden congregan para formar gotas de lluvia o cristales de hielo. Las precipitaciones tienden a ser más pesadas sobre las cordilleras a causa del rápido enfriamiento de los vientos ascendentes, y son generalmente esparcidas a sotavento de las montañas, donde los vientos descendientes han sido ya secados de su agua excesiva. El agua de lluvia y la nieve derretida se reúnen en la superficie de la tierra en los arroyos y los ríos, y a la larga fluyen hacia los mares, evaporando la humedad en el aire para volver a empezar el ciclo.



En las latitudes templadas, grandes masas de calor, de aire húmedo, procedentes de climas más tropicales avanzan en dirección al norte para encontrar una masa de aire más frío y seco proveniente de las regiones polares. El frente caliente, caracterizado por una baja presión barométrica, y el frente frío de presión más alta chocan y se arremolinan uno con otro, creando así unos vientos de tipo local y soltando precipitaciones donde el aire caliente es bruscamente enfriado por el contacto con el aire frío. Los modelos meteorológicos de las latitudes templadas son predominantemente el resultado de tales sistemas frontales, y son menos estables y previsibles que el tiempo tropical, el cual está dominado por la circulación general ocasionada por el sol en la atmósfera.

El viento tiene un papel importante en la meteorología de la tierra, ya que distribuye a la vez el agua y el calor de manera más equitativa por todo el globo. La corriente del viento a altas altitudes es generalmente rápida y bastante uniforme. Sin embargo, en la proximidad de la superficie de la tierra el viento está sujeto a interferencias procedentes de colinas, montañas, árboles, edificios y varias corrientes de aire convectivas. La velocidad media del aire se ve progresivamente reducida por estos obstáculos cerca del suelo y así la corriente del viento se vuelve más turbulenta, variando rápidamente en velocidad y dirección.

Grandes cantidades de energía son transformadas desde la luz solar al viento y desde la luz solar a las pre-



precipitaciones, por el motor atmosférico. A pesar de que sólo sea eficaz, aproximadamente, en un 3 % en la transformación de la radiación en movimiento, el motor obra a un nivel que podría ser medido en trillones de caballos fuerza (múltiplos de 10^{12} vatios). Pero este inmenso aporte de energía es difícilmente aprovechable para el uso humano: como el viento, es difuso y difícil de agarrar en las altas altitudes y latitudes polares, donde es más fuerte. En cuanto al agua, sólo un diminuto porcentaje de todas las precipitaciones cae en los valles, donde puede ser embalsada para generar energía; el resto cae en los océanos o en superficies de agua que no son utilizables para instalaciones hidroeléctricas.

Tanto el agua como la tierra son capaces de absorber y almacenar calor, pero el agua, con su calor específico más alto, es considerablemente más eficaz como medio de almacenamiento. Como resultado, grandes extensiones de agua tienden a moderar las temperaturas en su proximidad, si se las compara con temperaturas más interiores de la tierra. Este efecto es particularmente notable donde los vientos dominantes pasan sobre el agua antes de alcanzar la tierra. La costa oeste de Estados Unidos, bajo la influencia de los vientos oeste dominantes que vienen del océano Pacífico, tiene un clima mucho más suave, más fresco en verano y más cálido en invierno, que la costa este, donde los vientos dominantes vienen de la masa de tierra continental. El agua también puede transportar calor a grandes distancias, como es el caso del cálido *Gulf Stream* del Atlántico, que junta calor en los trópicos y lo transporta hacia el norte para templar (y humedecer) el tiempo en el oeste de Europa. Londres, calentado por los vientos provenientes del *Gulf Stream*, pocas veces está por debajo de 0° en invierno, mientras que Minneapolis, enclavado en tierras del centro de los Estados Unidos a una latitud algo menor, tiene nevadas considerables y prolongados períodos de duro frío. Así pues, la latitud sola no es una buena indicación de qué clima exactamente se puede esperar en cualquier área del mundo.

En un solar individual, aún pueden entrar en juego más variables climáticas. El movimiento aparente del sol encima de un lugar está rígidamente fijado según la latitud geográfica del mismo, pero el efecto de la radiación del sol variará según la orientación y la inclinación de la pendiente del suelo, la absorción infrarroja de la superficie del suelo, la presencia o ausencia de vegetación que dé sombra y el calor solar reflejado y reirradiado desde los edificios, así como los rasgos geológicos de los alrededores. La temperatura del aire en un lugar se verá también afectada por la altitud de éste con respecto al nivel del mar, la proximidad de cuerpos de agua, la dirección de los vientos dominantes, la presencia de una vegetación que dé sombra, etc. Las fuentes, cascadas de agua y árboles pueden difundir bastante humedad en el aire como para aumentar la humedad local y debilitar la temperatura local del aire. Los tipos de vientos locales serán en gran medida dependientes de obstrucciones locales al paso del

viento, tales como bosques, árboles, edificios y colinas. Un terreno surcado o un pavimento oscuro tendrá temperaturas más altas que otras áreas cercanas soleadas, aumentando el calentamiento radiacional de éstas y causando pequeños remolinos de aire caliente. La topografía puede tener un importante papel en la corriente de aire convectiva local: puede darse que un valle esté más protegido del viento que lo alto de una colina, pero en noches tranquilas y frescas unas ráfagas de aire frío correrán por la zona baja del valle para reunirse en presas, mientras el aire más caliente subirá hacia lo alto de la colina. También las ciudades afectan al tiempo local. La energía gastada para que se muevan los vehículos y para calentar los edificios se disipa gradualmente en forma de calor en el exterior, calentando a menudo el aire de 2°C a 4°C por encima del de la región vecina. Las grandes ciudades crean a menudo corrientes de aire ascendentes convectivas que pueden tener un efecto climático significativo a escala regional.

Otro fenómeno solar

Aparte de sus efectos termales, los de calentar la tierra y crear los vientos y precipitaciones, el sol origina también importantes efectos no termales. Proporciona la luz visible, provee de energía para la fotosíntesis de las plantas e irradia luz ultravioleta.

El papel de la luz solar en la iluminación de los edificios será comentado más tarde con detalle, pero podemos notar aquí que la luz directa es muchas veces demasiado brillante para ser cómoda para la vista. Es mucho más útil, durante el día, la luz visible esparcida por la atmósfera, la luz uniforme, que la procedente de una área sombreada. Si necesitamos luz durante la noche, o bajo una densa masa de nubes, tenemos que utilizar fuentes de iluminación alternativas.

Sería difícil destacar suficientemente el valor que tiene para la humanidad la reacción fotosintética de las plantas. No podríamos vivir sin ella. El organismo humano no puede crear nutrientes a partir del sol. Las plantas, sin embargo, producen azúcares, almidones y proteínas a partir del agua, del dióxido de carbono, del nitrógeno y los nutrientes del suelo a través del proceso desencadenado por el sol. Durante la fotosíntesis toman dióxido de carbono del aire y devuelven oxígeno como un producto de desperdicio. (Los animales consumen oxígeno en sus procesos metabólicos y devuelven dióxido de carbono, formando así el otro eslabón mayor en la cadena de auto mantenimiento del medio ambiente.) Al mismo tiempo, la gente y los otros animales comen las plantas que son capaces de digerir o la carne de otros animales que viven esencialmente de las plantas. Los excrementos animales contienen nitrógeno, fósforo, potasio, carbón y otras sustancias que se vuelven aprovechables para las plantas a través del suelo y el agua, y así la producción de alimen-



tos es perpetuada a través de otras cadenas de autoabastecimiento. Incluso las plantas y los animales muertos tienen un papel que cumplir. Sus cadáveres son deshechos, por otros animales y por microorganismos, en componentes químicos básicos que se vuelven una parte más del suelo, útiles para nutrir a las plantas y empezar la vida de nuevo.

La fotosíntesis también origina productos útiles no alimenticios, tales como la madera para la construcción, fibras para la manufactura de textura de papel y plantas decorativas, flores, matas y árboles decorativos, y enredaderas. La fotosíntesis es responsable de nuestro suministro completo de combustibles fósiles —carbón, petróleo y gas—, que fueron formados hace millones de años por los efectos del calor geológico y la presión sobre grandes masas de materia vegetal en descomposición. Aparte de la energía geotermal, la energía nuclear y las mareas, todas nuestras fuentes de energía son solares en su origen; no sólo la luz del sol directa, sino también la energía eólica, la energía del agua, de las plantas y, por supuesto, los combustibles fósiles.

La radiación ultravioleta del sol es importante por el papel que desempeña en la fotosíntesis, pero tiene también otros efectos. Los rayos ultravioleta matan muchos microorganismos perjudiciales, lo cual es importante para purificar la atmósfera y para librar a las superficies soleadas de bacterias portadoras de enfermedades. La vitamina D, esencial para la nutrición humana, es formada por la acción de la luz ultravioleta sobre la piel. Por el lado negativo, los rayos ultravioleta son responsables de quemaduras, fácilmente fatales de la piel humana expuesta demasiado tiempo a la luz solar y de la alta incidencia de cáncer de piel en la gente que está constantemente al sol. Los rayos ultravioleta hacen palidecer los colores en las construcciones, descomponen muchos plásticos y contribuyen a la deterioración de pinturas, tejados, madera y otros materiales orgánicos de construcción. A causa de estos malos efectos, existe la preocupación de preservar la capa de ozono de alta altitud que intercepta la mayor parte de la radiación ultravioleta, antes de que ésta pueda alcanzar la tierra.

Otros aspectos del medio ambiente externo

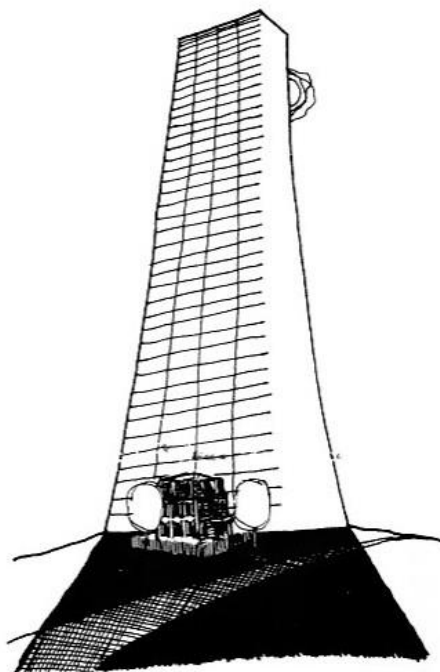
La geología de la tierra tiene mucho que ver con las formas de construir que poseemos. Muchos de nuestros materiales de construcción, por supuesto, son minerales en su origen: tierra, piedra, hormigón, ladrillo, yeso, amianto, acero, aluminio, cobre, aparte de otros. En muchos casos, el más sencillo de ellos puede obtenerse directamente del lugar de construcción o de fuentes vecinas. El subsuelo, los niveles bajo la superficie del agua, la superficie del suelo y las rocas de un lugar influyen en los tipos de excavación, de cimentación y del medio ambiente

que serán probablemente emprendidos. Los contornos del lugar —sus colinas, valles y desniveles— ayudan a determinar cuánta agua se reparte durante las tormentas, dónde puede ocurrir la erosión del suelo, dónde las carreteras y los senderos se pueden extender sin demasiada inclinación, qué áreas estarán más o menos protegidas del viento, qué áreas estarán expuestas más favorablemente a la luz del sol, dónde varios tipos de plantas crecerán mejor, y dónde y cómo serán construidos los edificios. Estos son factores sumamente complejos, ricos a la vez en implicaciones positivas y negativas para un diseñador.

También son importantes ciertos factores biológicos del lugar. Los microorganismos están universalmente presentes en formas tales como las bacterias y hongos que convierten a las materias animales y vegetales muertas en nutrientes del suelo. Las plantas más altas, así como las hierbas, las malas hierbas, las flores, las matas y los árboles, desempeñan un papel importante para atraer las precipitaciones, prevenir la erosión del suelo, proporcionar sombra, desviar el viento y otras funciones ya mencionadas. Los insectos pueden afectar al diseño de un edificio: los insectos que pican y contaminan la comida tienen que excluirse de los espacios interiores. Hay que oponerse a que los insectos destructores de edificios, como las polillas, ataquen las estructuras. Los reptiles, pájaros y mamíferos nativos deben ser también tenidos en cuenta en el proceso de planificación. Podemos desear que los trinos de los pájaros se infiltren en la sala del desayuno, pero no los pájaros mismos. Los ratones, las ratas, los mapaches, los zorros, el venado, las ardillas, los lagartos y el perro del vecino, para nombrar unos pocos, pueden ser fastidiosos en la casa de uno. Pero una vaca, una oveja o un caballo pueden ser bienvenidos en unas cuerdas, así como un perro, un gato, o el mismo hámster de una casa.

Los edificios vecinos muchas veces influyen en lo que queremos construir. Pueden dar sombras a ciertas áreas del lugar, desviar el viento de modo inesperado, trastornar los diseños naturales de desagüe o hacer que unas áreas del lugar estén faltas de aislamiento visual o acústico. Los edificios o restos de edificios erigidos en el lugar por construcciones anteriores deben ser tenidos en cuenta, con sus correspondientes caminos, áreas de aparcamiento, paseos, jardines, fuentes, sistemas sépticos y servicios subterráneos. Los malos tratos en la utilización de la tierra por los propietarios anteriores o vecinos pueden causar problemas de maleza o erosión del suelo.

Los factores ambientales debidos a la gente incluyen el aire contaminado por el humo, los gases, el polvo o las partículas químicas, el ruido de la circulación, los procesos industriales, una discoteca cercana o una familia alborotadora en el piso de al lado, así como las aguas residuales o sustancias químicas. Desgraciadamente, el diseñador debe contar también comúnmente con el hecho de que el medio ambiente externo incluye a unos individuos desconocidos que quizás estropeen, destruyan o se inmiscuyan en el diseño del edificio, a menudo antes de



que la construcción esté completada y casi siempre en detrimento del edificio y sus ocupantes.

Esto, pues, para mal o para bien, es el medio ambiente externo, del cual podemos seleccionar y modificar algunas partes para la ocupación humana. Comprende un sol dador de calor que sale y se pone, un ciclo de estaciones, un plan meteorológico más o menos previsible, una geología única, una colonia variada de flora y fauna y una historia de uso o mal uso humano, extendiéndose a través del presente hacia el futuro. Nos podemos preguntar: ¿Quién tiene que ocupar y utilizar este medio ambiente? ¿Cuáles son las necesidades de este ser? ¿Y en qué medida son sus necesidades diferentes de lo que este medio ambiente puede ofrecer?

Lecturas posteriores

David I. Blumenstock, *The Ocean of Air*, Rutgers University Press, New Brunswick, N. J., 1959.

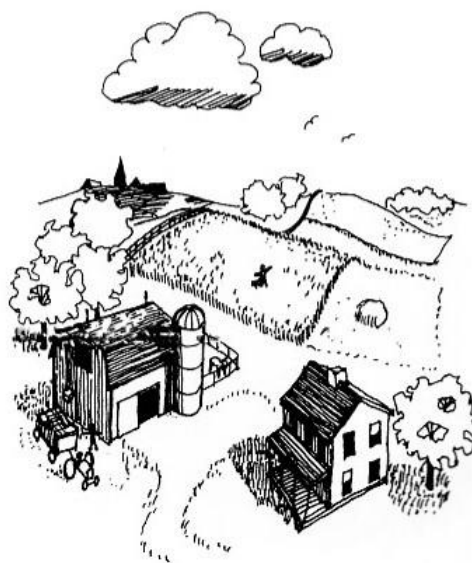
O. G. Sutton, *Understanding Weather*, Penguin Books, Harmondsworth, Ing., 1960.

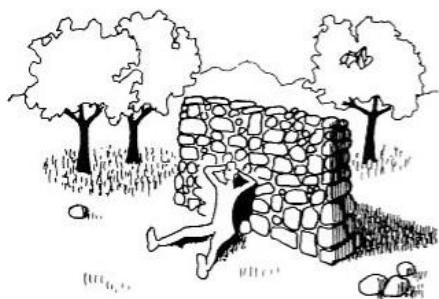
3. El concepto de refugio

El refugio, en su concepción más básica, no es una invención humana; es algo que buscamos instintivamente, como lo hacen todos los animales, en un mundo donde pocas veces se armoniza exactamente con nuestras necesidades fisiológicas y sociales. En un día de fuerte verano, almorzamos bajo un árbol o cerca de una cascada sombreada. En días de duro invierno, gravitamos instintivamente hacia el lado de sotavento o hacia cualquier rasgo del paisaje que desvía el viento, especialmente si disponemos de un poco de luz solar caliente. El viajero experimentado al aire libre, cuando escoge un lugar donde colocar su saco de dormir para pasar la noche, en cualquier estación del año, evita los sitios bajos y los valles, que sirven de cauce durante la noche al aire frío y a la humedad, y, como un animal, se acuesta en el terreno más alto, quizás en una pendiente orientada al este, para que le despierte el sol de la mañana.

En una sociedad agraria, el refugio empieza con el empleo juicioso del paisaje natural. La gente escoge construir en sitios altos por sus calidades de refugio: orientación, rasgos topográficos, árboles y vegetación y fuente de agua. En los climas nórdicos, los terrenos altos que se inclinan hacia el sur están reservados para que crezcan las cosechas más esenciales. Los granjeros saben por experiencia propia que las primeras heladas de otoño y las últimas de primavera sólo tienen lugar en los emplazamientos más bajos del campo, y que las plantas situadas en campos orientados al sur reciben la luz solar, donadora de vida, con una intensidad mayor que la de los campos llanos u orientados al norte. Las ciudades rurales están situadas, dentro de lo posible, cerca de los ríos o manantiales de sotavento, generalmente en las laderas con vistas al sur.

Los refugios artificiales empiezan por manipulaciones tan inofensivas como plantar un árbol que dé sombra o una fila de arbustos para atenuar el viento. Una simple pared de piedras que se aguante sola puede, gracias a su perfil vertical y su capacidad térmica, crear una *pequeña zona de frescor sombreado en su lado norte en tiempo caluroso*, y una zona calentada por el sol, menos

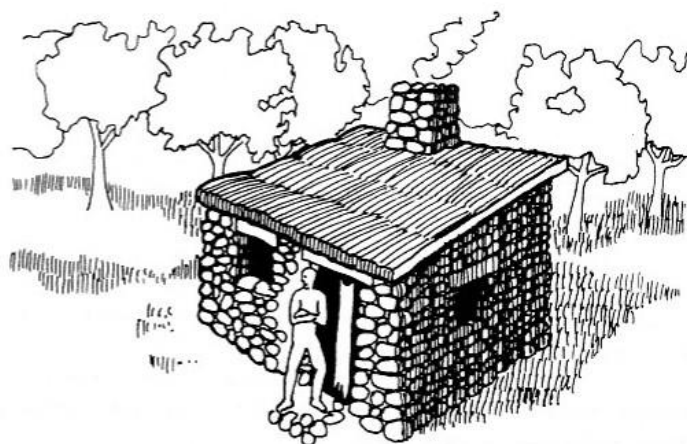
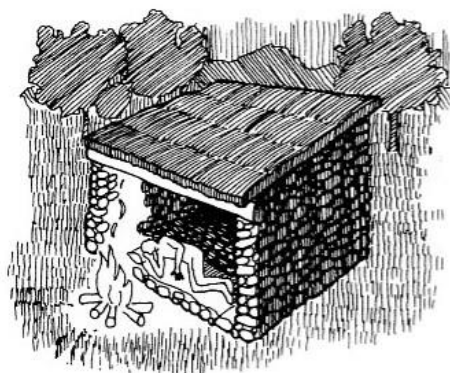


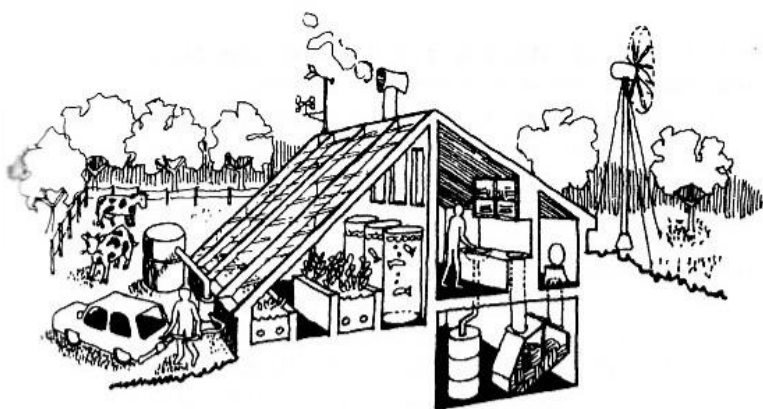


expuesta al viento, al sur, en tiempo frío. La pared retendrá algo del calor solar y lo exhalará gradualmente después de la puesta del sol, prolongando el período de habitabilidad de la zona protegida. Un pavimento de piedras o una plataforma de madera proporcionará una condición más seca al habitante, y un tejado inclinado le guardará de la lluvia y la nieve. Las paredes este y oeste aumentan la capacidad de desviación del viento que tiene el refugio e impiden un poco la entrada del sol de invierno. Por la noche, un fuego a la salida de este sencillo refugio calentará a sus ocupantes con sus radiaciones a la vez directas y reflejadas por las paredes, y una pequeña parte de su calor se acumulará en las piedras para moderar ligeramente la temperatura del espacio protegido incluso después de que se haya apagado el fuego. Se pueden imaginar fácilmente los siguientes pasos del mejoramiento de un refugio tan rudimentario: el uso de una estructura o de pieles para cerrar el lado abierto después de la noche o en días nublados, el cambio del fuego por una chimenea interior, etc. Quizá muchas formas de edificios primitivos han evolucionado de un modo muy parecido, para unirse después en la corriente del desarrollo que lleva por fin a las técnicas de construcción modernas.



Los edificios modernos son mucho más complicados que este ejemplo primitivo, por supuesto. Cada nueva mejora auténtica traída al refugio por nuestros antepasados era primero una novedad, pero poco después se convertía en una práctica normalizada, y luego en un mínimo aceptable cuando las mejoras posteriores la suplantaban. Un refugio que representara el colmo de la comodidad y la practicidad para una generación podía ser considerado por debajo de la norma por una generación posterior. Hemos crecido esperando cada vez más y más de nuestros edificios, hasta el punto de que ahora se espera de los edificios que cumplan unas funciones que no son estrictamente de «refugio», como el suministro de agua, la eliminación de los desperdicios y el aprovisionamiento de energía para su uso en instrumentos mecánicos. De hecho, nuestros edificios se están convirtiendo





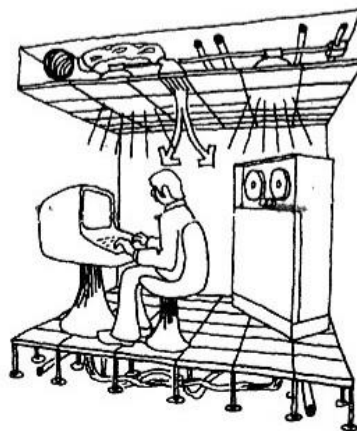
en mecanismos comprensivos de apoyo a la vida. Unas viviendas experimentales se están diseñando ahora para producir alimentos a sus ocupantes y convertir el dióxido de carbono exhalado en oxígeno para respirar.

Muchas de las funciones que esperamos ahora de nuestros edificios correspondieron primero a otros aparatos. La ropa y el refugio son en medida considerable intercambiables en sus funciones, pero con el paso del tiempo la gente tiende a pedir menos a su ropa y proporcionalmente más a su refugio. Algunas funciones esperadas al principio de algunos muebles, como la provisión de depósitos cerrados para varios artículos caseros, son uniformemente asumidas por componentes del edificio tales como camerinos o alacenas. Las pilas de lavabo, las bañeras, los hornos y los fregaderos son menos transportables ahora y es más común que sean parte fija de la casa. Los despachos estaban entonces iluminados por lámparas transportables que se tenían que llenar de aceite periódicamente. Hoy la iluminación de los despachos es usualmente proporcionada por instalaciones que forman parte del edificio, e incluso el edificio conduce la energía eléctrica directamente a las instalaciones.

Nuestro concepto de lo que es un edificio es pues más amplio de lo que se define en el diccionario. Un edificio es, fundamentalmente, lo que esperamos de él. La lista siguiente intenta incluir todas las expectativas funcionales que solemos tener respecto de un edificio en nuestros días, ordenadas de acuerdo con la importancia relativa de cada una respecto al soporte de la vida:

1. Pedimos a un edificio que suministre la mayor parte de las necesidades inmediatas del metabolismo humano:

- A. Aire limpio.
- B. Agua limpia para beber, preparar la comida, el aseo y el lavado de los desechos.
- C. En algún tipo de edificios, facilidades para la preparación y el consumo de comida.
- D. La expulsión y el reciclaje de los desechos, incluidos los excrementos, el agua de lavar, los desperdicios alimentarios y la basura.



2. Le pedimos que cree las condiciones necesarias para la comodidad termal humana:

- A. Control del medio de irradiar temperatura.
- B. Control de la temperatura del aire.
- C. Control de las características de las superficies que están en contacto directo con el cuerpo humano.
- D. Control de la humedad del aire y de la cantidad de vapor de agua.
- E. Control de la circulación del aire.
- F. Control de la entrada de las precipitaciones y otras aguas en el espacio no habitado.

3. Le pedimos que cree las condiciones necesarias para la comodidad sensorial, la eficacia y el aislamiento:

- A. Condiciones óptimas para la vista.
- B. Aislamiento visual.
- C. Condiciones acústicas óptimas.
- D. Aislamiento acústico.

4. Le pedimos que controle la entrada y la salida de criaturas vivas de todo tipo, desde los virus hasta los elefantes, incluyendo seres humanos.

5. De él esperamos que distribuya energía concentrada hasta los puntos convenientes para usar la potencia de diversos instrumentos y aparatos.

6. De él esperamos que proporcione ciertos medios de conexión y de comunicación con el mundo exterior: ventanas, teléfonos, buzones, etc.

7. Le pedimos que facilite cierta comodidad, seguridad y actividad productiva al cuerpo a través de un surtido de superficies útiles: pisos, paredes, escaleras, escalones, bancos, etc.

8. Le pedimos que proporcione una estructura estable al peso de todas las personas, las pertenencias y los artefactos arquitectónicos en el edificio, y que proporcione una resistencia estructural suficiente a las fuerzas físicas de la nieve, el viento y los terremotos.

9. Le pedimos que proteja sus propias estructuras, superficies, sistemas mecánicos interiores y otros artefactos arquitectónicos de la humedad debida a las precipitaciones y otras aguas.

10. De él esperamos que se ajuste a sus propios movimientos normales, sin perjuicio para él mismo o para su contenido.

11. De él esperamos que proporcione una protección razonable a sus ocupantes, contenido y a él mismo contra el fuego.

12. De él esperamos que se construya sin excesivos gastos o dificultades.

13. Le pedimos que pueda ser manejado, mantenido y cambiado de manera útil y económica.

Esta lista empieza con unas demandas que emanan más o menos de las necesidades del hombre rodeado por un medio ambiente externo hostil. Sin embargo, del punto 8 en adelante las demandas son de diferente tipo. Emanan ampliamente de las necesidades creadas por el mismo edificio y se relacionan sólo de manera secundaria

con las necesidades humanas. Una viga secundaria, por ejemplo, no está relacionada principalmente con la solución a ninguna necesidad humana. Es un artefacto secundario que soporta una superficie (un piso o un techo) de importancia básica para los que utilizan el edificio. El movimiento y el fuego son problemas que surgen solamente porque el edificio existe, pero a no ser que el edificio solucione estos problemas por sí mismo, constituyen un peligro para sus ocupantes.

Los siguientes capítulos explican las maneras cómo un edificio responde a estas expectativas funcionales. Se desarrollan en el mismo orden general que esta lista, con varias excepciones: todas las funciones del edificio que tengan que ver con el movimiento del aire se tratan juntas en el capítulo «Control del movimiento del aire»; y el capítulo «Eliminación del agua» comprende el material de todas las funciones de resistencia al agua de un edificio. En varios capítulos se tratan aspectos de la función de control de las entradas y salidas de criaturas vivas, función ésta realmente demasiado compleja para encajar en un solo capítulo. A través del libro se notará que, a pesar de que tengamos unas expectativas funcionales complejas hacia nuestros edificios, y de que tengamos también maneras complejas de responder a estas expectativas, muchas funciones del edificio se pueden resolver gracias a un arquitecto bien informado, incluso en edificios muy grandes, con estructuras arquitectónicas tan sencillas y directas como el sencillo refugio de la naturaleza.

