

14. ESTRATEGIAS DE DISEÑO

M. de Luxán García de Diego, A. Reymundo Izard, J. Hernández Tejera, M^a. C. Bango Yanes

CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI

Como ya se ha visto antes, en la carta bioclimática de Givoni se establecen las cualidades que debe tener una construcción en orden a que en su interior se obtenga una sensación térmica agradable (figura 14.1).

En este apartado se hace un análisis de las distintas estrategias que pueden ser utilizadas en Canarias, dependiendo de las características necesarias de la construcción que indica Givoni en su cuadro.

Según el diagrama, existen catorce zonas de estudio, y a cada una de ellas corresponderá una serie de estrategias en el diseño.

Las zonas citadas y que se desarrollan a continuación son:

- 1 Zona de confort
- 2 Zona de confort permisible
- 3 Calefacción por ganancias internas
- 4 Calefacción por aprovechamiento pasivo de la energía solar
- 5 Calefacción por aprovechamiento activo de la energía solar
- 6 Humidificación
- 7 Calefacción convencional
- 8 Protección solar
- 9 Refrigeración por alta masa térmica
- 10 Enfriamiento por evaporación
- 11 Refrigeración por alta masa térmica con renovación nocturna
- 12 Refrigeración por ventilación natural o mecánica
- 13 Aire acondicionado
- 14 Deshumidificación convencional

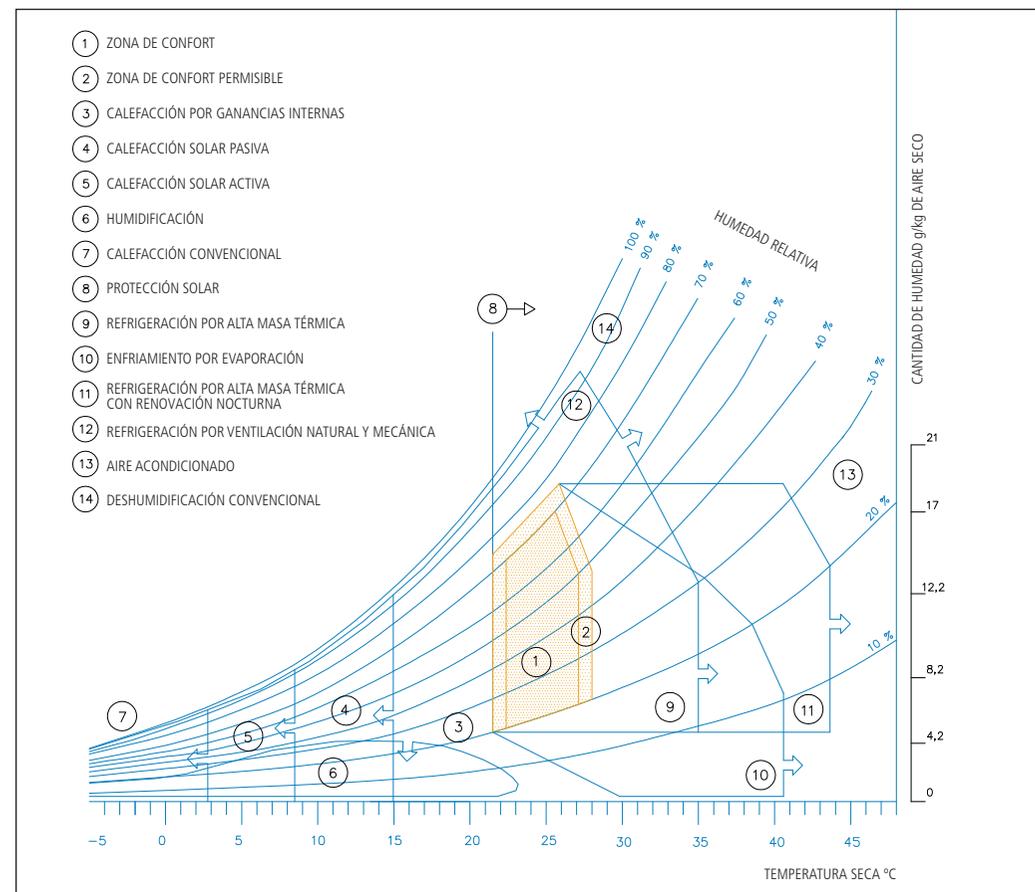


Figura 14.1. Carta bioclimática de givoni (28° latitud Norte)

Hay que señalar que estas zonas se superponen en muchas ocasiones, lo que indica que se puede utilizar una, otra, o una combinación de ambas sumando sus efectos.

1. ZONA DE CONFORT

La zona denominada de confort es la que corresponde a las condiciones de humedad-temperatura en las que el cuerpo humano requiere el mínimo gasto de energía para ajustarse al ambiente. Se consideran las circunstancias para un individuo con ropa ligera, en baja actividad muscular y a la sombra.

En el diagrama de Givoni adaptado al clima canario, la zona de confort está limitada por los 22°C, entre el 20% y el 70% de humedad relativa y una línea quebrada correspondiente a los 27°C, entre el 20% y el 50% de humedad, y entre este último punto y el punto definido por 25,5°C y 70% de humedad (figura 14.2).

En el diagrama psicrométrico de Givoni la zona de confort define el área en la que, cuando los parámetros climáticos se encuentran en su interior, no se necesita ninguna corrección constructiva para la obtención del bienestar y en la que cualquier edificación media cumple con las condiciones de procurar dentro de ella una sensación térmica agradable si no hay radiación solar directa hacia el interior.

2. ZONA DE CONFORT PERMISIBLE

La zona denominada de confort permisible en el diagrama de Givoni está limitada por la zona de confort y un perímetro definido por los 21,5°C, entre el 20% y el 75% de humedad relativa y una línea quebrada correspondiente a los 28°C, entre el 20% y el 50% de humedad, y entre este último punto y el punto definido por 26°C y 75% de humedad (figura 14.3).

En las zonas de confort se ha tenido siempre en cuenta que el individuo lleva ropa ligera de verano y que se encuentra en estado de actividad baja. Los cambios de estos factores también intervienen en la amplitud y posición de la zona de confort.

El uso de ropas diferentes en el interior de las viviendas en invierno y en verano contribuyen a modificar, ampliándola, la zona de confort.

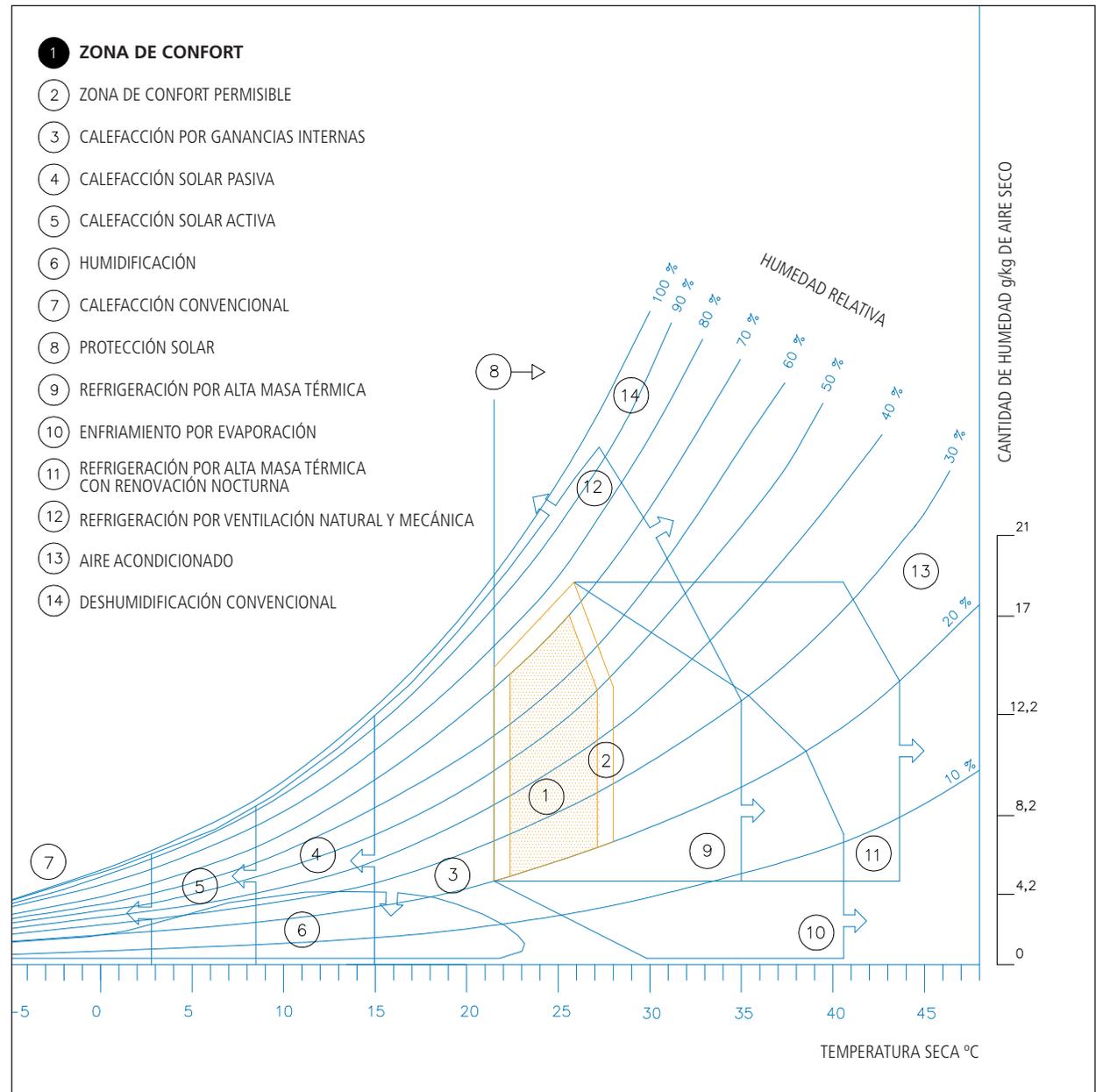


Figura 14.2. Carta bioclimática de givoni (28° latitud Norte)

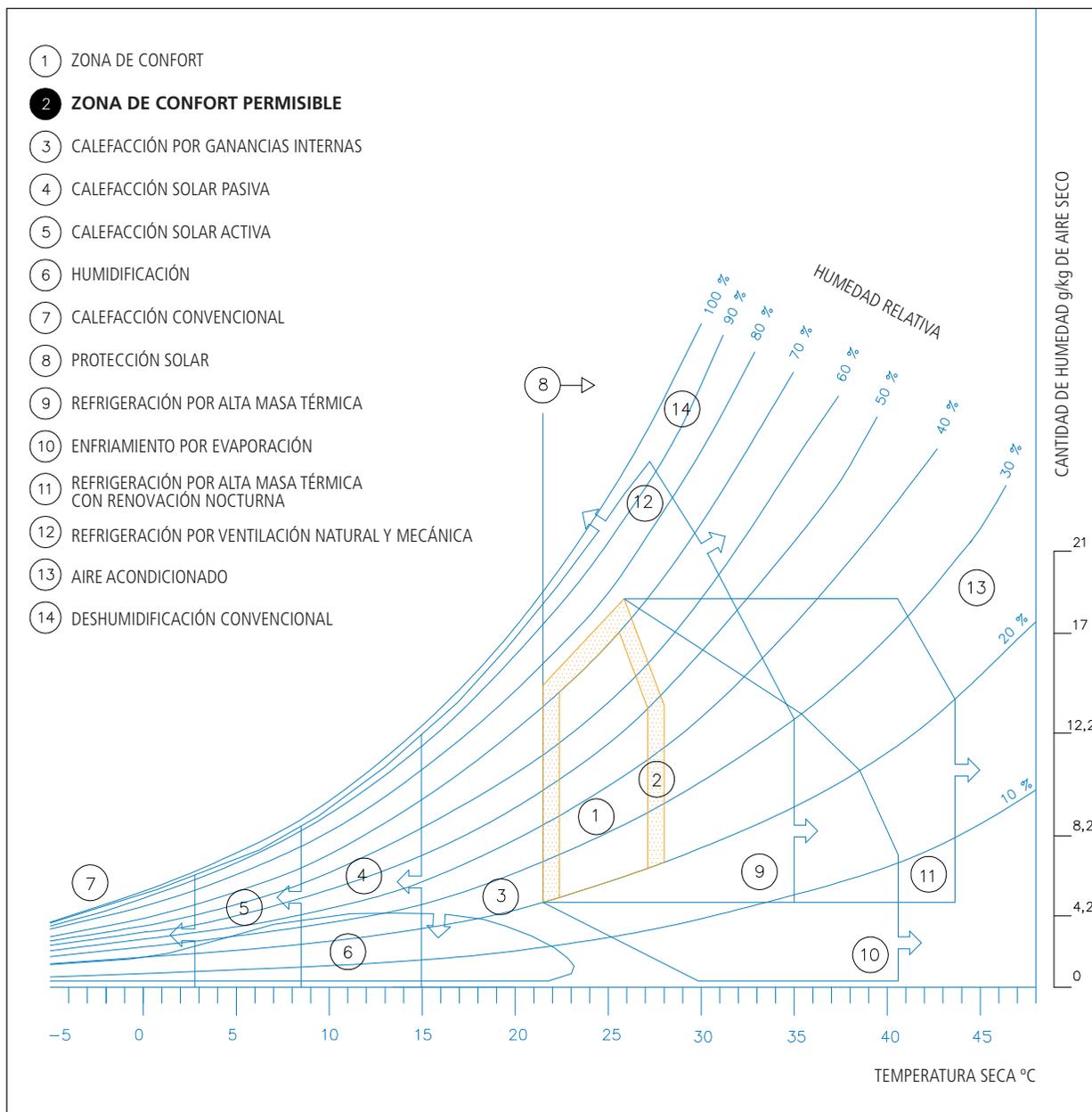


Figura 14.3. Carta bioclimática de givoni (28° latitud Norte)

La escala de medida del factor de corrección del vestido más admitida es el CLO . Esta escala va desde cero, cuando no hay ropa, hasta cuatro, que representa gruesa indumentaria polar, pasando por la unidad que corresponde a traje y ropa interior normales. La unidad se define como la resistencia que encuentra el calor para transmitirse desde la piel hasta la superficie exterior de la ropa.

En la tabla 14.1 se ven distintas combinaciones de ropa, su correspondiente factor CLO y las temperaturas de máximo confort térmico para individuos en reposo.

Como se puede observar, unas variaciones en la ropa relativamente pequeñas producen un gran efecto en la corrección de temperaturas, efecto que conviene tener en cuenta, en cuanto a la sensación de confort en los edificios que estemos diseñando.

Por otra parte, hay que contar con el factor de aclimatación del individuo, que también cambia los límites. Para unas determinadas condiciones climáticas, un individuo acostumbrado a ellas puede encontrarse confortablemente aún cuando los valores psicrométricos queden algo separados de los valores teóricos de gasto mínimo.

Como consecuencia de estos factores aparece la denominada zona de confort permisible como la ampliación de la zona de confort en la cual las condiciones ya no son exactamente de mínimo gasto de energía en el individuo para acoplarse a las condiciones del medio, pero en las que la sensación térmica resulta aceptable.

Factor ropa	Tipo de vestido	Máxima temperatura de confort
0	Desnudo	28,5°C
0,5	Ropa ligera de verano	25,0°C
1,0	Traje normal	22,0°C
1,5	Ropa de abrigo medio	18,0°C
2,0	Ropa con abrigo grueso	14,5°C

Tabla 14.1. Factor de Ropa. Temperatura de confort.

3. CALEFACCIÓN POR GANANCIAS INTERNAS

La zona del diagrama de Givoni denominada calefacción por ganancias internas, engloba las situaciones comprendidas entre los 15°C y los 21,5°C, en las que se consigue llegar a condiciones de confort mediante el aumento de la temperatura ambiente del recinto, que se da por el mero hecho de habitar (vivir o trabajar) en una construcción (figura 14.4).

Estas ganancias son las aportadas por los ocupantes, la disipación de calor de los equipos eléctricos, la pérdida de calor en procesos domésticos relacionados con la combustión, etc.

Es importante tener en cuenta este tipo de ganancias, ya que durante determinadas épocas del año serán suficientes para conseguir el confort en cualquier zona geográfica de Canarias donde ubiquemos la actuación.

La presencia de personas en el interior de un recinto modifica la temperatura ambiente debido ados efectos:

- La irradiación producida por las propias personas a los cuerpos de su alrededor, siempre y cuando la temperatura de éstos sea menor.
- El calor metabólico disipado por la actividad corporal de las personas, siendo mayor cuanto más activo sea el trabajo, como se puede observar en la tabla 14.2 de valores del calor producido por un hombre joven según el grado de actividad que desarrolle.

Actividad	Calor (W)
Sentado	115
Trabajo ligero de oficina	140
Sentado, comiendo	145
Andando	160
Trabajo ligero	235
Trabajo moderado o baile	265
Trabajo duro	440
Esfuerzo excepcional	1500

Tabla 14.2. Calor producido según actividad.
Basado en la tabla A.7.1. de la guía IHVE 1970. No hay datos concretos sobre niños, ancianos y mujeres.

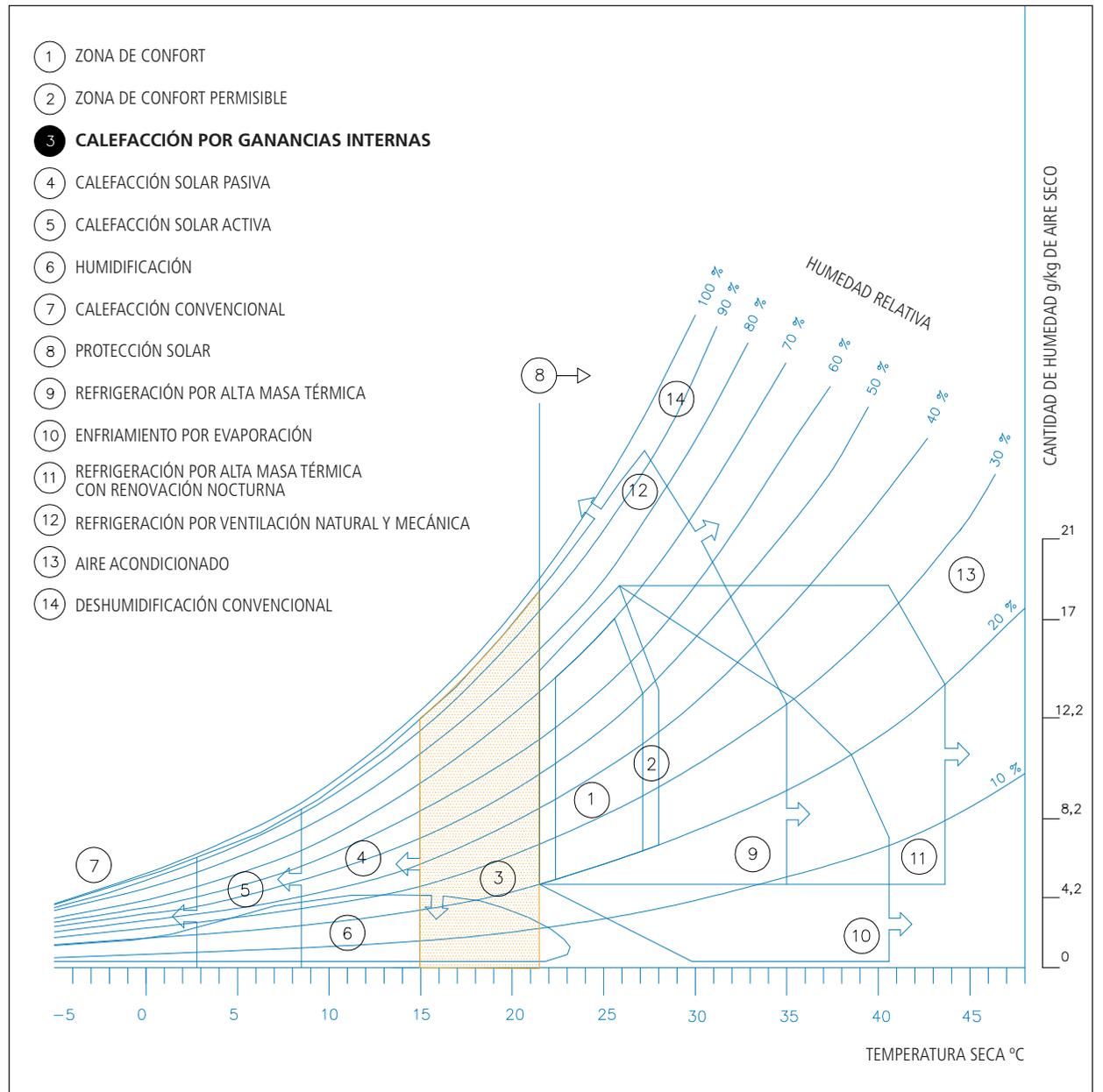


Figura 14.4. Carta bioclimática de givoni (28° latitud Norte)

Los equipos eléctricos, durante su funcionamiento, disipan calor, lo que se debe tener en cuenta a la hora de su distribución, ya que la concentración de estos equipos puede crear ambientes recalentados.

En algunos electrodomésticos la creación de calor es fundamental para realizar la función para la que han sido creados: planchas eléctricas, lavavajillas y lavadoras; en otros casos, frigoríficos y productores de frío, se debe extraer el calor del interior del aparato; y en otros, como los sistemas de iluminación, las pérdidas se producen por efecto Joule.

Otro foco de calor en la vivienda está relacionado con la elaboración de alimentos en hornos y cocinas, tanto si su funcionamiento se basa en el efecto Joule como si son de combustión.

La presencia de varios fumadores en un recinto también contribuye a la elevación de la temperatura del mismo.

Si se propone un uso continuado de la edificación y un buen aprovechamiento de estas fuentes de calor, para lograr una mayor eficacia de estas medidas existen una serie de aspectos que deben tenerse en cuenta:

- Este tipo de ganancias también se producen en las épocas de refrigeración, por lo que se deberán situar los equipos eléctricos en posiciones de fácil ventilación, o bien facilitar la extracción de aire a través de los mismos.
- Se deben evitar las pérdidas del calor obtenido, por ejemplo, mediante un correcto aislamiento del exterior.
- Se pueden utilizar elementos constructivos de gran masa térmica en el interior de la edificación para acumular el calor obtenido.

4. CALEFACCIÓN POR APROVECHAMIENTO PASIVO DE LA ENERGÍA SOLAR

En el diagrama de Givoni, el área comprendida entre las 8,5°C a 15°C de temperatura corresponde a las condiciones ambientales en las que se puede conseguir el confort en el interior de la vivienda por sistemas de aprovechamiento pasivo de la energía solar (figura 14.5).

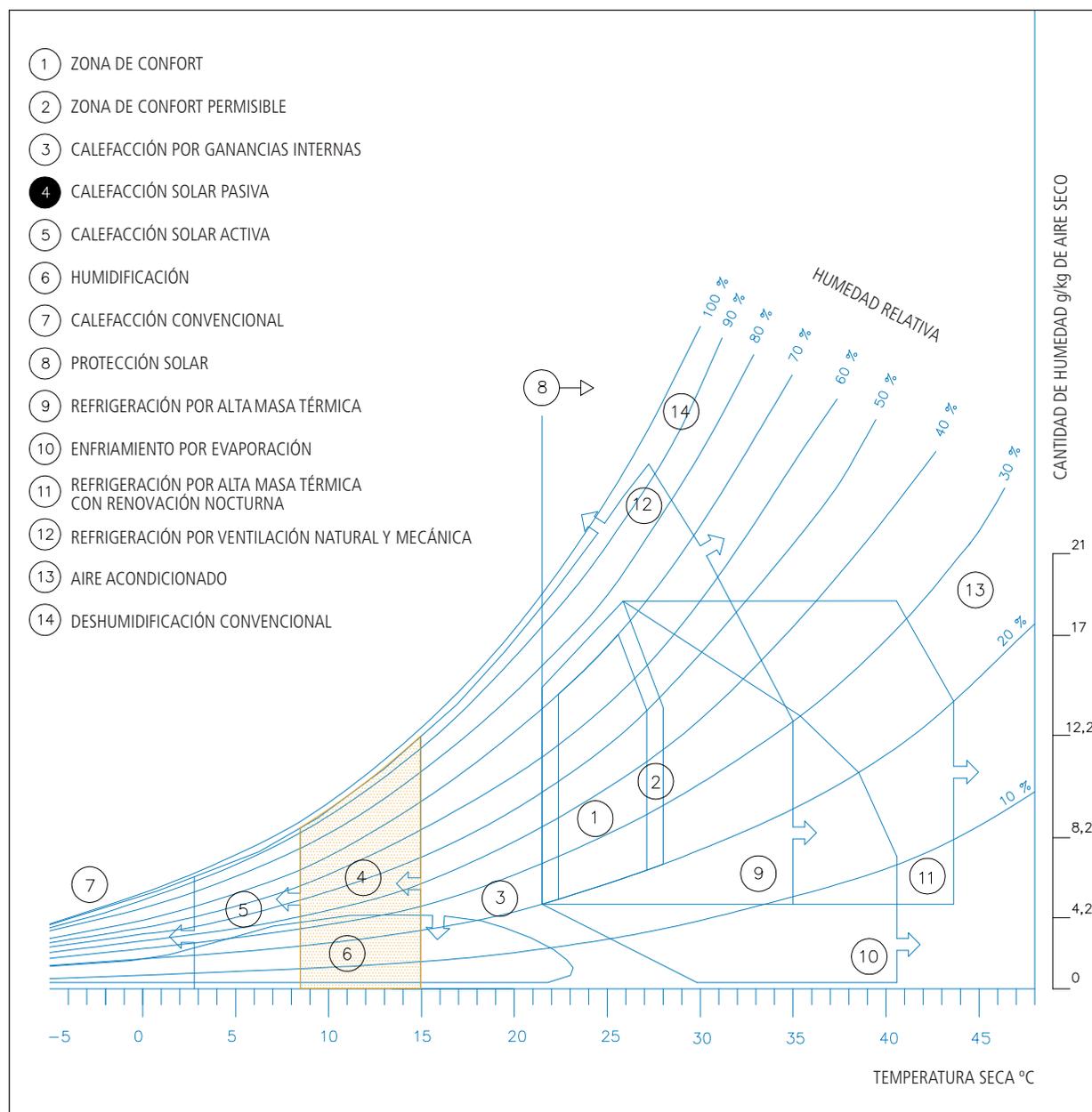


Figura 14.5. Carta bioclimática de Givoni (28° latitud Norte)

Con estos métodos se pueden cubrir la mayor parte de las necesidades de calefacción, en todo el territorio de la Comunidad Canaria, durante el invierno, con excepción de algunos lugares y en situaciones de más frío, en las que se necesita el apoyo de otros sistemas activos que se verán en apartados posteriores.

El diseño del edificio se concibe para favorecer la captación de calor solar en aquellas zonas en las que es posible, acumulándolo en elementos dispuestos para ello, y distribuirlo después a los locales que se desean calefactar, regulando también su flujo para cubrir las necesidades de calor a lo largo del tiempo.

En estos sistemas es fundamental el concepto de conservación: sería inútil todo el proceso si se dejase escapar el calor que se consigue introducir en el espacio interior, o si se perdiera la posibilidad de usar ese calor cuando ha cesado la radiación solar (disipación). (Ver apartado correspondiente al aislamiento).

Se distinguen tres sistemas, en estos modos de aprovechamiento solar, según sea la relación entre el sol y la estancia a calefactar. Estos sistemas pueden ser directos, indirectos e independientes:

- Sistemas directos son aquellos en los que la estancia se calienta por la acción directa de los rayos solares.
- Se llaman sistemas indirectos cuando la radiación solar incide primero en una masa térmica que está situada entre el sol y el ambiente a calentar.
- Se denominan independientes aquellos sistemas en los que la captación solar y el almacenamiento térmico están separados del espacio habitable.

En los procedimientos de aprovechamiento pasivo del calor solar intervienen tres tipos de elementos:

- Los elementos de captación, encargados de recoger la radiación solar.
- Los elementos de acumulación, encargados de la acumulación del calor captado.
- Los elementos de distribución, que se encargarán de repartir y de regular el calor acumulado de un modo adecuado en los diversos lugares y en los momentos en los que resulta necesario.

Una cuestión importante a señalar, es que, en todo caso y en mayor o menor medida (dependiendo del diseño y de las características termofísicas de los materiales empleados), hay elementos en los que confluyen las funciones de captación, acumulación y distribución. En los distintos apartados de este capítulo se irán tratando según la función predominante.

Como el aprovechamiento pasivo se basa en las propiedades de los materiales y los elementos que forman parte de la construcción, su funcionamiento como regulador del calor solar recibido en ellos, sobre todo en los sistemas directos e indirectos, no se reduce a las épocas frías sino que se da a lo largo de todo el año por lo que se volverán a citar estos modelos cuando se hable de la necesidad de refrigeración por un exceso de calor.

4.1. SISTEMAS DE CAPTACIÓN

Los elementos captadores de la radiación solar pueden pertenecer al edificio, clasificándose en este caso como directos e indirectos, o ser independientes del mismo.

4.1.1. SISTEMAS DE CAPTACIÓN DIRECTA

Básicamente se trata del aprovechamiento de la radiación que penetra directamente a través de los huecos de la fachada y de la cubierta (figura 14.6).

Se deben tener en cuenta las características de los propios huecos, las carpinterías y los vidrios elegidos.

Características del hueco

Orientación: La mejor orientación en Canarias para la captación de calor solar es la sur, al recibir una mayor cantidad de radiación durante el invierno, que es la época en que se necesita el concurso de estos sistemas.

Las orientaciones este y oeste, con similares características, son menos efectivas y pueden ser contradictorias con el régimen de necesidades anuales (son orientaciones inadecuadas para el verano).

Se pueden observar los diferentes valores de radiación en función de la orientación en la figura 14.7, adaptada del "Libro de la

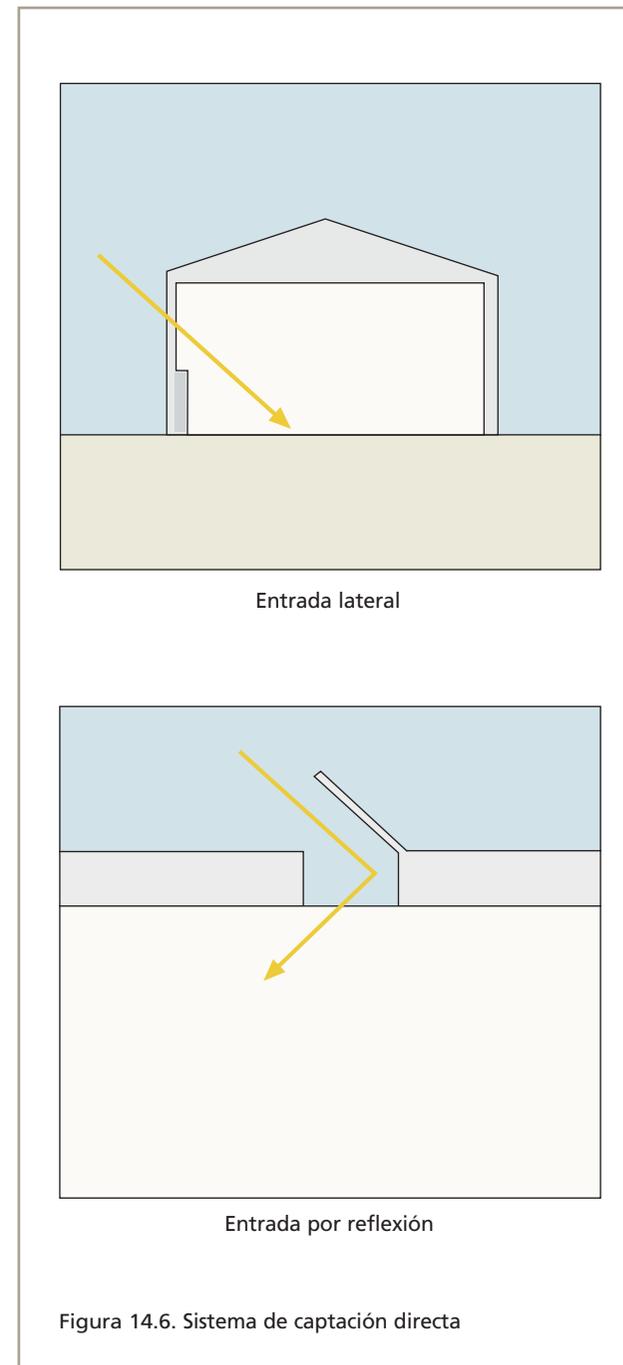


Figura 14.6. Sistema de captación directa

Energía Solar Pasiva de E. Mazria, con valores teóricos para una latitud de 28°. Se ha añadido, en línea discontinua, la radiación incidente en un plano horizontal, con datos procedentes del Atlas Climático de España.

Dimensiones: La forma y tamaño del hueco irán en función de la cantidad de calor necesario para el recinto; a mayor tamaño, mayores serán las ganancias solares, debiendo evitarse los riesgos de sobrecalentamiento. En este aspecto también influyen otros factores como son el uso del recinto, las vistas o la iluminación natural.

Los huecos horizontales en cubierta reciben la mayor cantidad de radiación en el verano, por lo que su utilización debe ir acompañada de un estudio para determinar las protecciones necesarias a adoptar en esta época para evitar que haya grandes sobrecalentamientos.

Posición relativa en la habitación: Es de gran influencia a la hora de la localización del elemento acumulador así como del sistema de distribución posterior. Hay que tener en cuenta que la radiación incidente sobre el mobiliario habitual es inútil, al ser de madera o materiales aislantes; por el contrario, si se utilizase un mobiliario de carácter masivo (de obra de fábrica, pétreo, etc), se podría utilizar como elemento acumulador.

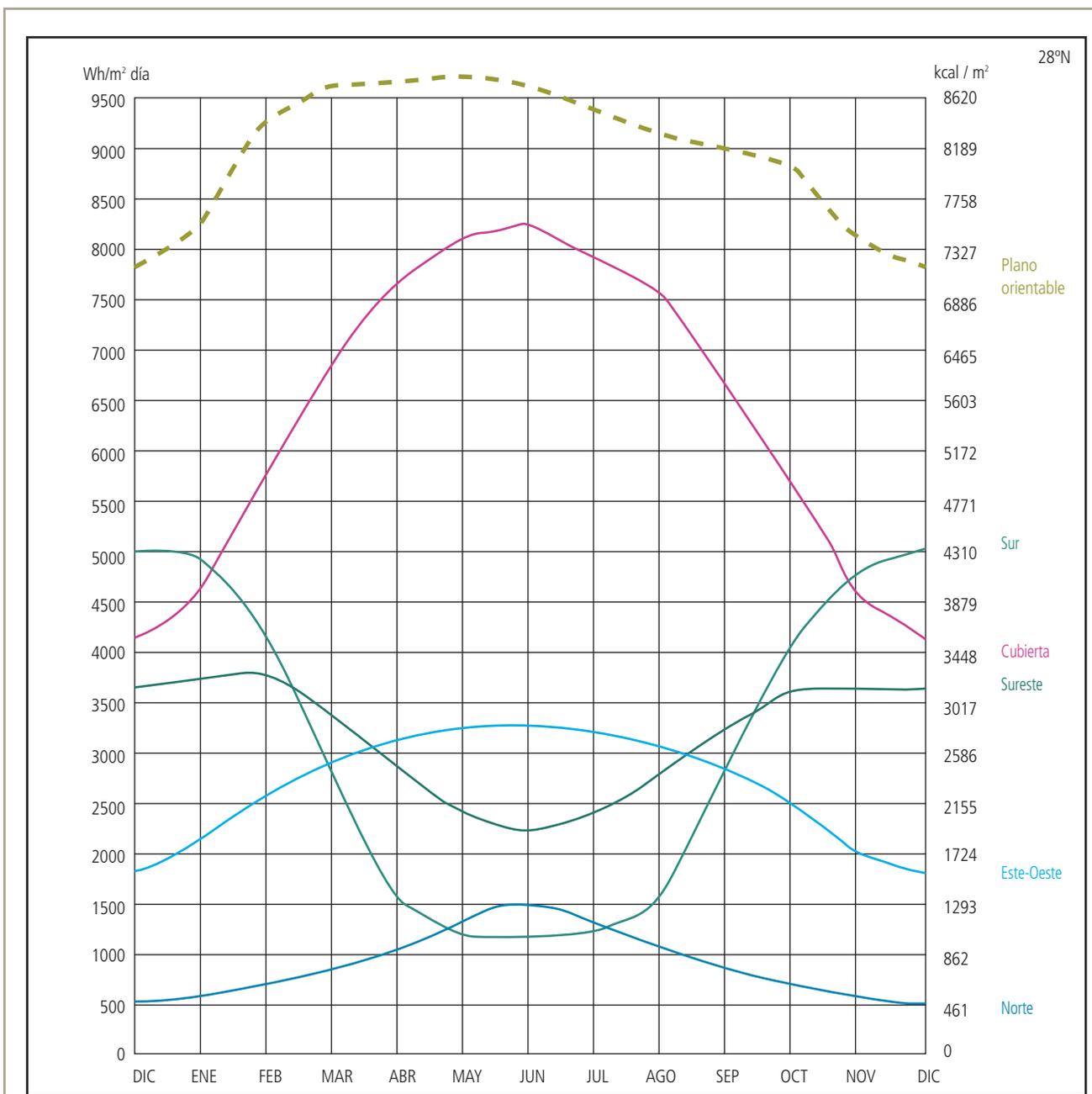


Figura 14.7. Aportes solares para un día despejado a través de superficies de vidrio en distintas posiciones (en Wh/m² y kcal/m²).

Factor	Material				
	Madera	Acero	Aluminio	Aluminio con rotura de puente térmico	PVC
Conductividad térmica (W/m K)	0,14	58	203	6,28	0,23
Espesor (cm)	4,5	0.8 - 1	4,5	5	6
U (W/m² K)	1,76	5,79	6,01*	3,02	1,74
Anchura (cm)	7 - 12	4 - 6	4 - 8	4 - 8	9 - 12
Sup. aproximada respecto a la del hueco (**)	50%	25%	30%	30%	55%
Coste de mantenimiento	Alto	Medio	Bajo	Bajo	Medio (***)
Coste medioambiental de fabricación y reciclado	Bajo, sobre todo en el caso de maderas de aprovechamiento	Medio. Posibilidad de reciclaje fácil	Medio-alto. Posibilidad de reciclaje	Medio-alto. Posibilidad de reciclaje	Alto. Posibilidad de PVC reciclado

Tabla 14.3. Características de los materiales utilizados en la carpintería

Cuadro de elaboración propia, adaptado del Estudio de Integración Medioambiental y Adecuación Energética en El Toyo, Almería.

(*) Depende del fabricante; (**) Superficie aproximada calculada para una ventana de 1.20 m x 1.20 m de dos hojas; (***) Las carpinterías de PVC pueden deteriorarse por el exterior en lugares con alta radiación solar. Se comercializan carpinterías mixtas metálicas en la cara exterior.

Transmitancia límite de huecos según CTE/HE-1										
Zona climática A3										
% Huecos	Transmitancia límite de huecos (U_{Hlim} (W/m² K))				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
					Baja carga interna			Alta carga interna		
	N	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
< 10	5,7	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
11 ≤ % ≤ 20	4,7 (5,6)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
21 ≤ % ≤ 30	4,1 (4,6)	5,5 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,60	-	-
31 ≤ % ≤ 40	3,8 (4,1)	5,2 (5,5)	5,7	5,7	-	-	-	0,48	-	0,51
41 ≤ % ≤ 50	3,5 (3,8)	5,0 (5,2)	5,7	5,7	0,57	-	0,60	0,41	0,57	0,44
51 ≤ % ≤ 60	3,4 (3,6)	4,8 (4,9)	5,7	5,7	0,50	-	0,54	0,36	0,51	0,39

Tabla 14.4. Transmitancia límite de huecos según CTE/HE1 para la zona climática A3

En los casos en que la transmitancia de muros sea inferior a 0,67 W/m² K, se podrá tomar el valor de U_{Hlim} indicado entre paréntesis.

Características de la carpintería

Interesan dos factores, el coeficiente U (transmitancia térmica del material) y la conductividad térmica que, unidos al tamaño de la sección de los marcos y cercos, influirán en el Coeficiente Global de Transmitancia Térmica U del hueco y en la superficie real de captación.

Si lo que se busca es la menor pérdida de superficie captora en la totalidad del hueco, interesa disminuir tanto el tamaño de la sección como la U; al menos es un factor a la hora del dimensionamiento de dichos huecos si se parte de una determinada superficie de captación.

Los materiales más usuales son el acero, la madera, el aluminio sencillo y con rotura de puente térmico, y el PVC. En la tabla 14.3 se pueden consultar las diferentes características de estos materiales, aunque estos valores pueden variar en función de las posibles mejoras que se practiquen en el material, lo que ha llevado a la fabricación también de carpinterías mixtas.

En los casos en que la transmitancia de muros sea inferior a 0,67 W/m²K, se podrá tomar el valor de U_{Hlim} indicado entre paréntesis.

Características del vidrio

(Ver también estrategia 08 de Givoni, Protección solar, “los medios en la piel del hueco”).

Entre los factores y coeficientes que definen los tipos de vidrios, los más usuales son el Factor de Transmisión (FT), y la Transmitancia Térmica (U).

Si se busca un aumento de la captación, se favorecerá la entrada de radiación eligiendo un vidrio con un alto valor del Factor de Transmisión (FT), y se evitarán las pérdidas de calor, buscando un vidrio con bajo valor de la Transmitancia Térmica U.

También pueden utilizarse vidrios que eviten el efecto de recalentamiento en orientaciones o climas en que se necesiten adecuaciones al exceso de calor en el exterior.

Seleccionando los parámetros adecuados para las necesidades requeridas se puede controlar, con la elección del vidrio que los cumpla, la radiación solar, la iluminación natural, etc. que se tengan en el interior del recinto.

Los valores varían de unos fabricantes a otros, por lo que para una información más concreta, en los anexos finales, se adjunta una tabla con todos los valores particulares de diferentes tipos de vidrio y sus combinaciones.

En la tabla 14.6 se dan un abanico de valores de los principales factores que intervienen para diversos tipos de vidrios.

Se puede mejorar el comportamiento acústico de los vidrios dobles colocando espesores diferentes: 6+c+4, 6+c+5, 10+c+6; por ejemplo, de un vidrio 6+c+6 con 30 dBA, se podría pasar a 6+c+5 con 35 dBA sin tener variación en el comportamiento térmico ya que éste depende fundamentalmente de la cámara, y con ahorro de material y peso pasaría de 30 a 25 kg/m². El tamaño de las ventanas captoras depende de varios factores: orientación, características del vidrio, etc., pero muy simplificada podría recomendarse, para un clima templado como el canario, que la superficie de ventana captora al sur, en relación a la superficie útil del local a calefactar se aproximase a los valores de la tabla 14.7.

Temp. media exterior enero	Superficie de ventana al Sur en % de superficie útil de local con vidrio sencillo	
	Zona A3	Zona B3
De +8°C a + 12°C	12%	16%
> +12°C	10%	14%

Tabla 14.7. Porcentaje de superficie de ventana al sur respecto a superficie útil del local (vidrio sencillo)

Escogiendo los valores más bajos en altitudes menores a 800 m (Zona A3 según nuevo Código Técnico) y los más altos en las altitudes superiores a 800 m (B3 según nuevo Código Técnico)

Estos valores son para ventanas con vidrio simple con un factor solar del 85% aproximadamente; si se colocasen vidrios dobles, de baja emisividad, etc., con factor solar más bajo, habría que aumentar el tamaño de la ventana según el % de disminución del factor solar del vidrio.

Transmitancia límite de huecos según CTE/HE-1										
Zona climática B3										
	Transmitancia límite de huecos (U_{Hlim} (W/m ² K))				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
					Baja carga interna			Alta carga interna		
% Huecos	N	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
< 10	5,4 (5,7)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
11 ≤ % ≤ 20	3,8 (4,7)	4,9 (5,7)	4,9 (5,7)	5,7	-	-	-	-	-	-
21 ≤ % ≤ 30	3,3 (3,8)	4,3 (4,7)	4,3 (4,7)	5,7	-	-	-	0,57	-	-
31 ≤ % ≤ 40	3,0 (3,3)	4,0 (4,2)	4,0 (4,2)	5,6 (5,7)	-	-	-	0,45	-	0,50
41 ≤ % ≤ 50	2,8 (3,0)	3,7 (3,9)	3,7 (3,9)	5,4 (5,5)	0,53	-	0,59	0,38	0,57	0,43
51 ≤ % ≤ 60	2,7 (2,8)	3,6 (3,7)	3,6 (3,7)	5,2 (5,3)	0,46	-	0,52	0,33	0,51	0,38

Tabla 14.5. Transmitancia límite de huecos según CTE/HE1 para la zona climática B3

En los casos en que la transmitancia de muros sea inferior a 0,58 W/m² K, se podrá tomar el valor de U_{Hlim} indicado entre paréntesis.

Tipo de Vidrio	Espesor (mm)	Factores				U (W/m ² k)	Atenuación acústica R (dBA)	Peso	Leyenda de Códigos: e: Espesor del vidrio en mm. La cámara se considera de 6, 8 y 12 mm. Tl: Factor de Transmisión Luminosa (%). Relación del flujo luminoso transmitido respecto al flujo luminoso incidente. Te: Factor de Transmisión Energética (%). Relación del flujo energético transmitido a través del vidrio respecto al flujo energético incidente. Fs: Factor solar (%). Relación entre la energía total que entra en un local a través de un acristalamiento y la energía solar que incide sobre él. U: Transmitancia Térmica (W/m ² K)
		Transm. luminosa %	Transm. Energética %	Factor solar %					
Simple Normal	4	91	90	91	5,80	29	10		
	6	89	82	85	5,57	30	15		
	10	88	76	80	5,45	32	25		
Simple Absorbente	6	14-32	26-46	35-52	6,59	30	15		
Simple Reflectante	6	44-74	44-72	57-78	5,57	30	15		
Doble Normal	6+6+6	80	66	72	3,36	30	30		
	6+8+6	80	66	72	3,25	30	30		
	6+12+6	80	66	72	3,02	32	30		
Doble Absorbente	6+12+6	38-67	38-58	47-67	3,02	32	30		
Doble Reflectante	6+12+6	4-37	3-38	11-45	3,02	32	30		
	6+6+6	4-78	3-62	65	2,55	30	30		
Doble Baja Emisividad	6+8+6	4-78	3-62	65	2,20	30	30		
	6+12+6	4-78	3-62	65	1,74	32	30		

Tabla 14.6. Tabla comparativa de vidrios

Los datos proceden de documentación técnica proporcionada por diversos fabricantes.

La duplicidad de datos está en función de la combinación específica, así como del fabricante.

Fuente: "Criterios de Sostenibilidad para la Rehabilitación Privada de Viviendas en Madrid", M. de Luxán, M. Vázquez, R. Tendo, G. Gómez, E. Román y M. Barbero.

4.1.2. SISTEMAS DE CAPTACIÓN INDIRECTOS

La radiación solar se aprovecha a través del comportamiento térmico de alguno o algunos de los elementos constructivos del edificio. En este caso el sistema captor coincide con los de acumulación y distribución.

La cantidad de radiación captada varía según parámetros cuantitativos (densidad, calor específico, número de capas y espesor de las mismas e inercia) y cualitativos (tipo de acabado y color del mismo y orden de las capas en relación con el flujo de calor) del material o materiales que constituyen cada elemento.

En Canarias no son necesarios, y si se usan debe ser con la precaución de no producir sobrecalentamientos en épocas de necesaria refrigeración (como el verano).

4.1.3. SISTEMAS DE CAPTACIÓN INDEPENDIENTES

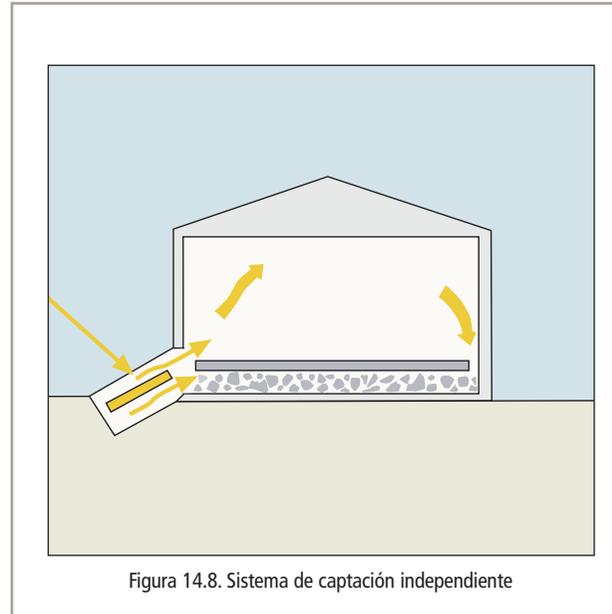
La radiación incide en elementos externos e independientes del recinto que se desea calefactar. La transferencia de calor se realiza a través de conductos. El rendimiento de estos sistemas puede mejorar con la aplicación de medios mecánicos de impulsión.

Termosifón. Sistema similar al indirecto por suelo que se verá en el apartado de sistemas de acumulación independiente, pero los elementos captadores y acumuladores están separados de la construcción y forman una unidad exenta (figura 14.8).

Caja solar-invernadero. Invernadero separado de los paramentos en contacto con el recinto. Se debe usar con precaución ya que tiene que poder protegerse de la radiación solar durante los meses más cálidos para evitar sobrecalentamientos.

4.2. SISTEMAS DE ACUMULACIÓN

En el aprovechamiento pasivo la acumulación de calor se basa en las cualidades termofísicas de los materiales y se traduce en forma de calor latente y calor sensible. Existen más formas de acumulación de energía pero por la necesidad de utilizar aparatos de regulación y control se engloban dentro del capítulo correspondiente a la calefacción solar activa.



Calor latente

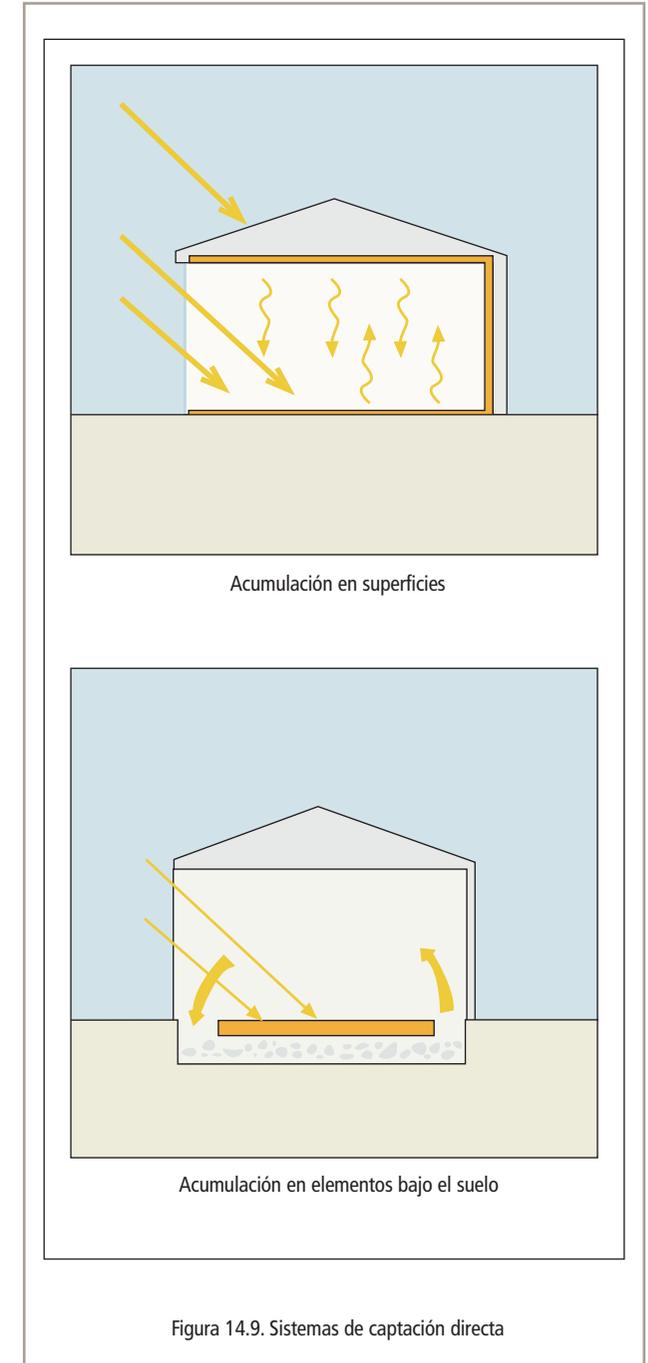
Es el calor que se aporta o se desprende al realizarse un cambio de estado de una sustancia.

En algún caso en particular se podría usar esta propiedad para la acumulación pasiva al no precisar de ningún mecanismo exterior, pero por lo general se usa en sistemas activos en los que la acumulación se realiza de forma centralizada dada la gran cantidad de calor absorbido y desprendido.

Calor sensible

Se basa en la inercia térmica de los materiales, acumulando y radiando el calor de una forma gradual por la simple diferencia de temperaturas y su tendencia natural a equilibrarse.

Cada material y/o combinación de materiales tiene modos propios de comportamiento ante el calor: capacidad de acumulación y propiedades emisoras. Por ello, la selección del material, la densidad y el espesor de los elementos permitirá el control por parte del diseñador de las horas y modos de funcionamiento del sistema.



Los materiales que suelen usarse para el almacenamiento del calor suelen ser agua, debido a su elevada capacidad calorífica, o elementos de fábrica de bastante espesor, debido a su masa térmica.

4.2.1. ELEMENTOS DE ACUMULACIÓN DIRECTOS

Se corresponden con los sistemas de captación directa. La acumulación se realiza en la masa de los materiales con los que se construyen los recintos calefactados, paredes, suelos o techos.

Cuando interesa que la acumulación sea grande se debe tener en cuenta que los materiales que forman el elemento acumulador deben tener una elevada inercia térmica. Normalmente se utilizarán en los suelos o en las paredes que reciben directamente el soleamiento (figura 14.9).

Los elementos acumuladores se deben disponer donde mayores sean las variaciones de temperatura: superficies vidriadas (captoras), locales periféricos...

Se debe evitar la concentración puntual de la masa. Si se requieren ciclos cortos de oscilación, debe reducirse el espesor de los elementos. Estos aspectos no ocurren si la masa está formada por agua.

En este tipo de captación-acumulación hay que tener cuidado con los elementos como cortinas, alfombras, mobiliario de madera, superficies reflectantes, etc. porque al ser materiales aislantes no acumulan calor, por lo que un exceso de los mismos puede anular el efecto deseado y limitar el calentamiento al aire de la estancia, con el consecuente enfriamiento en el momento en que deja de haber radiación solar.

Los muros de cerramiento son un elemento idóneo para la acumulación dado su gran superficie aunque debería adoptarse una solución de muro en la que el material pesado se encontrase al interior y los ligeros y los aislamientos por el exterior sobre todo por las condiciones de verano.

4.2.2. ELEMENTOS DE ACUMULACIÓN INDIRECTOS

En los sistemas de aporte de calor indirecto, los elementos captadores son a la vez elementos acumuladores y reguladores de la ener-

gía calorífica. En general se puede decir que, con mejor o peor funcionamiento, el conjunto de las superficies envolventes del edificio conforman un sistema de aporte indirecto de energía solar. Indudablemente hay ingenios que mejoran la captación y regulación formando elementos específicos, algunos de los cuales se citan al final de este apartado.

Los elementos de la piel externa del edificio interceptan la radiación exterior e impiden el paso directo de la misma y debido a su calor específico, acumulan el calor y lo transmiten al interior de forma gradual y retardada.

La onda calorífica incidente en la cara exterior del elemento, muro o cubierta, llega al interior con un retraso que se denomina "desfase" sufriendo una disminución de su amplitud denominada "amortiguamiento".

El estudio pormenorizado se realiza en función de la situación de cada elemento en el edificio: cubierta, fachada y terreno.

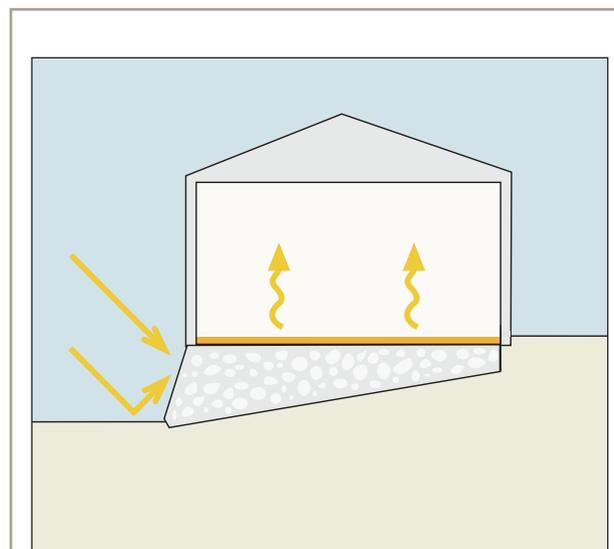


Figura 14.10. Sistema de acumulación indirecta.
Acumulación en el terreno

Por el terreno

El depósito de calor es el terreno situado debajo de la edificación, pudiendo aprovechar un doble origen de la energía, la solar y la geotérmica, en función de la profundidad a la que situemos el elemento acumulador.

El terreno, se puede considerar como una masa infinita, que mantiene una temperatura bastante estable, a pesar de las oscilaciones térmicas del exterior, por lo que, en las zonas más frías sería obligatorio el aislamiento perimetral, para evitar pérdidas de calor hacia el terreno.

Pueden, sin embargo, hacerse ingenios para que el aporte de energía solar sea por el suelo.

El depósito acumulador de calor, bajo el forjado del piso de planta baja, está formado por un lecho de agua o materiales pétreos o la combinación de ambos que se aísla en las zonas de contacto con el terreno (figura 14.10).

La captación de energía solar, se realizaría por medio de una superficie adosada a la edificación, orientada al sol.

La cesión de calor se realiza por convección y por radiación, provocando la existencia de corrientes de aire calentado al hacerlo pasar por el lecho caliente.

Otro sistema de adecuación al medio, aunque en principio no interviene el calor solar, puede estimarse cuando la estancia se desarrolla total o parcialmente excavada en el terreno, o enterrada por acumulación de masas de tierra de gran espesor, con lo que se aprovecha la estabilidad térmica del subsuelo.

Son sistemas muy eficientes para situaciones climáticamente extremas.

El amortiguamiento de las oscilaciones térmicas va en función del espesor del terreno:

Día - noche	0,20 a 0,30 m
Varios días	0,80 a 2,00 m
Invierno - verano	6,00 a 12,00 m

Otros aspectos a tener en cuenta a la hora de diseñar este tipo de medidas son:

- Extremar las medidas en presencia de humedad (pueden aparecer humedades, mohos, en zonas húmedas sobre todo en épocas estivales).
- Cuando el clima exterior sea predominantemente confortable, no conviene la total excavación del edificio.
- Debe evitarse excavar en terrenos de arcillas expansivas, así como en laderas desprovistas de defensas ante la erosión.

Por la cubierta

Debido la inclinación solar de verano en la latitud canaria y que las estrategias a utilizar serán predominantemente de defensa de la radiación solar, en este manual se desaconseja la acumulación en los forjados de cubierta para evitar sobrecalentamientos, especialmente durante los meses más cálidos del verano.

Por las fachadas

Los sistemas de captación-acumulación indirecta en muros se pueden aumentar con determinados sistemas como son el muro invernadero y el muro Trombe basados ambos en la impermeabilidad del vidrio frente a la radiación de baja longitud de onda.

- Muro invernadero: La radiación penetra en un invernadero adosado a una pared del edificio en contacto con el recinto interior vividero que se pretende calefactar.
- Muro Trombe: La radiación es interceptada directamente tras una superficie colectora de vidrio por un muro de gran capacidad calorífica que forma parte del cerramiento del edificio.

Para el clima canario estos sistemas deben ser protegidos, sombreados exteriormente o desmontables en verano, ya que se producen sobrecalentamientos que hacen inconfortables los recintos que están bajo su influencia.

La capacidad de acumular calor de un material depende de su capacidad calorífica (efusividad) característica o coeficiente de acumulación térmica. Este valor es directamente proporcional al producto del calor específico, la conductividad térmica y la densidad aparente.

4.3. SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

Son variables y están en función del sistema de captación y acumulación adoptado. El calor captado y acumulado puede ser distribuido tanto a la totalidad de la superficie del propio recinto de captación (distribución directa) como a otros recintos (distribución indirecta).

4.3.1. DISTRIBUCIÓN DIRECTA, SUPERFICIAL

El elemento acumulador transmite el calor por radiación y por convección.

La transmisión por radiación se produce por la diferencia de temperatura entre el elemento acumulador y el resto del recinto.

La transmisión por convección se produce al calentarse el aire en contacto con el elemento y provocarse la circulación por diferencia de presión en el recinto.

En ambos casos, la posición del elemento acumulador, tanto si se trata de un solo recinto como de varios, debe estar situado de tal modo que la distribución sea lo más homogénea posible, a fin de evitar zonas sobrecalentadas.

4.3.2. DISTRIBUCIÓN INDIRECTA, POR CONDUCCIONES DE AIRE

Se trata de hacer circular el aire previamente por el interior del elemento acumulador, aumentando su temperatura, y favorecer después su circulación por los recintos a calentar, de modo que se produzca un movimiento de renovación del aire del interior (figura 14.11).

No es conveniente hacer recircular siempre el mismo aire del recinto, ya que se produciría un "viciado", o pérdida de calidad del aire interior. Por ello se debe aportar aire exterior, en proporción y con los sistemas de intercambio de calor adecuados, para aprovechar parte del aire de recirculación así como el calor del aire interior que se va a renovar.

Cualquiera de los sistemas completos que se dispongan en el edificio se obtendrán por la combinación de algunos de los elementos vistos en este apartado, combinación que rea-

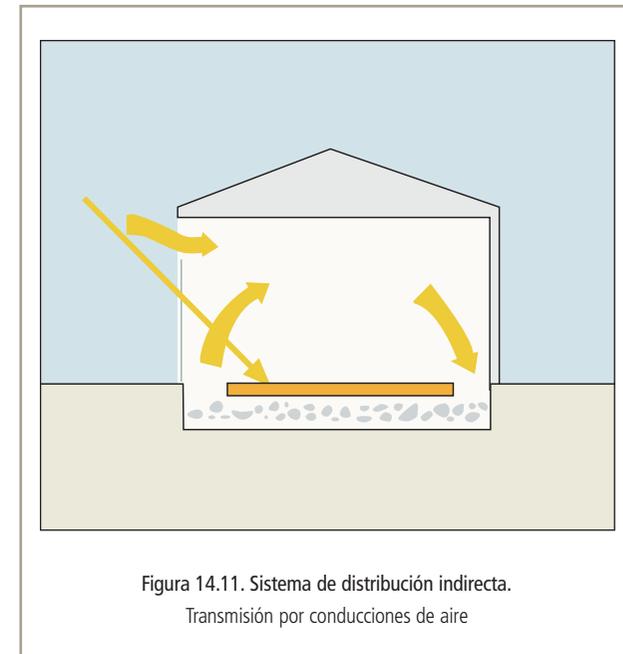


Figura 14.11. Sistema de distribución indirecta.
Transmisión por conducciones de aire

lizará el diseñador del edificio según su criterio, aunque la recomendación es que deben ser sistemas de sencillo funcionamiento y construcción, así como de fácil mantenimiento, por no decir nulo, y deben estar integrados en el diseño global del edificio.

Para que este tipo de sistemas de aprovechamiento pasivo se puedan utilizar, es importante que existan grandes oscilaciones de temperaturas noche-día, así como tener un alto nivel de radiación solar, aspectos que en general se cumplen en toda Canarias.

Teniendo en cuenta que en Canarias existen climas calificados como benignos, la recomendación es no tender a cubrir las necesidades al 100% de todos los días y todas las horas, ya que la exageración dentro de una misma solución no mejorará el sistema, pudiendo provocar diferentes problemas:

- a) Riesgos de sobrecalentamiento en determinados períodos cercanos al confort.
- b) Aumento de costos iniciales.

Los sistemas de calefacción auxiliar de apoyo, a utilizar para cubrir los momentos más críticos, deben ser de poca inercia (paneles eléctricos, chimeneas), puesto que el edificio impone su propio ritmo.

La ventaja de los sistemas pasivos es la economía de su construcción siempre que sean tenidos en cuenta en el diseño del edificio, ya que pueden resolverse con materiales habituales en el mercado y de bajo coste.

A la hora del dimensionamiento de los elementos adoptados, hay que tener en cuenta su comportamiento durante la época estival, de tal modo que no se creen situaciones inconfortables, o aplicar, en su caso, las medidas de protección necesarias para ello.

5. CALEFACCIÓN POR APROVECHAMIENTO ACTIVO DE LA ENERGÍA SOLAR

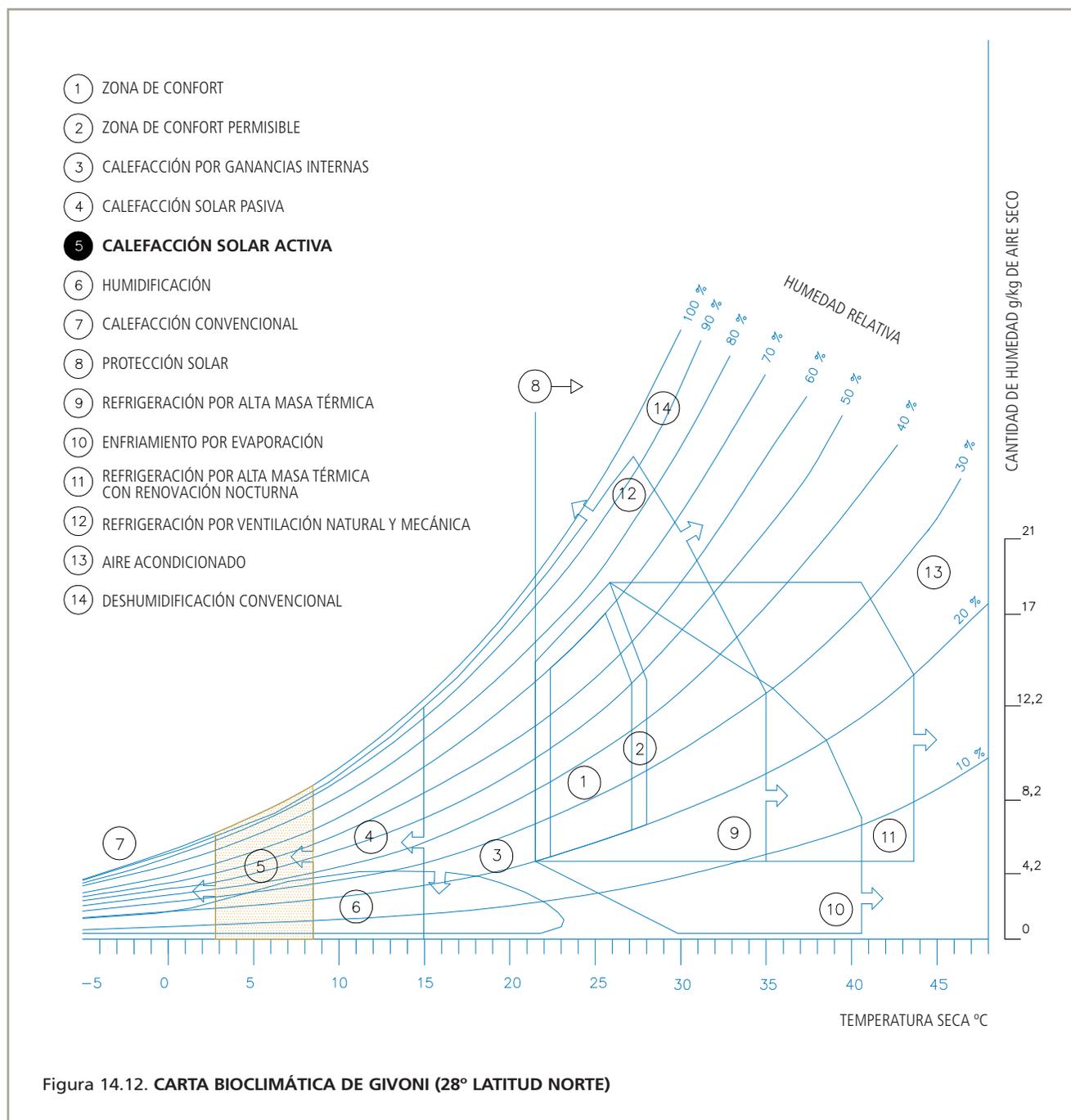
El área definida como calefacción solar activa es la comprendida entre las temperaturas de 2,5°C y 8,5°C del diagrama de Givoni (figura 14.12).

Para corregir la situación interna de la edificación y llegar a las condiciones de confort es preciso un aporte de energía en forma de calor. Esta energía se obtiene del medio ambiente, pero ya no basta con sistemas pasivos, siendo necesario el uso de algún tipo de energía convencional para la alimentación de los mecanismos de apoyo (bombas, ventiladores, controles, motores,...) que aumentan y potencian la ganancia de calor.

Al igual que en la calefacción por aprovechamiento pasivo de la energía solar, el aprovechamiento activo se basa en la captación, acumulación y distribución, haciendo hincapié en los mecanismos ajenos que aumentan el rendimiento.

Es fundamental el concepto de conservación. Sería inútil todo el proceso si se dejase escapar el calor que se consigue introducir en el espacio interior, o si se perdiera la posibilidad de usar ese calor cuando ha cesado la radiación solar (disipación). (Ver apartado correspondiente al aislamiento).

A la vista de los climogramas estudiados para Canarias, este sistema no sería necesario en un 80% de los casos.



5.1. SISTEMAS DE CAPTACIÓN

En el aprovechamiento activo de la energía solar los elementos captadores pueden ser mecanismos activos independientes de alto rendimiento o mecanismos que aumenten el rendimiento de la captación pasiva (figura 14.13).

Mecanismos activos

Los elementos captadores activos de la radiación solar son en general de dos tipos, con fundamentos y usos diferentes.

En unos, la captación de la radiación se hace en forma de calor. Los captadores domésticos basados en este principio, lo hacen a través del calentamiento de un fluido que recorre un serpentín, bien por condiciones naturales, bien por impulsión. En las grandes centrales solares se usa la concentración de los rayos solares de un gran área por medio de reflectores. El calor así obtenido mueve una turbina para producción de energía.

Otro tipo de captadores solares recoge la energía solar en forma de energía eléctrica a través de módulos fotovoltaicos.

En los captadores domésticos se producen temperaturas no demasiado elevadas en los meses fríos con lo que suponen una solución para los sistemas de calefacción por baja temperatura. Existen captadores que consiguen temperaturas superiores, similares a los quemadores de la calefacción convencional. Es siempre recomendable la utilización de sistemas cerrados por la dureza del agua, que daña los mecanismos del sistema y redundaría en un mayor mantenimiento de los equipos.

Mejora de la captación pasiva

Otro sistema activo consiste en la mejora de los sistemas de captación pasiva. Esto puede hacerse:

- Por medio de reflectores que concentren la radiación en las zonas deseadas.
- Por la automatización de movimientos de elementos aislantes o de cierre.
- Con el uso de espejos y reflectores controlados y accionados con mecanismos externos para evitar el efecto contrario.

5.2. SISTEMAS DE ACUMULACIÓN

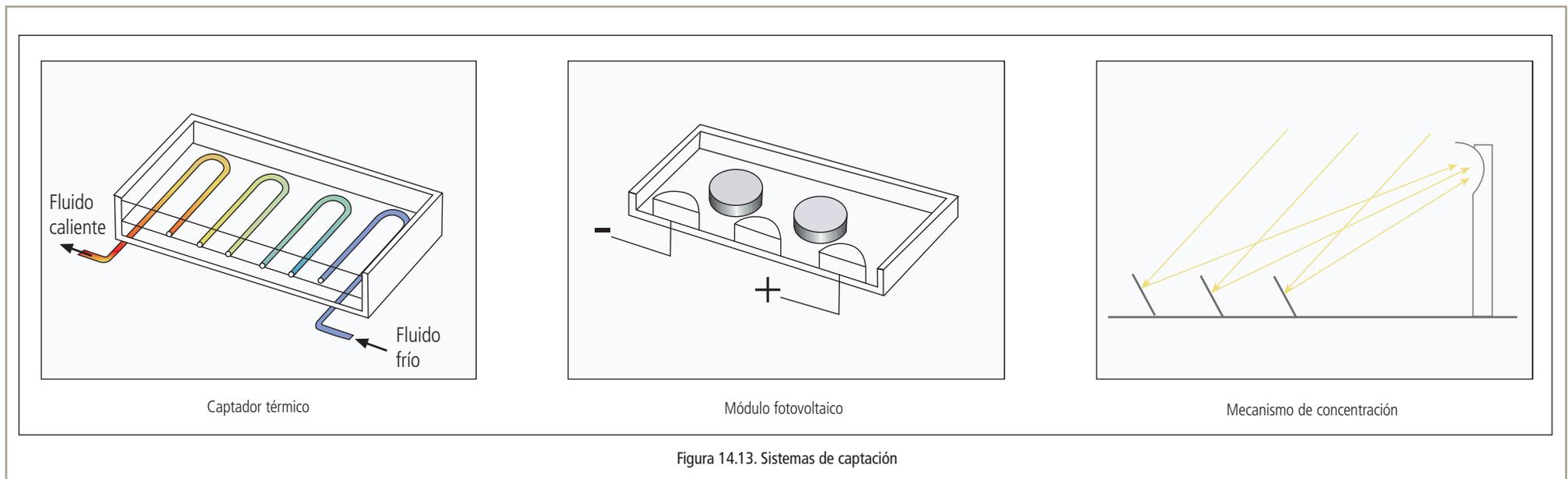
Mientras que el aprovechamiento pasivo directo e indirecto de la energía solar utiliza, para la acumulación del calor, la masa de los elementos del edificio (muros, fachadas, cubiertas, soleras,...), en el aprovechamiento activo la acumulación se realiza en "depósitos" localizados y centralizados.

Energía eléctrica

De la energía solar se puede obtener electricidad por dos métodos: utilización de células fotovoltaicas, o producción de vapor de agua y una turbina.

En ambos casos es precisa la captación mediante un panel sofisticado con células fotovoltaicas o con reflectores y lentes que permitan la concentración de los rayos solares para elevar la temperatura del agua hasta la evaporación.

La electricidad obtenida se puede acumular como tal en baterías o se puede transformar en otras energías, teniendo en cuenta que cuantas más transformaciones se hagan y cuanto menor sea la cantidad de energía, menores serán los rendimientos.



Energía potencial

La electricidad se emplea en elevar masa de agua a una determinada altura para su posterior uso.

Energía química

La electricidad se usa para provocar la electrólisis del agua y obtener hidrógeno que puede guardarse para su posterior uso.

Energía calorífica

La energía en forma de calor puede almacenarse aprovechando la capacidad calorífica de algunos materiales o por el calor latente de algunas sustancias cuando cambian de estado.

5.3. SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

La distribución del calor desde el elemento de acumulación hasta las dependencias a calefactar debe adaptarse a las circulaciones de la casa y, en cualquier caso, no entorpecer la vida en la misma.

La forma mas cómoda para la distribución es mediante fluidos, siendo el agua y el aire los más cómodos y usuales por el fácil mantenimiento y sustitución (figura 14.14).

Para la circulación de estos fluidos se usan bombas en el caso del agua y ventiladores y extractores cuando se trata de aire.

Como ya se ha indicado, los captadores solares habituales no pueden alcanzar en el fluido de distribución temperaturas muy altas, por lo que son muy eficaces en los sistemas de calefacción de baja temperatura en cualquiera de sus formas:

- Por aire caliente.
- Por radiadores de zócalo.
- Por suelo radiante.

La distribución debe realizarse en el momento adecuado para evitar que se suministre calor cuando no haga falta, con posibles problemas de sobrecalentamiento.

Los sistemas de calefacción solar activa se pueden aplicar a una vivienda de diseño y construcción convencional, especialmente a las viviendas ya existentes.

Un perfecto aprovechamiento de la radiación solar se obtiene cuando se combinan los dos sistemas pasivo y activo de energía. El calor obtenido puede ser mayor y más controlado.

Aunque se está tratando específicamente de la construcción de la vivienda bioclimática, las medidas aquí descritas para obtención de agua caliente son aplicables a la producción de agua caliente sanitaria. La determinación de la superficie necesaria por usuario está en función del tipo de captador, la orientación, la latitud y las condiciones particulares de la zona.

En general podría decirse que en Canarias la mejor posición para equipos activos de captación solar sería con orientación al Sur (con una desviación posible de hasta 15° Este a 15° Oeste) y una inclinación de 28° + 10° con la horizontal para equipos que funcionen en invierno (calefacción) y una inclinación de 28° - 10° con la horizontal para equipos que deban funcionar todo el año (agua caliente sanitaria, fotovoltaica, etc.). En todo caso se recomienda consultar a los fabricantes e instaladores de los equipos que se vayan a instalar.

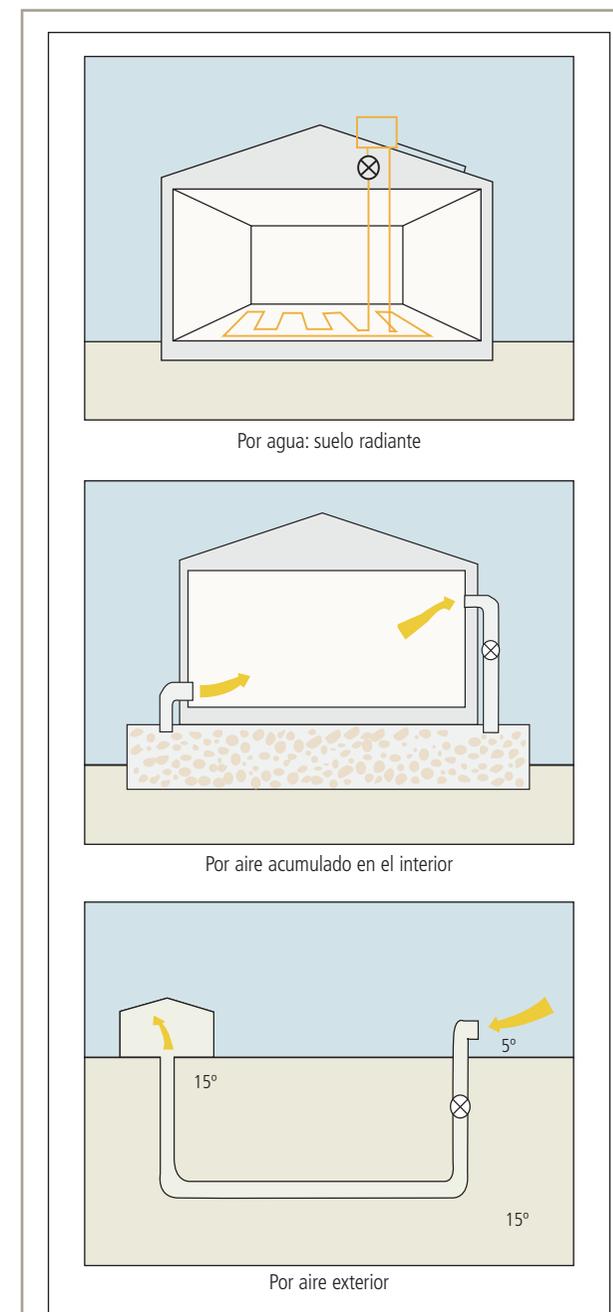


Figura 14.14. Sistemas de distribución

REFERENCIA AL NUEVO CÓDIGO TÉCNICO

La Exigencia Básica HE 4 "Contribución Solar Mínima de Agua Caliente Sanitaria" sostiene que "en los edificios con previsión de demanda de agua caliente sanitaria una parte de las necesidades energéticas térmicas derivadas de esa demanda se cubrirá mediante la incorporación en los mismos de sistemas de captación, almacenamiento y utilización de energía solar de baja temperatura, adecuada a la radiación solar global de su emplazamiento y a la demanda total de agua caliente del edificio. Los valores derivados de esta exigencia tendrán la consideración de mínimos, sin perjuicio de valores más estrictos que puedan ser establecidos por las administraciones competentes y que contribuyan a la sostenibilidad, atendiendo a las características propias de su ámbito territorial."

Según el propio CÓDIGO, Canarias se encuentra en la zona V, con una Radiación Solar Global Media Diaria Anual sobre Superficie Horizontal $\geq H$ de 18 MJ/m² (5 kWh/m²), exigiéndosele una contribución solar mínima, tanto para energía de apoyo con efecto Joule como general (gas, propano...), de un 70% y para cualquier demanda de ACS.

Igualmente el CÓDIGO TÉCNICO afirma en su apartado 12, art. 2.1. de esta sección HE 4, que "se considerará como la orientación óptima el sur y la inclinación óptima, dependiendo del periodo de utilización, uno de los valores siguientes:

- Demanda constante anual: la latitud geográfica.
- Demanda preferente en invierno: la latitud geográfica + 10°.
- Demanda preferente en verano: la latitud geográfica -10°.

En la Tabla 2.3. (Sección HE 4), se indican los porcentajes de pérdidas límite en función de la orientación e inclinación del sistema generador, y sombras.

El apartado 2 del artículo 3.3.1. establece que "en una instalación de energía solar, el rendimiento del captador, independientemente de la aplicación y la tecnología usada, debe ser siempre igual o superior al 40%. Adicionalmente se deberá cumplir que el rendimiento medio dentro del periodo del año en el que se utilice la instalación, deberá ser mayor del 20%".

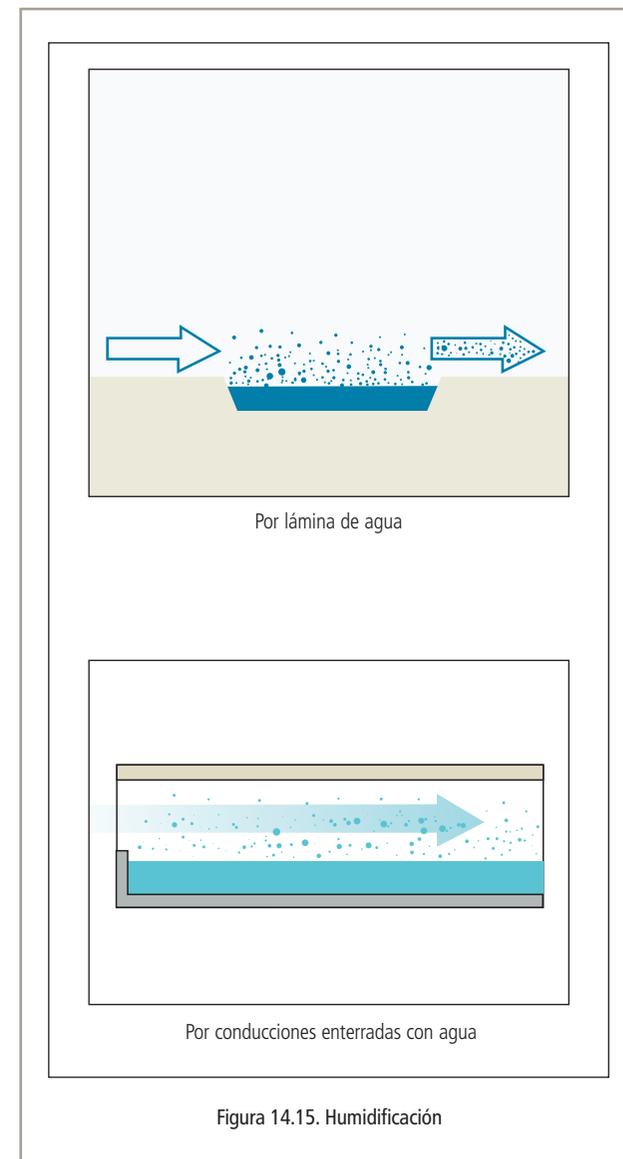
6. HUMIDIFICACIÓN

Esta zona del diagrama de Givoni comprende las situaciones con un grado de humedad relativa menor del 20%, siendo la temperatura menor de los 23°C, y entre los 5°C y los 13°C con un grado de humedad menor al 35% (figura 14.16). Se une en parte de esta zona el efecto de la falta de humedad con el del frío. Para alcanzar el confort se busca el aumento de la humedad relativa del interior del local, proceso que en general deberá ir acompañado por alguno de los sistemas de calefacción existentes.

El aporte de humedad se realiza introduciendo aire en el recinto, al cual se le hace pasar previamente por una superficie húmeda. Los sistemas pueden ser varios (figura 14.15):

- Láminas de agua, fuentes, estanques o surtidores, en el interior del recinto, o bien en la zona exterior de toma de aire.
- La introducción del aire a través de superficies de agua por tubos enterrados con un tercio de su altura llena de agua (combinación de humedad y equilibrio térmico).
- Paso del aire por filtros húmedos que serán los que aporten el grado de humedad.
- Presencia de vegetación, a ser posible frondosa y de hoja grande. Es fundamental la elección del tipo de vegetación a

colocar, sobre todo en el exterior, ya que debe ser lo más integrada posible, tanto en el paisaje, como en el clima de ubicación (se recomienda siempre el uso de especies autóctonas o de fácil aclimatación).



Para realizar el aporte de aire pueden utilizarse medios pasivos (tiro forzado, diferencias de presión, etc) o bien medios mecánicos activos.

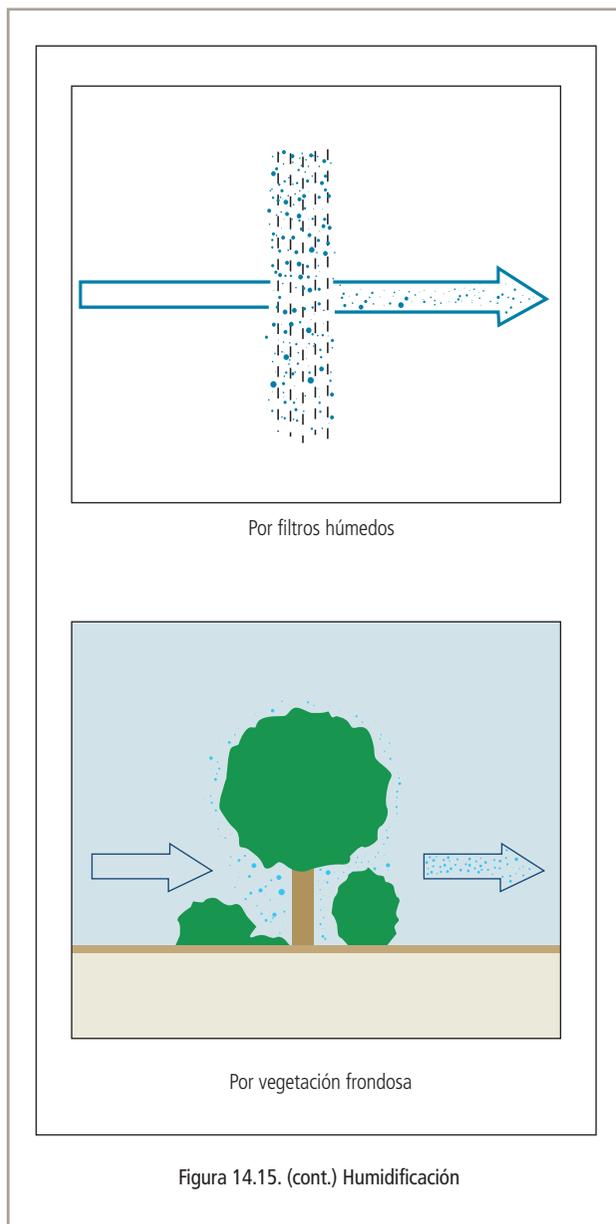


Figura 14.15. (cont.) Humidificación

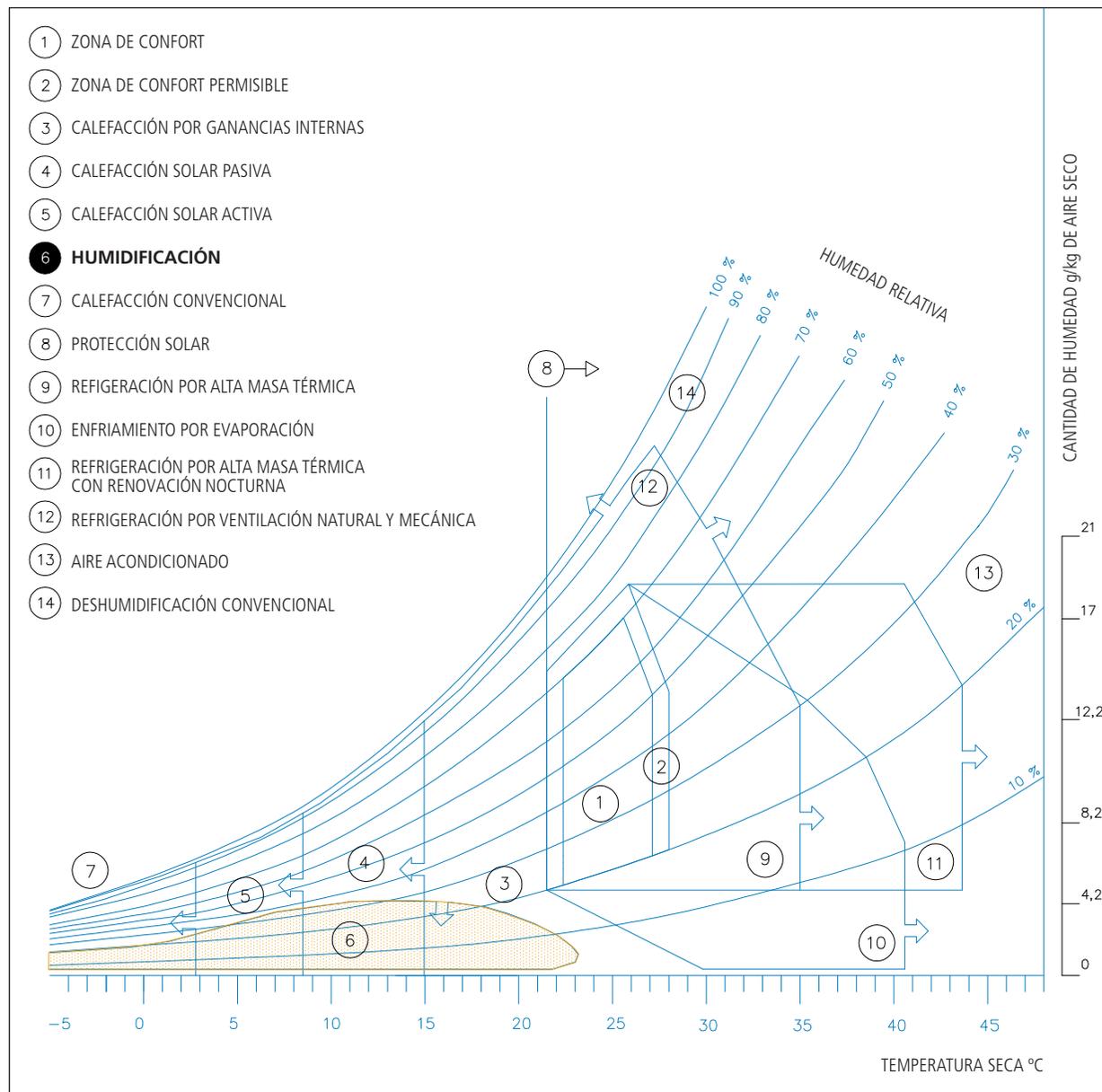


Figura 14.16. Carta bioclimática de givoni (28° latitud Norte)

Este concepto siempre va en combinación con alguno de los sistemas de calefacción estudiados. Sólo en casos de temperaturas que oscilen entre 20°C y 23°C, y con humedades relativas inferiores al 15%, podría alcanzarse el confort con la única aportación de humedad, aunque para ese caso hay sistemas más convenientes de utilización.

En estos procesos el agua es un elemento fundamental, tanto en el caso de la humidificación del aire como en el de empleo de vegetación (riego). Podrá, pues, utilizarse en zonas donde no existan problemas de escasez y sequía, pues en caso contrario el sistema sería desaconsejable.

El inconveniente de estos procedimientos es el complicado control de la cantidad de humedad en el aire, ya que para ello se tendrían que utilizar sistemas automatizados con sensores y sistemas de aporte de humedad controlada, aunque hay que decir que nunca se debe llegar a aportes de humedad que hagan inconfortable el ambiente.

Por otro lado, existen aparatos humidificadores, algunos de ellos móviles, que además de humidificar, purifican el aire, al disponer de filtros que retienen las partículas en suspensión. Son aparatos que se englobarían dentro de los sistemas activos, ya que para su funcionamiento es necesario el consumo de energía eléctrica. Existen algunas versiones con alimentación continua de agua.

7. CALEFACCIÓN CONVENCIONAL

En Canarias no se da esta situación en ninguno de los climogramas estudiados con las temperaturas medias

El área correspondiente en el diagrama de Givoni denominada calefacción convencional, es la más extrema, y ocupa todas las situaciones con una temperatura inferior a 2,5°C (figura 14.17).

El aumento de temperatura necesario para alcanzar la sensación de confort, no puede producirse únicamente por medios bioclimáticos activos y pasivos, sino que hay que acudir a medios

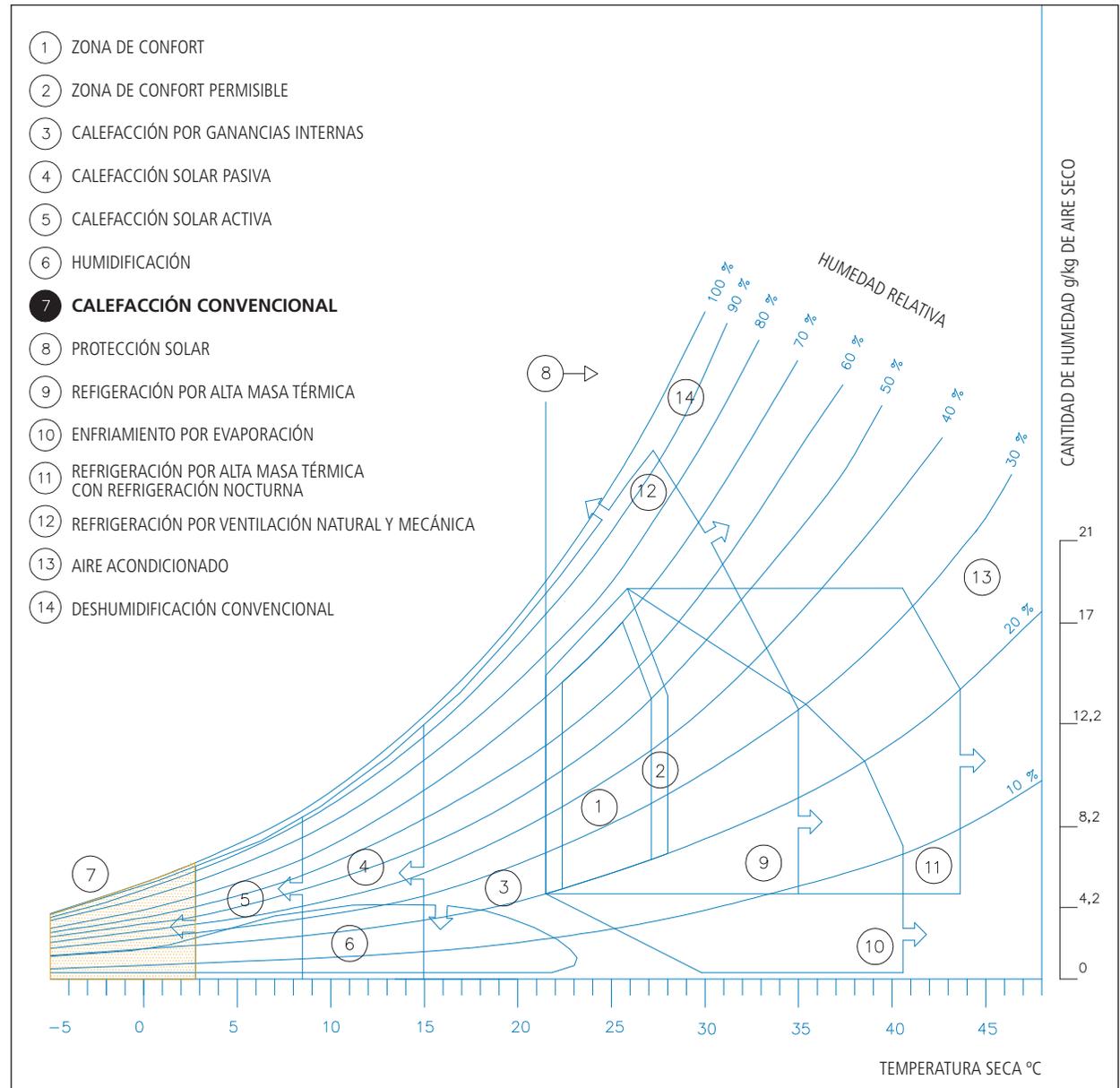


Figura 14.17. Carta bioclimática de Givoni (28° latitud Norte)

de calefacción convencionales, con producción de calor mediante el consumo de algún tipo de energía (carbón, gasóleo, gas, electricidad).

En cualquier caso, habrá que tener en cuenta que un adecuado diseño del edificio, una buena elección de los materiales para un buen aprovechamiento pasivo de la energía solar y los aportes de elementos de aprovechamiento activo, permiten que el uso de la calefacción convencional no sea con carácter prioritario, sino como sistema de apoyo. En cualquiera de los casos se consigue una importante reducción del consumo de energía, una simplificación de los sistemas o una reducción en su dimensionamiento.

Se pueden distinguir dos tipos de calefacción según sea la temperatura de salida del fluido de distribución, siendo necesario unos 90°C (alta temperatura) para sistemas de emisores con distribución bitubular o monotubular, o unos 40°C (baja temperatura) para sistemas radiantes, bien sea por suelos o techos.

Los sistemas de baja temperatura pueden entroncar con la calefacción solar activa, utilizando captadores solares como fuente de energía y apoyados, en caso necesario, por sistema convencionales.

Es importante tener en cuenta una serie de aspectos, a la hora de seleccionar el tipo de instalación a realizar y el combustible a utilizar.

Tipo de instalación

Los sistemas de distribución del calor, también convencionales, serán función del tipo de fluido que intervenga (agua, aceite, aire), de modo que sean necesarios o no, elementos intercambiadores de calor.

Se debe tener en cuenta no sólo el coste inicial de la propia instalación, sino también el coste de mantenimiento y la repercusión de las posibles averías, así como la posibilidad de instalaciones mixtas que cubran diferentes tipos de necesidades.

Tipo de combustible

Además de los costes de consumo, teniendo en cuenta los rendimientos de las instalaciones y el poder calorífico de los

combustibles, es de gran importancia el nivel de contaminación que produce cada producto en su combustión, así como las diferentes posibilidades de reciclaje (humos, combustible no consumido, etc.)

Un factor importante es la posición del elemento emisor dentro del recinto, ya que, como se puede observar en la figura 14.18, tiene gran influencia en el comportamiento de la temperatura interior; en dicha figura se estudian diversas posiciones de los elementos emisores, así como diversos sistemas de calefacción. Se analiza la distribución de temperaturas tanto en horizontal (a un nivel de 70 cm del nivel del suelo), como en vertical (en el centro de la habitación), para los casos de tener un buen aislamiento en el muro exterior, y en el caso de tenerlo mínimo.

En el caso de calefacción por suelo radiante, la elección del tipo de pavimento influye decisivamente en el rendimiento del sistema; como ejemplo, se puede observar en la tabla 14.8 la

emisión de una calefacción de suelo radiante con agua a 40° y con un paso o distancia entre tubos de la instalación variable entre 7,5 y 30 cm para una temperatura ambiente de 19°C, habitual para este tipo de instalaciones.

Es decir, que para conseguir unos 85 W/m² de emisión, la instalación por suelo que resulta necesaria para un pavimento cerámico o pétreo se incrementa en un 33% en el caso de pavimento de parquet y en un 300% en el caso de pavimento de moqueta.

Con la misma instalación y tomando como rendimiento el 100% de la emisión a través de un suelo cerámico, el uso de parquet lo reduce hasta el 80% y el de moqueta hasta el 40%.

Tipo de pavimento	Distancia cm Paso de tubo	Emisión W/m ²
Cerámica	7,5	148
	15	122
	22,5	102
	30	86
Parquet madera	7,5	120
	15	102
	22,5	88
	30	75
Moqueta	7,5	85
	15	76
	22,5	68
	30	59

Tabla 14.8. Emisión del suelo en W/m²

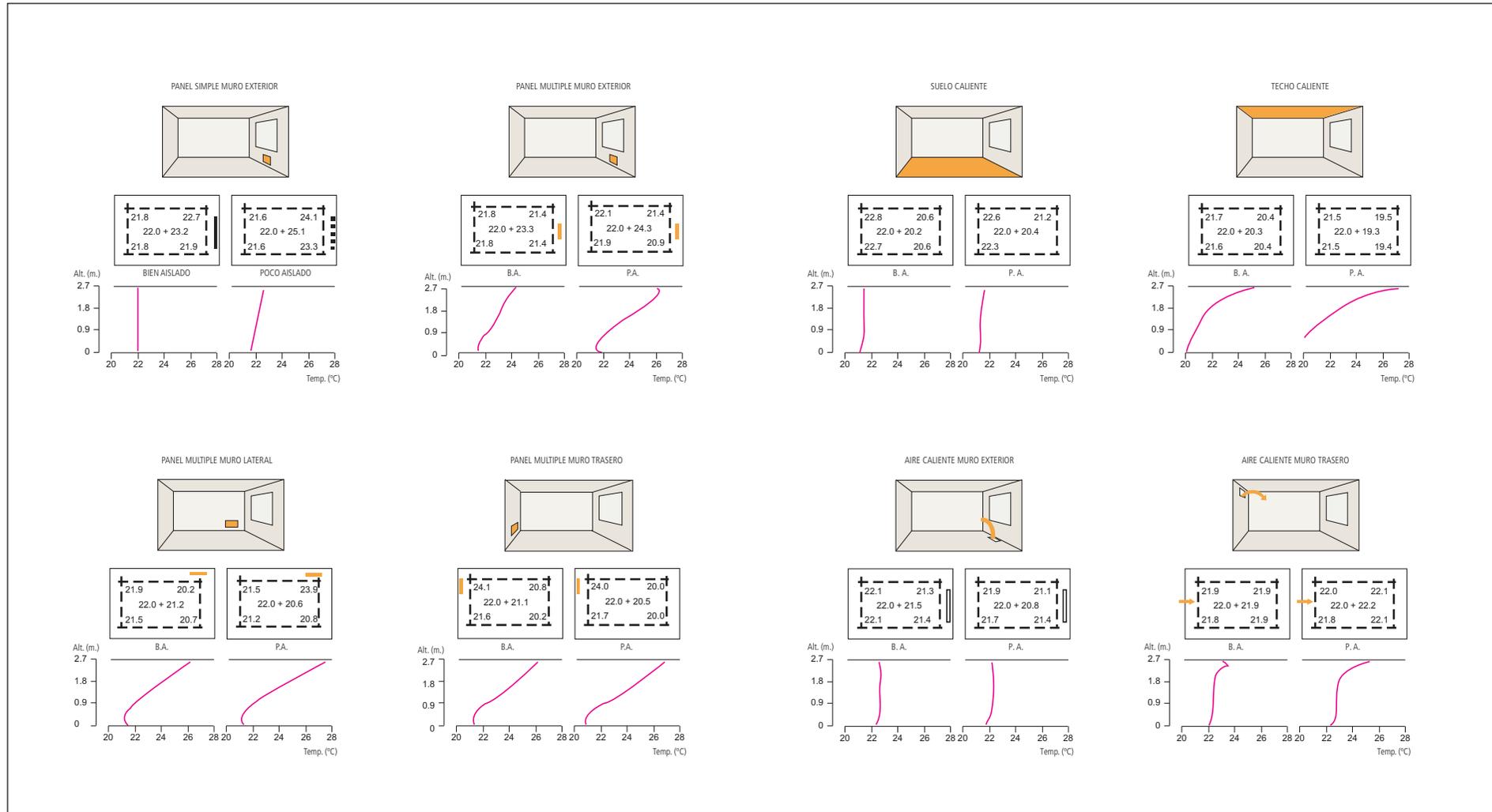


Figura 14.18. Comportamiento de la temperatura interior en función de la ubicación y tipología del elemento emisor y del aislamiento

8. PROTECCIÓN SOLAR

La protección solar, según el Diagrama de Givoni adaptado al clima canario, es considerada necesaria a partir de los 21,5°C, debiéndose combinar con las demás estrategias que correspondan (figura 14.19). La misión de estos sistemas es evitar la incidencia de la radiación solar directa en la piel del edificio, bien en los huecos captore o de iluminación o ventilación, bien en cualquier tipo de cerramiento; es decir, estos sistemas funcionan como apantallamientos para interceptar dichas radiaciones.

Estos sistemas de protección solar son de gran utilidad en Canarias debido a la gran cantidad de radiación que existe durante el verano, siendo imprescindible en muchas ocasiones la adopción de alguna de las medidas que se exponen a continuación.

La intercepción de la energía se produce en el lugar adecuado, es decir, antes de su incidencia en el edificio. Así, la radiación obstruida es reflejada o absorbida y puede disiparse en el aire exterior.

La eficiencia de estos medios es indiscutible, con un buen diseño se pueden garantizar sus prestaciones en épocas cálidas, permitiendo la captación de radiación en la época que sean necesarias.

El parámetro con el que se indica el grado de eficacia es el coeficiente de sombra. Cuanto mayor sea este valor, menor será la eficacia del sistema, ya que la cantidad de radiación en el interior será mayor (en la tabla 14.24 se muestran los sistemas más habituales, obtenidos del libro "Design with Climate" de Olgyay and Olgyay).

Un sistema efectivo está subordinado a múltiples factores: al sol, a la cantidad de radiación o a su ángulo de incidencia. Estos factores están acordes a la orientación, latitud y posición geográfica en la que se encuentre el edificio, lo que implica la imposibilidad de la estandarización, teniendo que diseñar la protección solar específicamente para el lugar de aplicación.

Existen unas tipologías básicas que, adaptándolas y combinándolas, darán la protección ideal para cada lugar. La elección del sistema y sus posibles combinaciones son atribuciones del diseñador.

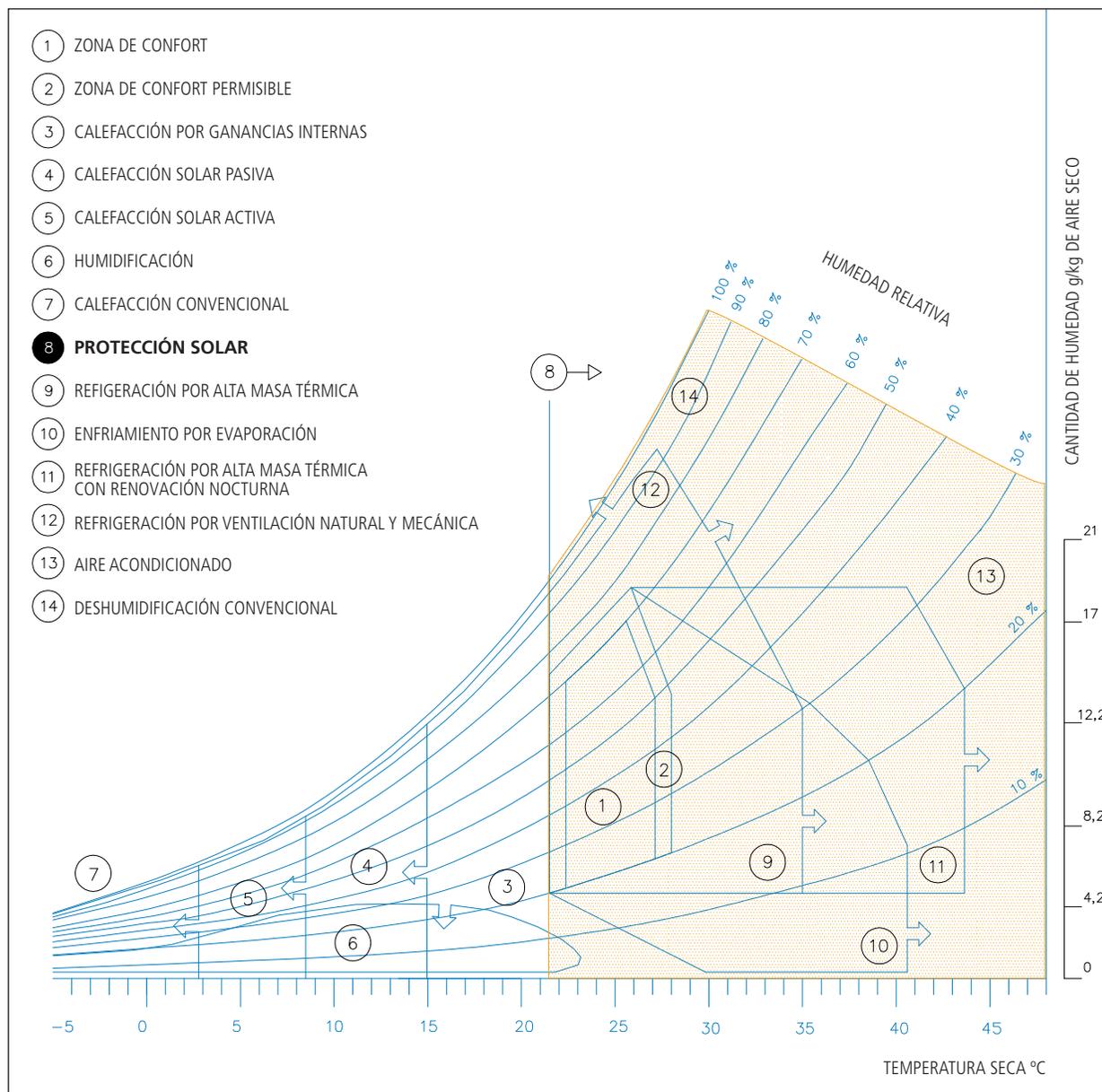
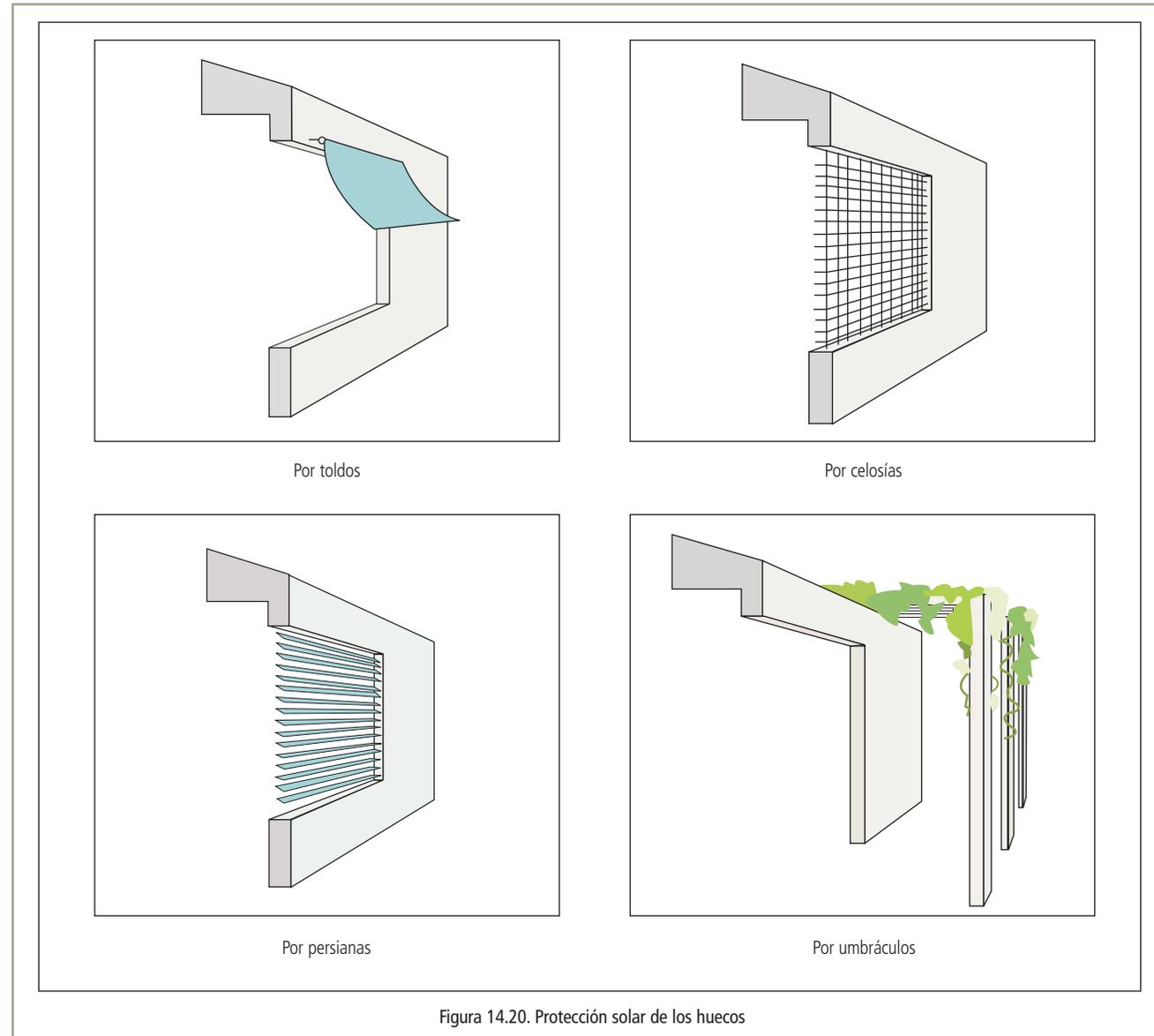


Figura 14.19. Carta bioclimática de givoni (28° latitud Norte)

La protección puede darse en los huecos, limitando la cantidad de radiación que los atraviesa o también pueden montarse protegiendo los cerramientos, disminuyendo la temperatura sol-aire de los mismos.

8.1. PROTECCIONES DE LOS HUECOS

Los sistemas pueden estar ubicados en el exterior del plano de la fachada, en el interior o en la propia piel del hueco (figura 14.20).



8.1.1. Elementos exteriores

Los principales se pueden agrupar de la siguiente manera:

Estores exteriores

Las persianas venecianas, compuestas por lamas de aluminio, presenta mayores posibilidades como interceptoras de los rayos solares, produciendo sombra, además de los diferentes grados de intimidad y ventajas visuales.

El empleo de toldos es estimado, por algunos, como de gran eficacia, aunque se deben guardar ciertas precauciones: engrasar periódicamente los mecanismos, proteger el toldo enrollado, etc. La duración de los toldos se prolonga con el uso de materiales imputrefactibles.

Con respecto a los toldos hay que tener en cuenta que un toldo de plástico de color claro puede actuar como un vidrio dando lugar a un cierto efecto invernadero. Asimismo, se debe dejar una ranura con el paramento para permitir la ascensión del aire caliente.

Persianas enrollables y celosías

Pueden estar compuestas por láminas de aluminio, acero, plástico, madera, etc., y adoptar distintas soluciones: persianas enrollables, proyectables, con láminas orientables, etc.

Su eficacia térmica es función de su inercia térmica, de su poder reflector y de su separación de la fachada.

Las persianas proyectables proporcionan mejores resultados que las que quedan en el plano de la fachada, al aumentar el factor refrigerante.

Umbráculos

Son espacios anexos a la edificación, con un acceso de la radiación solar controlado. Suelen estar formados por estructuras ligeras no excesivamente cerradas (pérgolas), a las que se les puede combinar con vegetación de hoja caduca, para permitir la entrada de radiación solar en invierno (emparrados, etc.).

Aunque están integrados en este apartado de la protección de huecos, pues en general anteceden a alguno de ellos, pueden también proteger muros e incluso formar espacios intermedios

sombreados entre las condiciones exteriores y el espacio interior en función de su tamaño y su disposición, facilitando el control del confort humano.

"Brise-soleil" o parasoles

Bajo esta denominación se comprenden todos aquellos dispositivos arquitectónicos, fijos o móviles, exteriores al plano de la fachada y susceptibles de dar sombra a toda o parte de la misma (figura 14.21).

Los materiales constitutivos pueden ser muy variados: hormigón, madera, aluminio, vidrios de seguridad y, en general, cualquier materia rígida con un mínimo de estabilidad ante la variación de temperaturas.

Su eficacia es función de su débil inercia térmica, de su alto poder reflector y de su forma y dimensiones, que estarán determinadas por la exposición de la fachada, la latitud, la superficie y la orientación de los elementos a proteger.

En las fachadas con orientación sur, estos medios podrán ser horizontales o verticales. En las este-oeste, la disposición deberá ser obligatoriamente vertical, al ser el ángulo de incidencia casi perpendicular al plano.

Los "brise-soleil" horizontales pueden ser fijos o móviles, pero los verticales serán preferentemente móviles y orientables, a fin de no perder parte de su eficacia en ciertas horas del día.

Los sistemas móviles están compuestos por láminas opacas, o al menos translúcidas, cuyo eje de giro permite su regulación conforme al ángulo de incidencia de los rayos solares, impidiendo su paso, así como el de los reflejados. Como orientación se puede decir que las láminas deben tener una anchura igual a 1,5 "L", siendo "L" el espacio existente entre dos láminas.

La realización de parasoles fijos suele ser más complicada, pues para mantener su funcionamiento durante un período de tiempo, se obtienen grandes dimensiones que pueden resultar excesivas por exigencias derivadas de la orientación del edificio.

Las formas y combinaciones que pueden adoptar estos sistemas pueden llegar a ser infinitas.

El tamaño exacto de las diferentes protecciones deberá determinarse por medio de las cartas solares de modo que, según las necesidades de cada lugar en los momentos en que haya que sombrear, se conozca el ángulo de incidencia de los rayos del sol en cada época determinada para poder definir los tiempos de funcionamiento del sistema y, sobre todo, para no sombrear los huecos captadores en períodos en los que se necesita radiación, pues no siempre es posible conseguir radiación solar y sí sombrear con elementos móviles.

Vegetación

Interponer elementos arbóreos delante del hueco, en edificios de relativa altura, da resultados generalmente muy positivos, dependiendo tanto del tipo de árbol, como de su desarrollo biológico particular (figura 14.22); las recomendaciones para su utilización serían: árboles de hoja caduca para orientaciones, E, SE, S, SO y O; emparrados caducos horizontales a Sur, y cortinas vegetales o trepadoras a E, O y N. Obviamente este sistema puede intervenir tanto en la protección de huecos como en la de los cerramientos creando espacios en sombra.

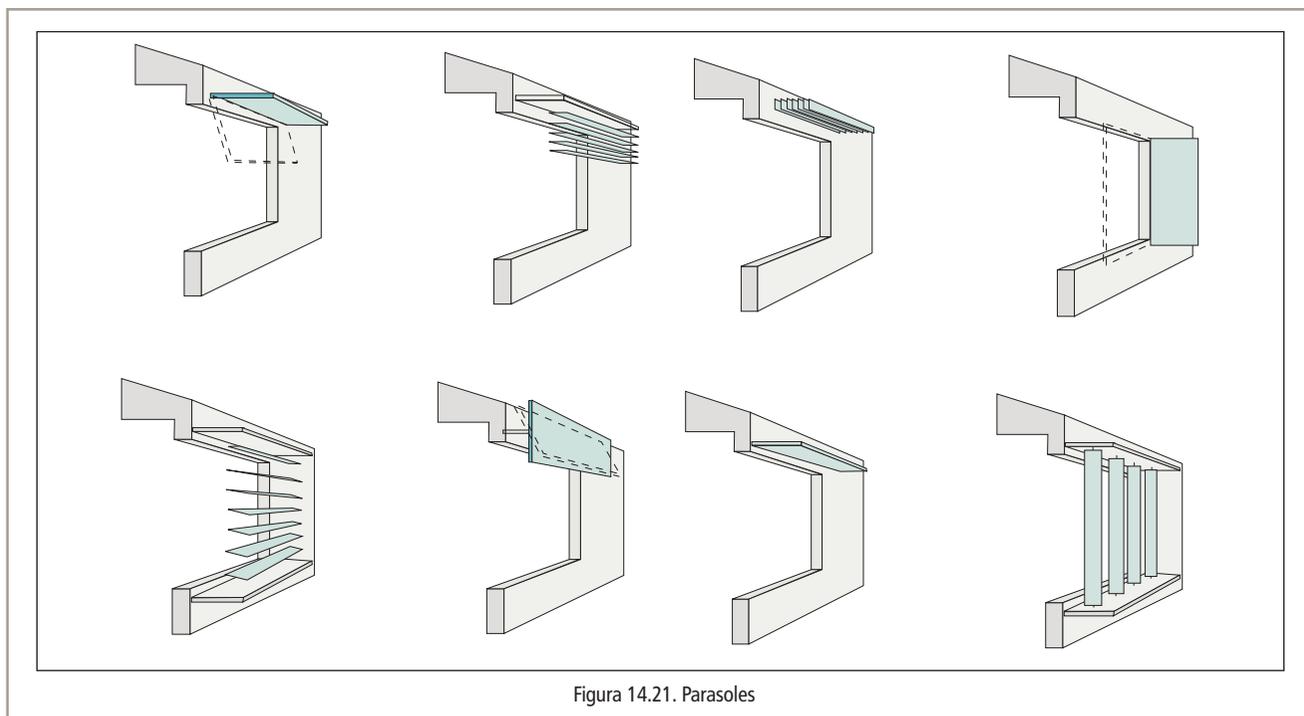


Figura 14.21. Parasoles

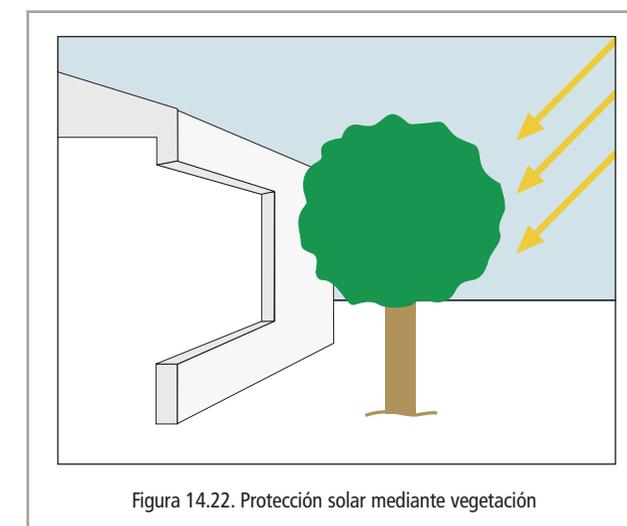


Figura 14.22. Protección solar mediante vegetación

8.1.2. Elementos interiores

También se podrían utilizar estores y persianas, pero está demostrado experimentalmente que todos los dispositivos interiores transmiten un porcentaje importante de las calorías recibidas y que varía de un 60% a un 80%, según la distancia a que se encuentren del hueco acristalado, por lo que nunca se deben utilizar como elementos únicos, debiéndose combinar con algún otro sistema de los analizados en este apartado para evitar el efecto invernadero del sol una vez que atraviesa el cristal.

8.1.3. Los medios en la piel del hueco

Serán, principalmente, tratamientos especiales de fabricación o adosamiento de algún elemento, siempre sobre un vidrio soporte. Un factor a tener en cuenta es la reducción del factor de transmisión luminosa (TL), lo cual implica una reducción de la luz en el interior del recinto (figura 14.23).

Vidrios con tratamientos especiales

Las diferentes opciones, con el fin de alterar voluntariamente las características espectro-fotométricas del vidrio, surgen partiendo del vidrio más convencional, mediante el efecto de alguna de las actuaciones siguientes:

- Modificaciones en su composición.
- Transformaciones en su superficie.
- Asociación con otros productos.
- Combinación de varias acciones o productos.

Se agrupan principalmente en vidrios absorbentes, vidrios reflectantes, vidrios de baja emisividad, y vidrios selectivos con los espectros de radiación.

Vidrios absorbentes

Su función principal es limitar la cantidad de ganancias solares a través del hueco, mediante la variación del factor de absorción energética (AE).

Cuanto mayor sea el valor de este parámetro, menor será la cantidad de energía que atraviese el elemento. Hay que indicar que no toda la energía absorbida es eliminada hacia el exterior;

existe un porcentaje que es remitido hacia el interior y que va en función principalmente de la temperatura de cada cara del vidrio.

La modificación de este valor se obtiene coloreando la masa de un vidrio base, tipo Planilux, con óxidos metálicos que, en función de su poder absorbente, obtiene los diferentes grados de absorción.

Con este tipo de modificaciones se puede llegar a obtener vidrios que, manteniendo un valor de transmisión luminosa (TL) relativamente alto (60%), posean un valor bajo (30%) de la transmisión energética (TE), actuando fundamentalmente en la absorción de la banda infrarroja de la radiación solar.

Estos vidrios pueden utilizarse como sustrato para otras modificaciones, como tratamientos superficiales, adhesión de láminas, o bien formar parte de acristalamientos dobles aislantes.

La energía solar absorbida por estos vidrios puede provocar la rotura de los mismos por el choque térmico, para evitar este extremo se deben refrigerar los vidrios o someterlos a un tratamiento de aumento de resistencia.

Vidrios reflectantes

Su misión principal es la reducción de la radiación incidente aumentando el factor de reflexión, tanto de la energía térmica (RE) como de la lumínica (RL).

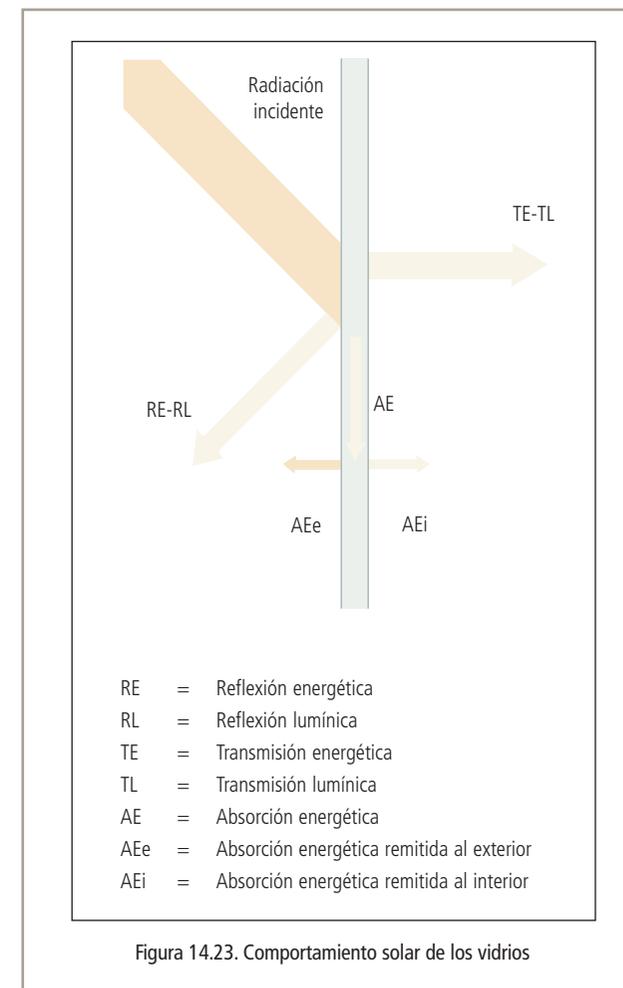
Se obtienen por medio de diferentes tratamientos superficiales de una de las caras de la lámina de vidrio. Los resultados obtenidos dependen del tipo de vidrio base, del material que conforma la capa y del proceso seguido para su fabricación.

Su funcionamiento es variable según sea la posición de la cara en la cual se ha aplicado el tratamiento.

Pueden ser utilizados como vidrios monolíticos o bien en acristalamientos dobles: en ambos casos, la cara tratada se dispondrá en el exterior, obteniéndose así el funcionamiento deseado.

La cantidad de luz que penetra está en función de los valores del factor de transmisión luminosa (TL), eliminándose en todo caso el efecto de deslumbramiento.

La aplicación de estos vidrios no varía el valor del coeficiente de transmisión de calor, K, del elemento base, no influyendo por tanto en el aislamiento del edificio. Si la cara tratada está



colocada hacia el interior, permitirá la reflexión del calor interior del recinto, evitando pérdidas, y además se producirá el efecto, desde el interior, de ver sin ser visto.

Con estos tratamientos se consigue una elevada gama de colores y variantes en los parámetros solares (reflexiones, transmisión luminosa, etc...).

Vidrios de baja emisividad

Son vidrios tratados en una de sus caras con capas de precipitaciones metálicas, que constituyen una barrera capaz de blo-

quear buena parte de la radiación calorífica de un edificio (infrarrojos de larga longitud de onda), reenviándola hacia el interior y evitando la pérdida calorífica.

Por otro lado, permite el paso de la radiación solar, visible e infrarroja de corta longitud de onda, con las ganancias térmicas que ello conlleva.

La función principal de estos vidrios es la de limitar las pérdidas térmicas y, por ello, se utiliza siempre como componente de un acristalamiento aislante.

El factor de transmisión luminosa es similar a la de la luna base, por lo que la transparencia es una de sus características, aspecto muy apreciable en el caso de viviendas.

El factor solar de estos productos es relativamente alto, lo que favorece la posibilidad de aportes exteriores.

Estas características, junto al bajo coeficiente K del conjunto (alrededor de la mitad de un acristalamiento doble normal), convierten a este material en opción factible en el campo de la arquitectura.

La localización recomendable de estos elementos es en aquellas orientaciones en las cuales interesa preferentemente un mejor aislamiento que controlar el acceso de los aportes solares (norte) ya que en zonas de aportes interesantes (sur) interesa más que las ganancias sean lo mayor posible.

Vidrios selectivos con los espectros de radiación

Son aquellos que dejan pasar un determinado espectro de radiación, bloqueando el resto. Reducen las ganancias de calor, teniendo un gran nivel de iluminación natural.

Las propiedades de estos vidrios pueden ser alteradas, bien a voluntad (acristalamientos electrocomandados), bien como respuesta a las condiciones exteriores (acristalamientos inteligentes). Son el objetivo de las investigaciones más recientes.

Varios son los métodos: termocrómicos, fotocromáticos, electrocromáticos, con cristales líquidos, con películas holográficas.

- **Vidrios termocrómicos.** Son vidrios con ciertas capas que cambian sus propiedades ópticas por la acción del calor.
- **Vidrios fotocromáticos.** Los vidrios que contienen agentes fotocromáticos cambian su transmisión luminosa (oscurecimiento), por el efecto de la irradiación. Este efecto es reversible

volviendo a su estado anterior cuando desaparece el estímulo. Actualmente tienen un elevado coste.

- **Vidrios electrocromáticos.** Las propiedades ópticas son variadas a voluntad por el efecto de un potencial eléctrico. El tiempo de reacción es muy pequeño (segundos), cambiando la transmisión luminosa desde un 80% (máx) hasta un 5% (mín) de la luz incidente. La reacción es reversible, mediante la aplicación de un potencial eléctrico de sentido contrario al inicial. Está en desarrollo de investigación.

Vidrios con cristales líquidos

Los cristales líquidos son estados intermedios entre la fase líquida y la sólida que presentan ciertos compuestos orgánicos. Poseen varias arquitecturas moleculares variables, una fase con orden orientacional (fase "Nemática") y otro con torsión (fase "Colestérica"). Estos dos estados presentan una transmisión luminosa diferente.

La aplicación de un campo eléctrico, bajo cierta frecuencia e intensidad, puede hacer girar dichas moléculas y cambiar el espectro de transmisión (color) o solamente la difusión de la luz (transparencia u opacidad). Este cambio es totalmente reversible. Una aplicación en el mercado es el "PRIVALITE".

- **Vidrios con películas holográficas.** Son vidrios estratificados que, además del intercalado de unión (PVB), llevan en su interior un film fotográfico sobre el que se han impresionado ondas coherentes, producidas por una radiación monocromática láser, provenientes de diferentes direcciones.

Esta estructura de capas interferenciales puede reflejar determinadas longitudes de onda y permitir el paso de otras en función del ángulo de incidencia. Una de sus aplicaciones puede ser la obtención de capas filtrantes selectivas que reflejen la banda infrarroja y transmitan la visible sin dispersión cromática. También podría dar lugar a acristalamientos de colores cambiantes en función de la incidencia de la luz. Está en fase de investigación.

Elementos adosados al vidrio

Consiste en adosar una lámina exterior, combinación de políester y metales, adherida mediante adhesivo o proyectada (lacas).

Actúan de dos formas, por absorción, de parte de la radiación tanto energética como lumínica, o por reflexión, de la radiación infrarroja y de la lumínica.

El principal inconveniente de estos productos es el desconocimiento de su comportamiento ante el paso del tiempo (envejecimiento), tanto de la propia lámina como de los adhesivos utilizados para su colocación, al ser un producto de reciente implantación y no poder ratificar en la práctica los resultados de laboratorio.

Por otro lado, al ser un material de rápida y sencilla instalación, y sin mantenimiento, se convierte en una protección económica y adaptable a cualquier tipo de edificio.

Poseen gran variedad de colores: plata, humo, oro, bronce, verde, ámbar.

8.2. PROTECCIONES DE LOS CERRAMIENTOS

La disminución de la temperatura de la superficie exterior del cerramiento tiene una gran influencia en la distribución interior de temperaturas. Este efecto de disminución de temperatura puede conseguirse, bien aumentando las cualidades de reflexión del paramento por medio de colores claros, revestimientos reflectantes, etc., o bien mediante algunos de los sistemas ya vistos para los huecos, que interceptan la radiación solar antes de incidir sobre el muro (parasoles, umbráculos, vegetación, etc).

En la tabla 14.9 se pueden observar los diferentes porcentajes de absorción de la radiación incidente en diferentes tipos de superficies.

Tipo de superficie	% Absorción
Reflectantes	0,20
Rugosas de color blanco	0,25-0,40
Amarillo al amarillo oscuro	0,40-0,50
Verde, rojo y marrón	0,50-0,70
Marrón oscuro al azul	0,70-0,80
Azul oscuro al negro	0,80-0,90

Datos obtenidos de "El libro de la energía solar pasiva" de Edward Mazria

Tabla 14.9. Tabla de absorción según tipo de superficie

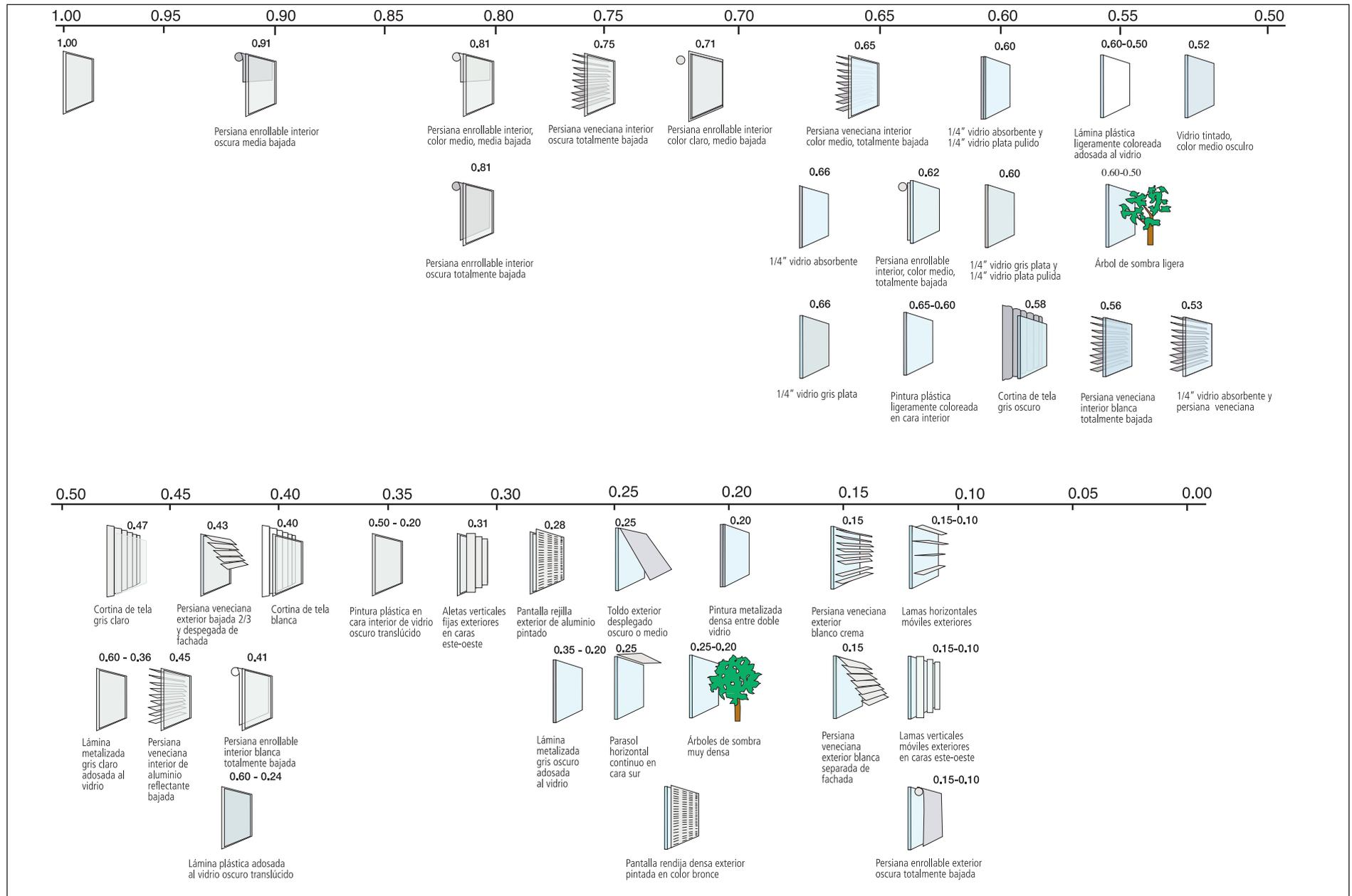


Figura 14.24. Coeficientes de sombra

9. REFRIGERACIÓN POR ALTA MASA TÉRMICA

La zona de influencia de la alta masa térmica en el diagrama de Givoni, comprende un área definida por una línea poligonal, representada en la figura 14.25, que cubre el espacio existente entre la zona de confort permisible y la línea quebrada que, partiendo de los 21,5°C y 20% HR, une los puntos definidos por 35°C y 8% HR, 35°C y 30% HR, 31,5°C y 50% HR y 25,5°C y 75% HR.

En esta región del diagrama de Givoni, para alcanzar una situación de confort en el interior de la edificación, es necesario una reducción de la temperatura, que se obtiene simplemente por el amortiguamiento de la onda térmica exterior, consiguiendo que los máximos de la onda interior estén próximos a la temperatura de confort.

En este proceso se estudian los conceptos de amortiguación, disipación y protección del calor a través del edificio. Este procedimiento es de gran eficacia cuando las temperaturas medias diarias se aproximan a la temperatura de confort.

Es fundamental el concepto de protección, sería inútil todo el proceso si se favoreciera la entrada de radiación en el espacio interior.

No toda la energía solar incidente penetra en el interior pues la onda térmica se ve amortiguada, y parte de esta onda retrocede.

La cantidad de calor que puede absorber y disipar un material está ligado a las propiedades termofísicas de cada material, siendo directamente proporcional a la admisividad de un material como ya se vio al tratar de los sistemas de acumulación anteriormente.

Además de los parámetros ya vistos en la tabla 14.3 (conductividad, calor específico y densidad), hay otros parámetros que influyen en la cantidad de energía acumulada:

- Número de capas, y sus respectivos espesores.
- Tipo de acabado y color del mismo.
- Posición relativa del aislamiento respecto al resto de las capas.

El máximo rendimiento se obtiene situando los materiales aislantes al exterior y los materiales con mayor inercia térmica en

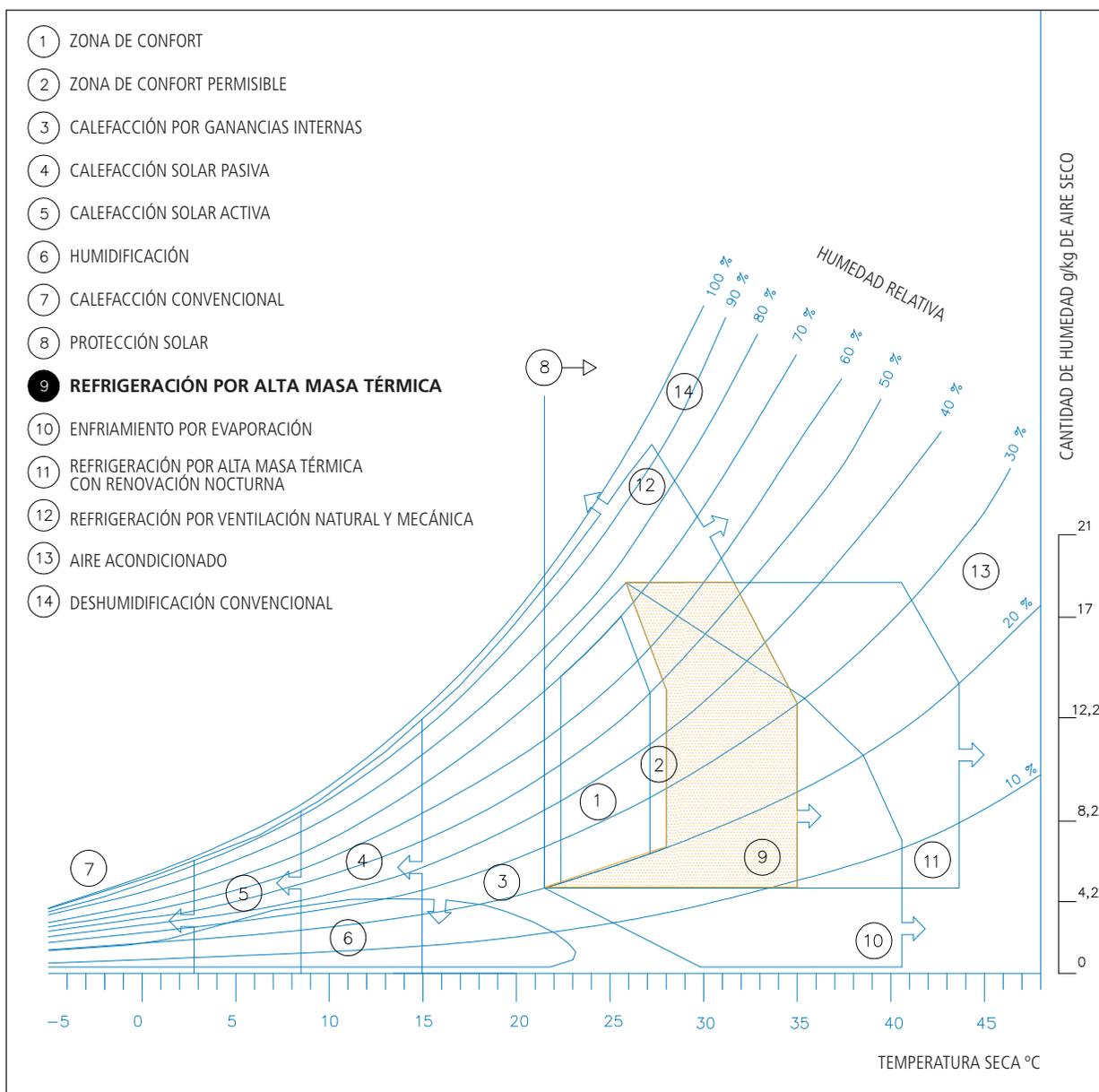


Figura 14.25. Carta bioclimática de givoni (28° latitud Norte)

el interior del recinto, protegidos de la radiación solar tanto por su posición como por la situación del aislante.

Cada material y su combinación tienen modos propios de distribución de calor, capacidad de acumulación y propiedades emisoras; por ello, la selección del material, su densidad y el espesor de los elementos permitirá el control, por parte del diseñador de las horas y forma de funcionamiento del sistema. A mayor volumen de acumulación, mayor capacidad de almacenamiento de calor y mayor plazo de distribución.

El paso de la onda térmica a través del cerramiento la modifica en dos aspectos: el amortiguamiento y el desfase.

9.1. AMORTIGUAMIENTO

En la refrigeración solar, el amortiguamiento permite suavizar la oscilación térmica exterior.

El efecto de amortiguamiento consiste en la disminución de la amplitud de la misma en el interior (figura 14.26). En los muros de gran espesor los amortiguamientos se aproximan a la totalidad de la onda térmica pudiendo en el límite dejarla horizontal. Este hecho se denomina efecto de cueva o de catedral.

El amortiguamiento es una función exponencial y es proporcional a la densidad, al calor específico y al espesor, e inversamente proporcional a la conductividad, siendo aplicable esta fórmula en muros uniformes en todo su espesor; cuando se quiere estudiar un paramento real, formado por múltiples capas, se debe tener en cuenta los factores de corrección que aproximen los valores a los resultados experimentales.

9.2. DESFASE

Es el otro efecto producido en la onda calorífica al atravesar un cerramiento, consistente en el retraso de la longitud de onda un tiempo que depende de las cualidades termofísicas del muro.

9.3. DISIPACIÓN

En la refrigeración pasiva la disipación se realiza fundamentalmente por la noche y es una "acumulación de frío" absorbiendo en el día el calor del espacio de habitación.

La disipación de calor se realiza a través de los paramentos del edificio (fachadas, cubierta o solera), mediante convección, radiación y transmisión (figura 14.27).

Por las fachadas

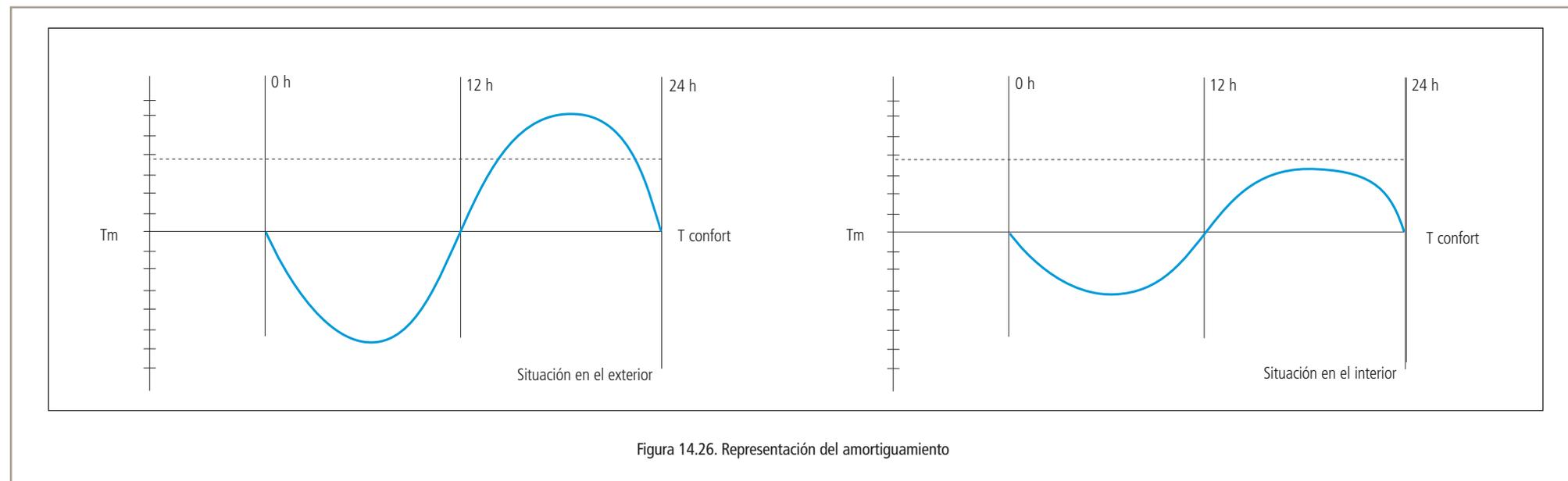
Se produce un enfriamiento del muro por convección con la masa de aire que rodea al edificio.

Por la cubierta

Además del enfriamiento por convección con la masa de aire que rodea al edificio, se produce una irradiación de energía hacia la bóveda celeste cuya temperatura es infinitamente menor, reduciendo la temperatura del material de cubierta. Este fenómeno se da en noches despejadas y con una humedad relativa inferior al 65%, siendo más eficaz cuanto menor sea la humedad. Como puede verse en los mapas de Canarias, en casi todas las zonas este efecto va a ser mínimo.

Para mejorar la disipación se puede disponer aislamiento móvil de protección que evite la ganancia de calor durante el día y que se retirará por la noche para favorecer la irradiación hacia la bóveda celeste.

Los materiales que se utilizan tienen una elevada capacidad térmica y son, o bien agua en bolsas o recipientes o materiales pesa-



dos. Para un rendimiento medio se utilizarán 20 cm de agua ó 30 cm de material sólido (valor orientativo).

En Canarias esta solución con agua no estaría indicada debido a la escasez de dicho recurso; además sería relativamente ineficaz dada la elevada humedad relativa.

Por el suelo

Cuando el edificio se encuentra en contacto directo con el terreno, el enfriamiento se produce fundamentalmente por transmisión. Durante todo el día el suelo absorbe el calor del recinto (energía geotérmica).

El uso de elementos de gran inercia es menos eficaz en situaciones en las que el salto térmico entre el día y la noche carece de relevancia.

Si no se toman las precauciones necesarias (protección de la masa durante las horas de calor) puede darse el caso de que el sistema se invierta y se consiga acumular el calor del día y no disiparlo durante toda la noche.

Los requerimientos de un sistema pasivo de refrigeración diferida son en todo similares a los planteados por el sistema análogo de calefacción en lo concerniente al aumento de la masa térmica para la construcción de muros, suelos o techos.

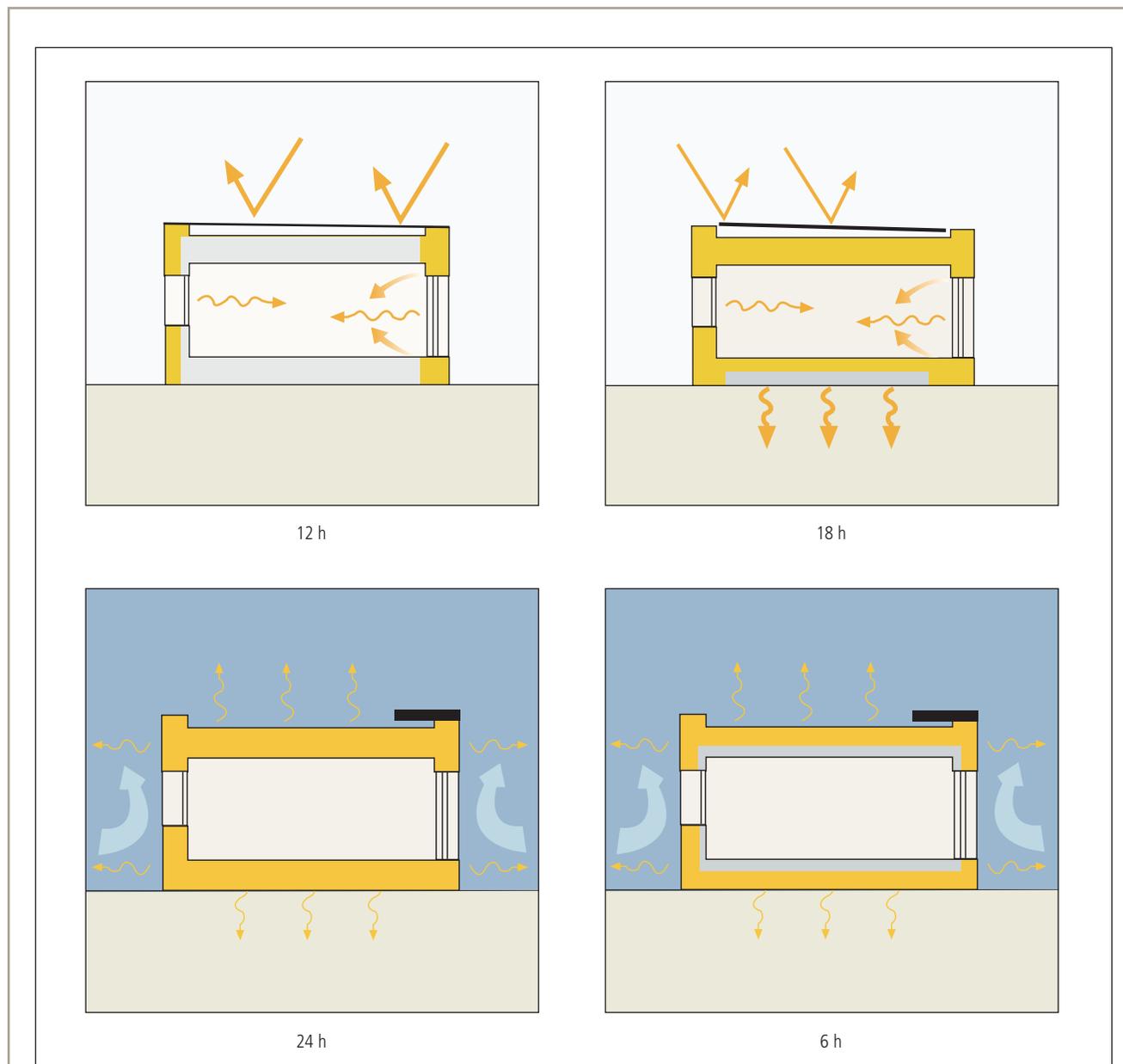


Figura 14.27. Sistema de disipación

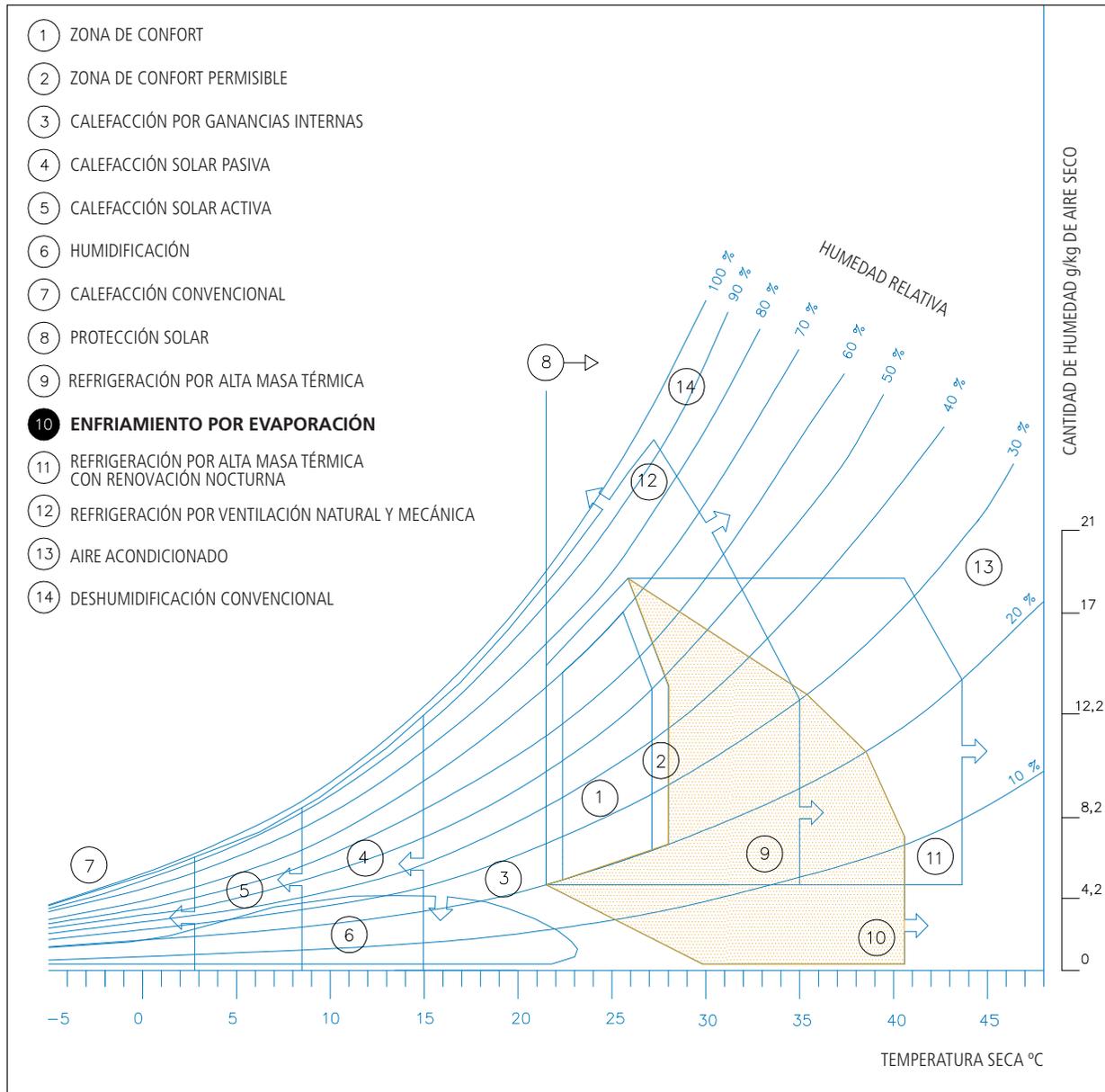


Figura 14.28. Carta bioclimática de givoni (28° latitud Norte)

10. ENFRIAMIENTO POR EVAPORACIÓN

En Canarias no es una estrategia recomendable, debido a las altas humedades detectadas en todas las zonas urbanas estudiadas.

La zona de influencia del enfriamiento por evaporación en el diagrama de Givoni, comprende un área definida por una línea poligonal, representada en la figura 14.28, que cubre el área comprendida entre la zona de confort, la zona inferior del diagrama y una línea quebrada que, partiendo de los 40,5°C para humedades relativas inferiores al 10%, une los puntos definidos por 38,5°C y 20% HR, 35,5°C y 29% HR, y el vértice superior de la zona de confort (25,5°C y 75% HR).

En esta región del diagrama, se busca un efecto combinado; por un lado, la disminución de la temperatura por medio del calor absorbido al producirse la evaporación de agua o de algún otro fluido, y por otro, el aumento de la humedad relativa al aumentar la cantidad de vapor en el ambiente, siempre y cuando se esté en situaciones de la parte baja del diagrama.

Estos sistemas funcionan principalmente en presencia de una masa de agua, o en su caso, masas húmedas, y bajo condiciones de sobrecalentamiento y escasa humedad en el ambiente interior.

Estos sistemas y técnicas pueden clasificarse, según su forma de actuar, en activos o pasivos, dependiendo de que sea necesario la utilización, o no, de fuentes de energía convencional para su funcionamiento. También, y en función del momento de la actuación respecto a la posición del aire a introducir en el interior del recinto, se podrían clasificar en directos o indirectos.

10.1. PASIVOS DIRECTOS

Su funcionamiento es pasivo y actúa directamente sobre el aire a introducir en el interior del recinto (figura 14.29), enfriándolo por evaporación al pasar a través de:

- Vegetación, por el proceso de evapotranspiración, preferentemente de hoja grande, frondosa y caduca, de tal modo que, en

el período invernal, no se pierda la posibilidad de obtener calor solar.

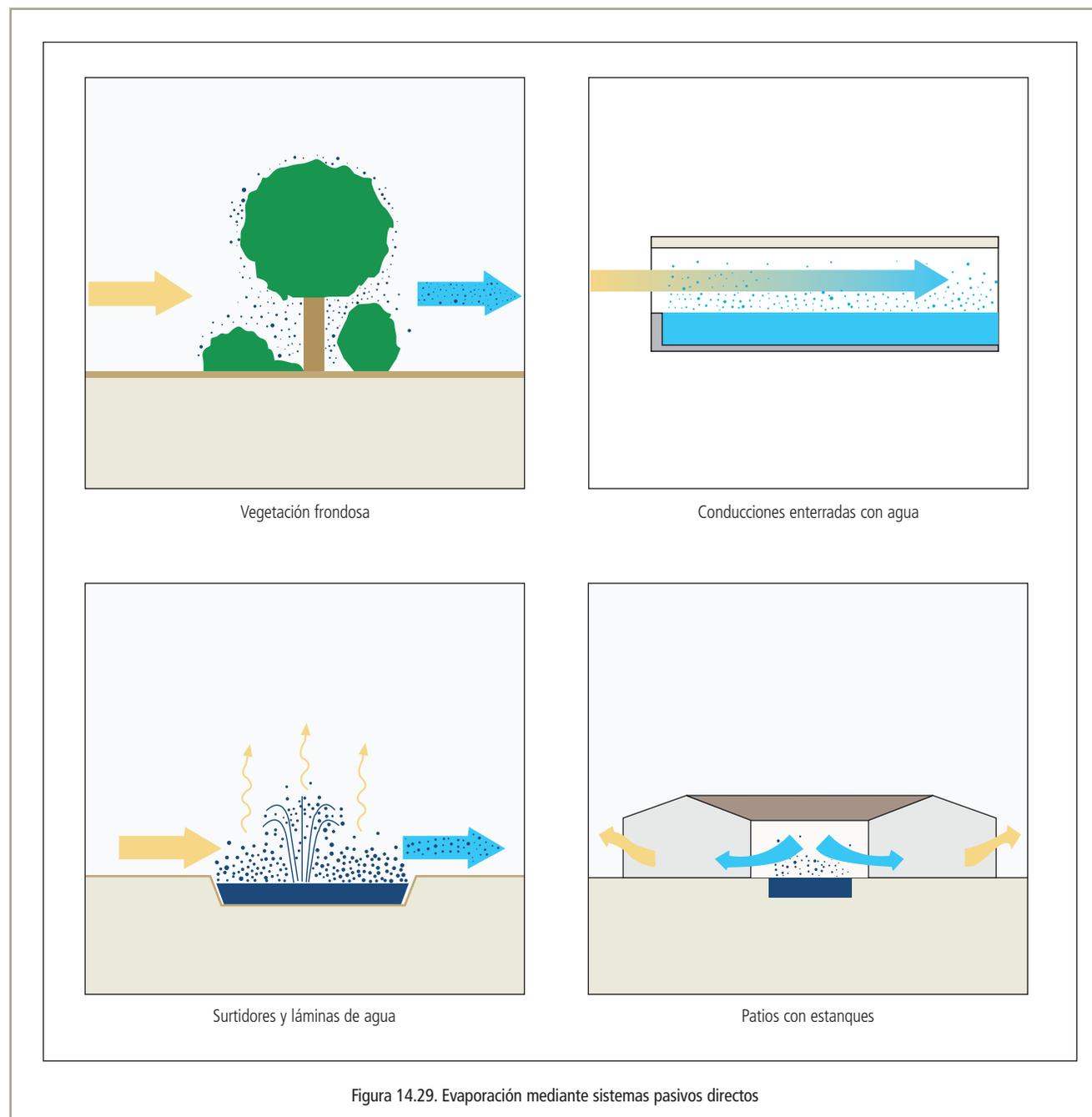
- Agua, presente en espacios adjuntos a los huecos (fuentes, surtidores, estanques) o en el mismo interior, favorecido por ventilaciones que cruzan las zonas húmedas.
- Canalizaciones enterradas con un tercio de su altura llena de agua (combinación de humedad y equilibrio térmico), o láminas de agua de gran superficie que se encuentren enterradas.
- Patios cerrados con fuentes o estanques, que se convierten en un foco de humedad y frescor para los recintos anexos, y que reducen las ganancias solares si las aberturas de las habitaciones se producen exclusivamente a este patio.

10.2. PASIVOS INDIRECTOS

Siendo un funcionamiento pasivo se actúa sobre elementos exteriores del recinto, de tal modo que la reducción de temperatura se realiza a través de dicho elemento.

Se coloca una masa de agua en la cámara de uno de los cerramientos, de tal modo que la evaporación de la superficie húmeda rebaje la temperatura de las paredes de la cámara, con lo que éstas pueden absorber el calor del interior.

Hay que tomar medidas especiales de impermeabilización, para evitar fugas y manchas de humedad no deseables, y de aislamiento, para evitar que el calor absorbido sea el del exterior y no el del recinto. Es el denominado "efecto botijo".



10.3. ACTIVOS DIRECTOS

Son medios que utilizan algún tipo de energía convencional pero actúan directamente sobre el aire a introducir en el interior del recinto, por ejemplo, acondicionadores de evaporación, consistentes en ventiladores de impulsión a los que se acoplan unos filtros de agua.

10.4. ACTIVOS INDIRECTOS

Son medios que utilizan algún tipo de energía convencional y no actúan directamente sobre el aire a introducir en el interior del recinto (figura 14.30), sino sobre elementos intermedios de contacto con el aire:

- Rociado de techos con agua que al evaporarse enfría la cubierta.

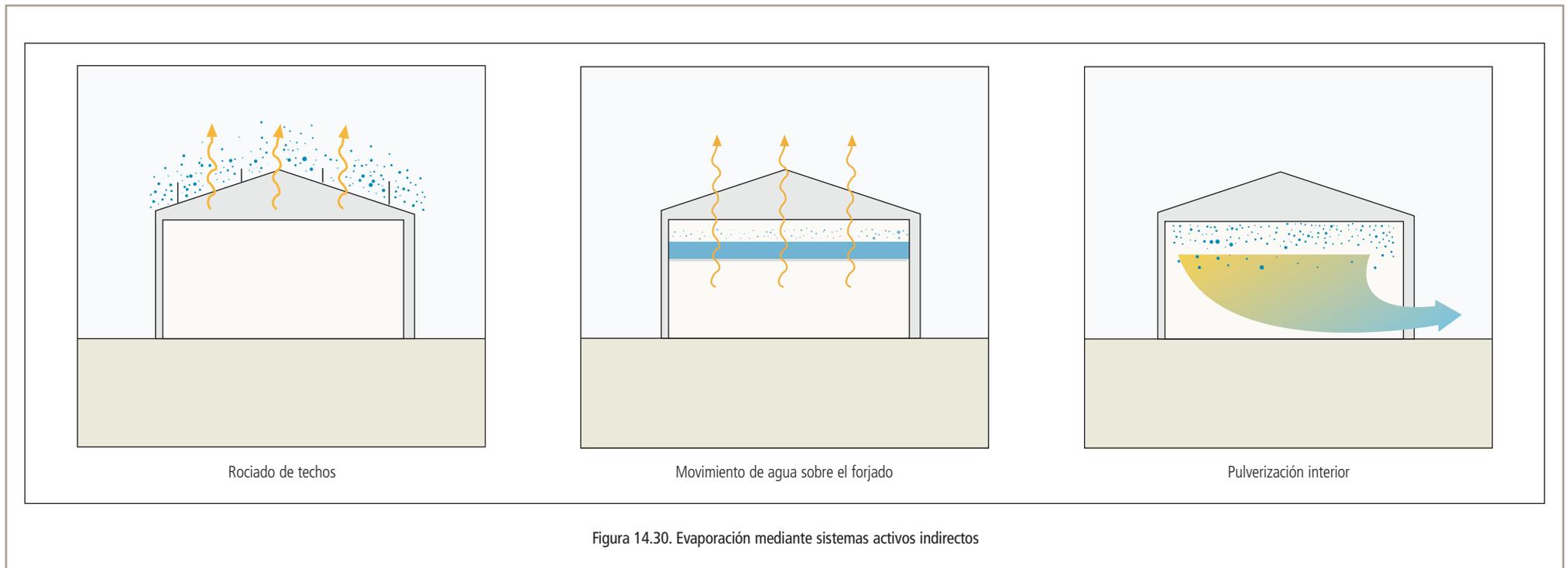
- Movimiento de agua bajo el forjado o a través del mismo; este agua absorbe el calor del forjado, disminuyendo la temperatura de tal modo que puede absorber calor del interior del recinto.
- Pulverización de agua en zonas superiores donde se localiza el aire más caliente, que al enfriarse desciende, con lo que además del enfriamiento buscado, se producen corrientes de aire que colaboran a una mayor sensación de confort. Este sistema es de gran eficacia en espacios abiertos de gran dimensión.

En la utilización de estos sistemas hay una serie de observaciones a tener en cuenta:

- Debe disponerse de una provisión de agua suficiente para permitir la operación continuada del sistema, lo que es fundamental a la hora de seleccionar este método de refrigeración,

teniendo en cuenta las posibles épocas de sequía así como las zonas en las que la escasez del agua haga de este sistema inadecuado.

- Estos medios no permiten el reciclaje del aire enfriado y saturado de vapor, de tal modo que se precisa una obligatoria renovación constante del aire del recinto.
- Los sistemas elegidos de refrigeración por evaporación deben combinarse con sistemas de protección solar ya que el proceso evaporativo debe robar el calor del aire interior y no del exterior.
- Como recomendación para la obtención de un sistema eficaz, se debe usar una combinación de masas de agua, vegetación y espacios dotados con fuentes, aprovechando los vientos dominantes para una mejor distribución del aire que ha sido enfriado o creando corrientes de aire con el diseño.



11. REFRIGERACIÓN POR ALTA MASA TÉRMICA CON RENOVAÇÃO NOCTURNA

Al realizar los gráficos de confort, se detecta que no se llega a esta zona en los climogramas estudiados. No obstante es un sistema adecuado para resolver sobrecalentamientos en temperaturas pico.

La zona de influencia de la alta masa térmica en el diagrama de Givoni, comprende un área definida por una línea poligonal, representada en la figura 14.31, que cubre el espacio existente entre la zona 9 del diagrama de Givoni y una línea quebrada que, partiendo de los 35°C y 8% HR, une los puntos definidos por 44°C y 5% HR, 44°C y 20% HR, 40°C y 32% HR y 31,5°C y 50% HR.

En las zonas en las que se da esta situación del diagrama de Givoni, la temperatura media está en torno a los 27°, y para conseguir una reducción de la temperatura media interior por medios pasivos es necesario fomentar y aprovechar el desfase entre las condiciones exteriores y la respuesta interior (figura 14.32).

Fundamentalmente se trata de evitar que el calor existente en el exterior del edificio durante el día penetre en el interior de la edificación directamente y que la onda de calor que atraviesa los paramentos tenga un desfase de unas 12 horas, de forma que cuando la temperatura desciende en el exterior por debajo de la media (noche), se abran los huecos de la edificación permitiendo, o forzando, la entrada de aire fresco (figura 14.33). En el interior de la edificación se consigue una temperatura por debajo de la media durante todo el día.

Los mejores rendimientos en Canarias se obtendrán en los lugares donde la oscilación térmica día-noche está en torno a los 15°C - 20°C, aunque los resultados son apreciables con diferencias en torno a los 10°C.

Es fundamental el concepto de protección solar. Sería inútil todo el proceso si se favoreciera la entrada de radiación en el espacio interior.

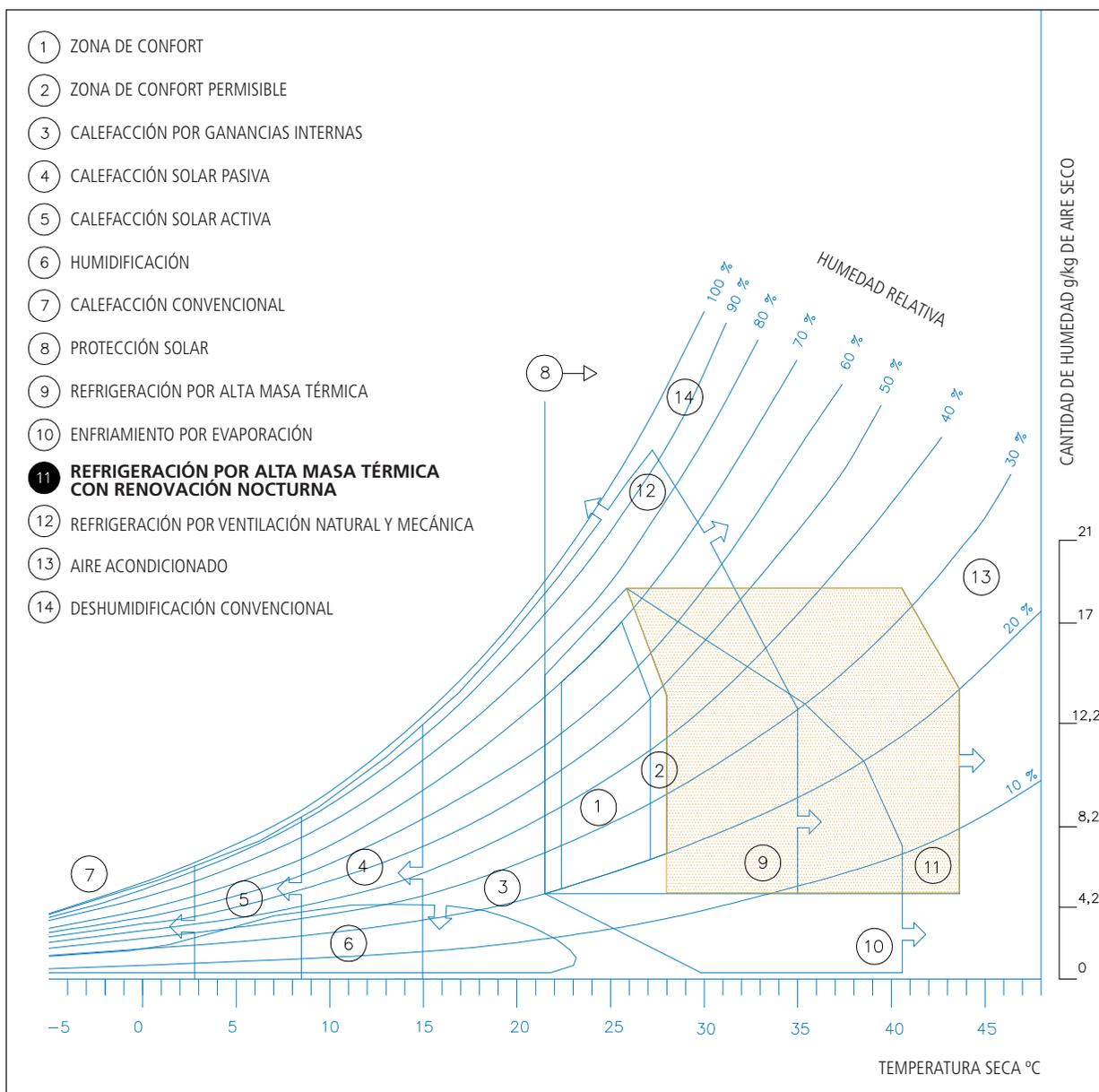


Figura 14.31. Carta bioclimática de givoni (28° latitud Norte)

En este proceso de enfriamiento nocturno intervienen dos conceptos: el de disipación, ya explicado (figura 14.34), y el de ventilación nocturna, en el que por efecto del aire exterior se enfrían los muros de la edificación hasta llegar a la temperatura mínima nocturna que será la base del nuevo proceso día-noche. Como puede verse en estos casos son más importantes la frecuencia de las temperaturas mínimas que las de máximas.

El movimiento del aire interviene de manera fundamental en el proceso; este movimiento puede deberse a causas naturales, puede estar forzado por el diseño de la construcción o bien ser mecánico.

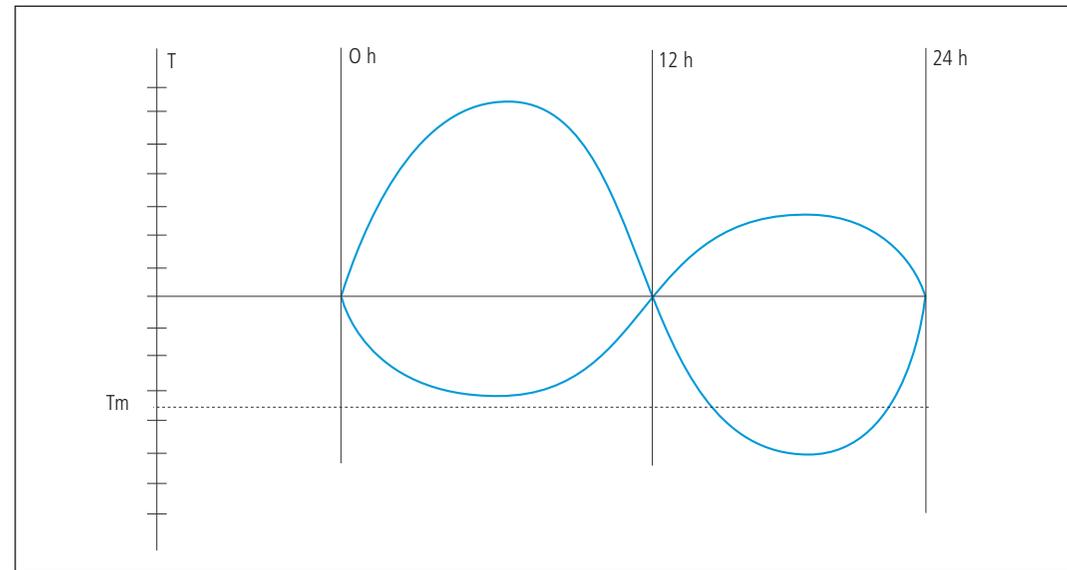


Figura 14.32. Superposición de desfasos e intercambios interior-exterior

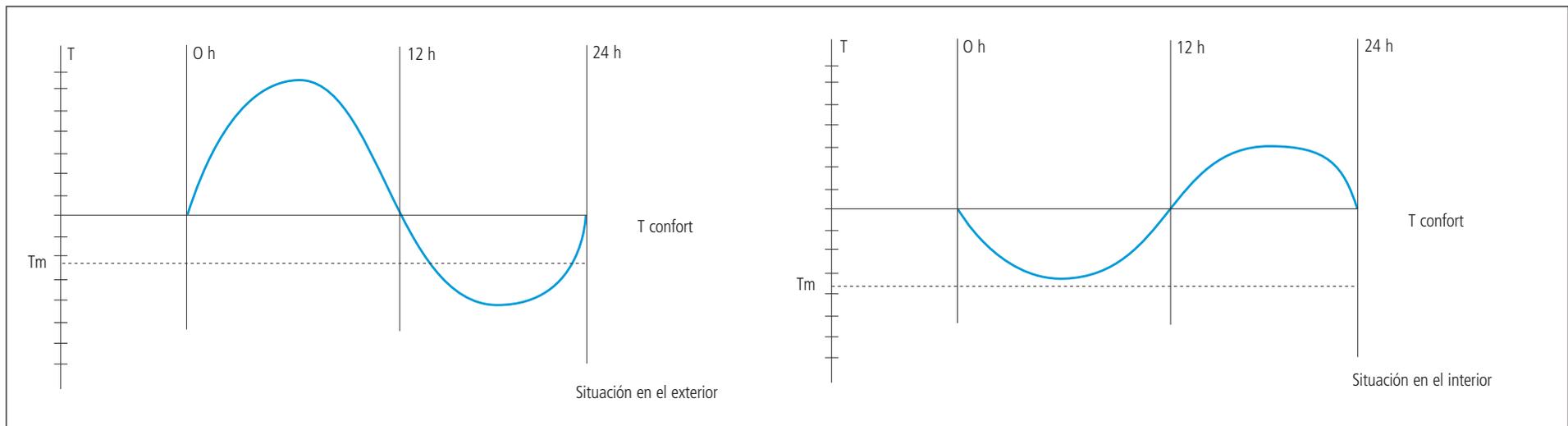


Figura 14.33. Desfase y amortiguamiento de la onda térmica

11.1. VENTILACIÓN NATURAL

El diseño de la vivienda puede ayudar a la creación de corrientes de aire por medio de:

- Diferencia de presión debida al viento.
- Ventilación cruzada (figura 14.37).
- Diferencia de presión entre las fachadas del edificio (figura 14.35).
- Diferencia de presión entre el exterior y el interior.
- Succión provocada por la ascensión de masas de aire más caliente al facilitarles la salida al exterior (efecto chimenea) (figura 14.36).

La ventilación forzada se realiza mediante un ventilador que impulse el aire del exterior hacia el interior o por un extractor activo o solar-pasivo que extraiga el aire del interior.

Se debe tener en cuenta que el aire caliente tiene un menor peso específico que el frío y que las masas de aire caliente se concentran en las partes altas, siendo suficiente en algunas ocasiones mantener una ventilación de las partes altas de las habitaciones mediante montantes practicables o alejando estas masas de aire con unos techos a mayor altura de lo normal.

La forma del edificio y su organización urbana pueden adecuarse para obtener efectos de ventilación (Ver parámetros bioclimáticos, ventilación).

Es relativamente inútil el uso de elementos de gran inercia en situaciones en las que el salto térmico entre el día y la noche carece de relevancia.

Si no se toman las precauciones necesarias (protección de la masa durante las horas de calor) puede darse el caso de que el sistema se invierta y se consiga acumular el calor del día y no disiparlo durante toda la noche.

Las consideraciones anteriores se han realizado teniendo en cuenta simplemente una masa de aire frío; ahora bien, si se le añaden a ésta determinadas condiciones de viento y humedad, estaríamos dentro de las zonas 10 y/o 12 del diagrama de Givoni (enfriamiento por evaporación y/o ventilación natural y mecánica), que siempre favorece aunque no es imprescindible.

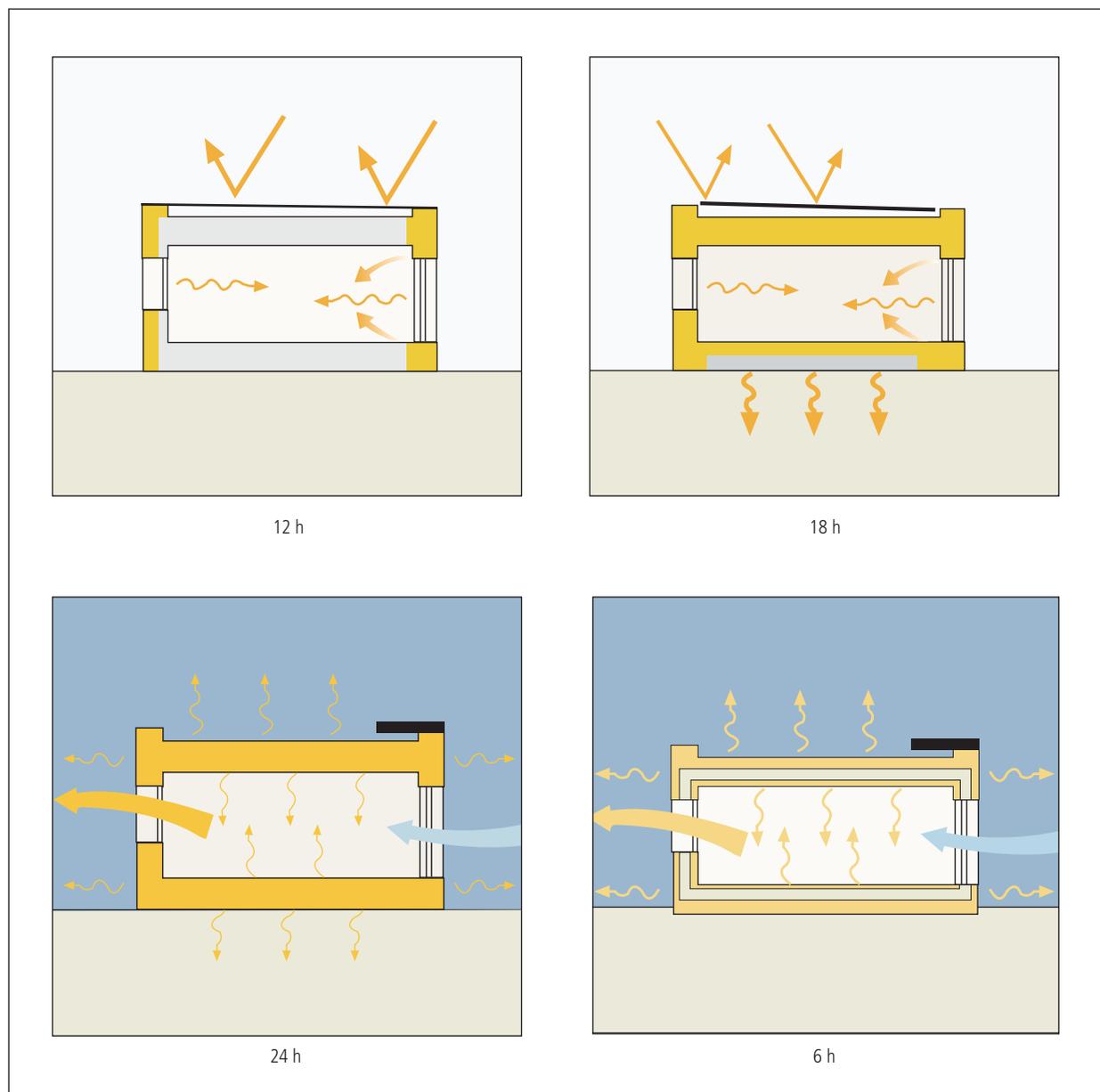


Figura 14.34. Sistemas de disipación

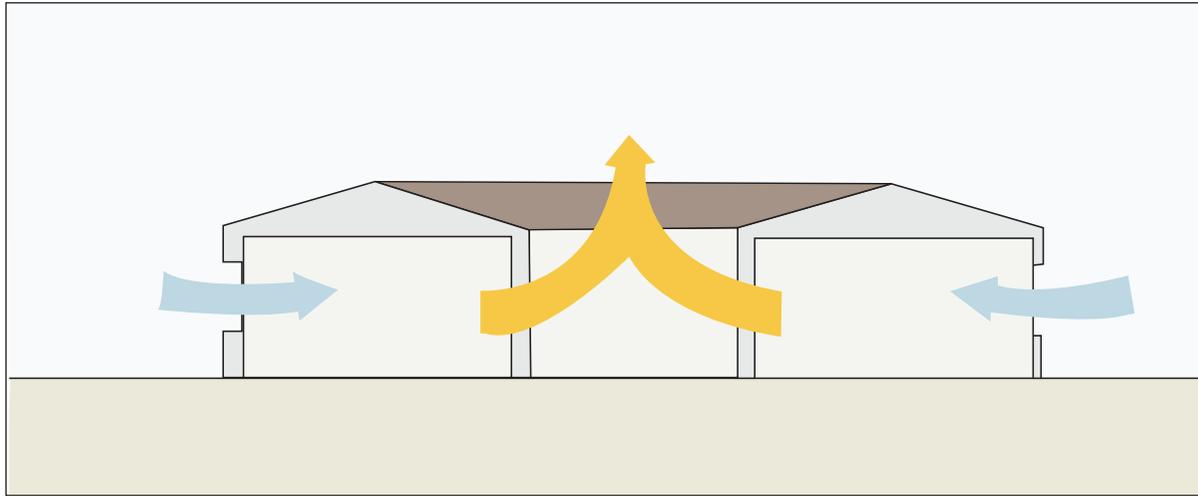
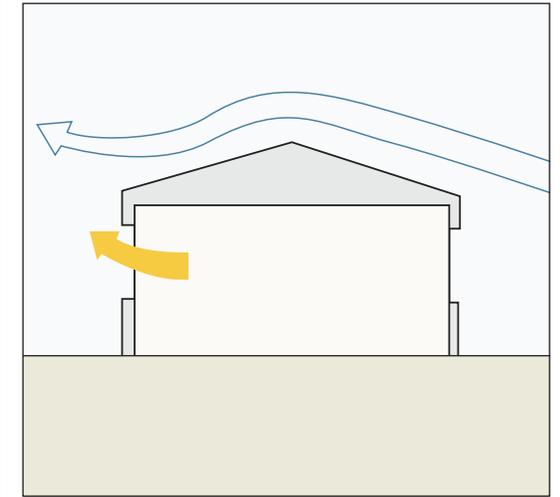
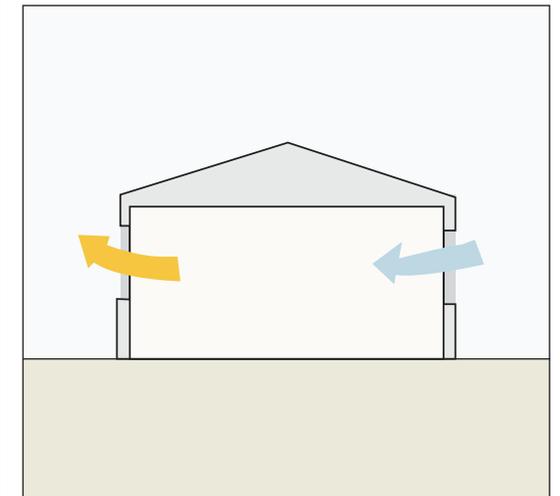


Figura 14.35. Ventilación por diferentes condiciones en la fachada

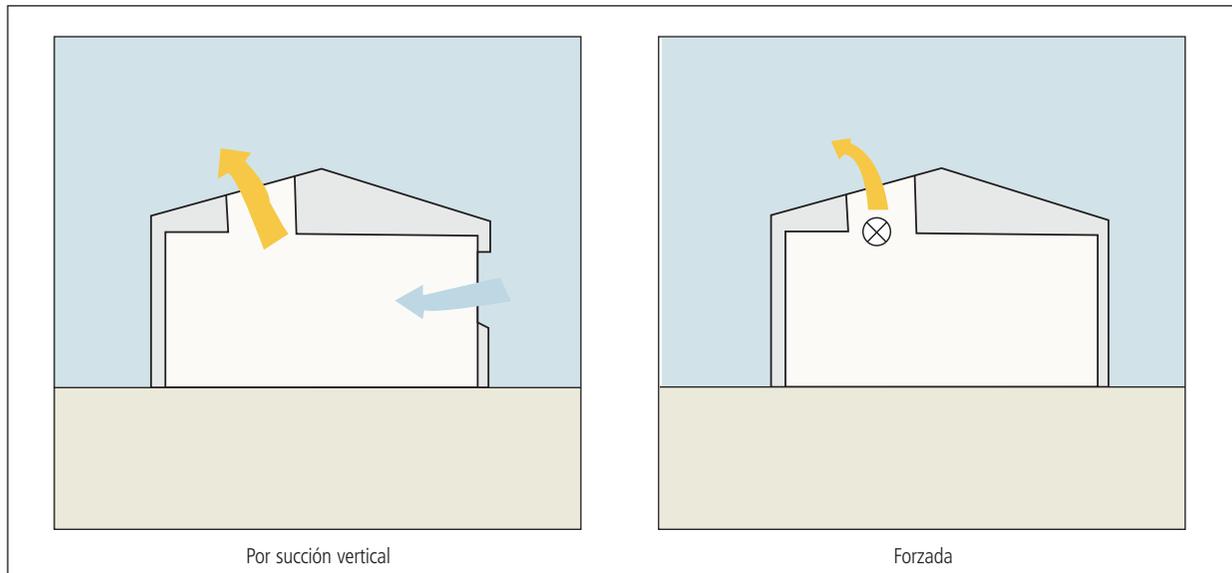


Por presión debida al viento



Cruzada

Figura 14.37. Ventilación



Por succión vertical

Forzada

Figura 14.36. Ventilación

Los requerimientos de un sistema pasivo de refrigeración diferida son en todo similares a los planteados por el sistema análogo de calefacción en lo referente al empleo de masa térmica para la construcción de muros, suelos o techos.

Se mejora el rendimiento de estos sistemas con el uso de mecanismos activos.

12. REFRIGERACIÓN POR VENTILACIÓN NATURAL Y MECÁNICA

La zona denominada como refrigeración por ventilación natural y mecánica ocupa un área del diagrama de Givoni comprendido entre las líneas del 75% y 20% de humedad relativa, por la zona de confort y por una línea quebrada, que en su tramo vertical inferior corresponde a los 31,5°C, y que llega hasta el 50% de humedad, donde se quiebra la línea hasta el punto determinado por 29°C y 75% de humedad (figura 14.38).

Mediante la utilización de la ventilación se consigue una renovación del aire interior, eliminando el aire viciado o con exceso de vapor de agua, incidiendo en la mejor calidad del ambiente interior a la vez que se mejora la sensación térmica.

La ventilación natural es muy beneficiosa en áreas con suficiente viento en verano y humedad relativa superior al 20%, ya que con menores porcentajes de humedad hay riesgos de deshidratación del aire.

Este sistema de refrigeración pierde eficiencia en las zonas que no puedan garantizar un funcionamiento correcto debido a un gran porcentaje de calmas en el régimen de vientos, debiendo entonces adoptar otro tipo de sistema de refrigeración como principal y dejar la ventilación como elemento de apoyo.

La ventilación es combinación de sistemas generadores del movimiento del aire y sistemas de tratamiento del aire a introducir, aunque uno de los factores determinantes de su eficacia es la velocidad del aire.

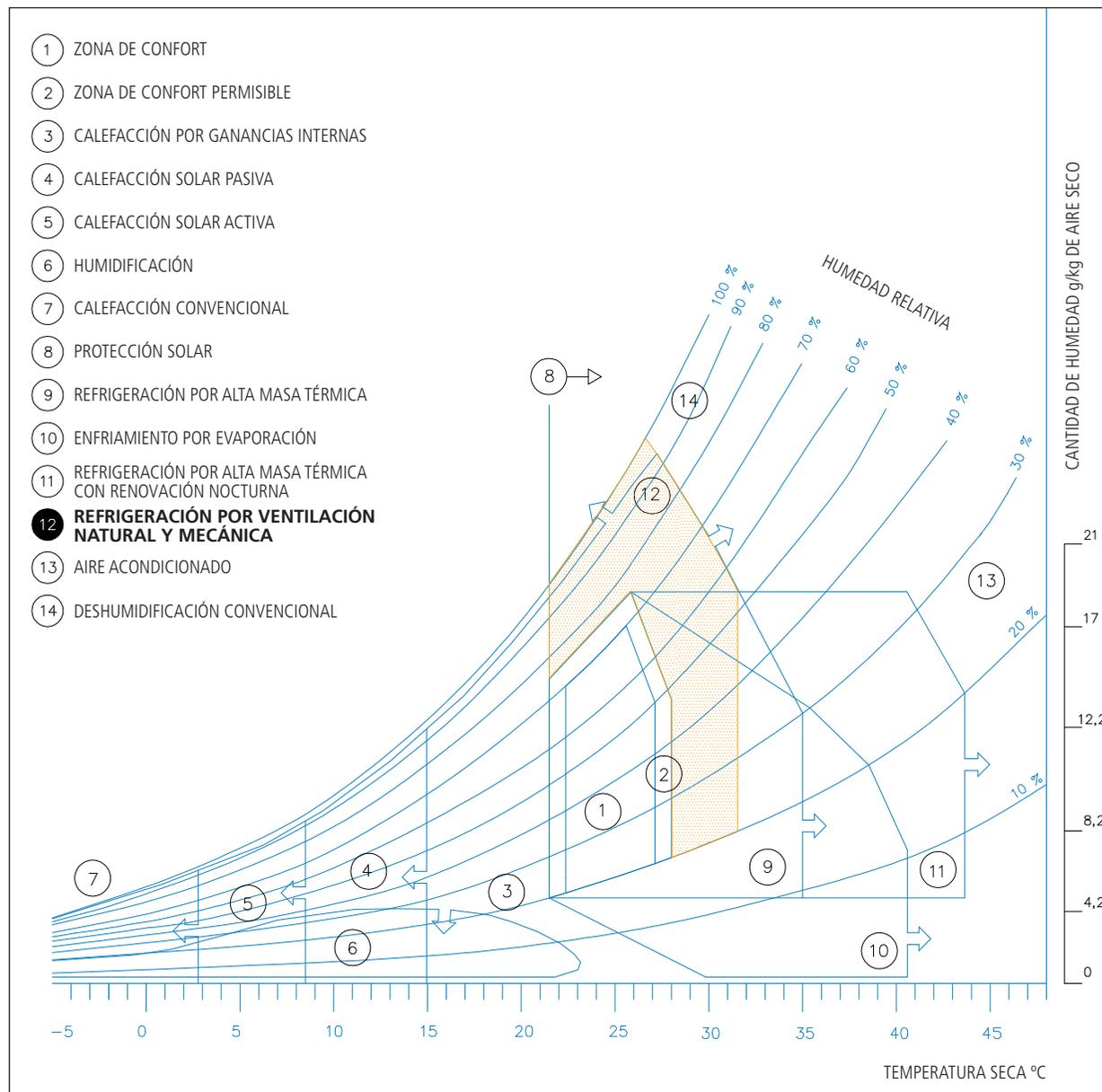


Figura 14.38. Carta bioclimática de givoni (28° latitud Norte)

12.1. VENTILACIÓN NATURAL

El movimiento del aire en el interior se puede producir por medio de alguno de los métodos siguientes:

Ventilación cruzada

Se produce al realizar dos aberturas situadas en fachadas opuestas, que deben dar a espacios exteriores (figura 14.39). Estas aberturas se deben orientar en el sentido del viento, para aprovechar las brisas existentes. También se pueden crear en el caso de disponer de dos fachadas opuestas que no reciban radiación solar simultáneamente, con lo que se crea una diferencia térmica que provoca el movimiento del aire.

Para facilitar este movimiento de aire se pueden adoptar las siguientes medidas, que aunque no son imprescindibles para su funcionamiento, sí aumentan la eficacia:

- Disposición diagonal, en planta, de puertas y ventanas, con lo que se facilita una ventilación completa de la estancia.

- Uso de carpinterías practicables, en vez de correderas, buscando una composición que permita la mayor apertura posible, no dejando cristales fijos en las partes altas de los huecos, de tal modo que se facilite la salida del aire caliente acumulado en los estratos superiores de la habitación.
- Colocación de barandillas o superficies perforadas en petos de terrazas que no ofrezcan obstrucción al paso el aire.

Efecto chimenea

Se realiza una abertura en la parte superior del recinto que provoca una extracción vertical. También se realizan aberturas inferiores para la entrada del aire fresco, este método evita la estratificación del aire. Cuando las temperaturas exteriores son muy altas no se producen buenas extracciones del aire interior (figura 14.40).

Cámara o chimenea solar

Se realiza una cámara calentada por captación directa que provoca una mayor succión del aire interior. La orienta-

ción de esta cámara debe ser la adecuada según las necesidades; si se requiere el mayor tiro posible se debe situar donde reciba la máxima intensidad de radiación solar en verano (figura 14.41).

Aspiración estática

La aspiración se efectúa por efecto Venturi. Se necesitan fuertes vientos, así como la orientación adecuada para utilizarlos (figura 14.42).

Torre de viento

Se produce la recogida de aire a través de una torre que introduce el aire por las zonas bajas del recinto. Si la dirección del viento es única, se realizará una sola entrada; si es variable, se practicarán varias entradas. Se necesitan vientos frecuentes e intensos y frescos (figura 14.43).

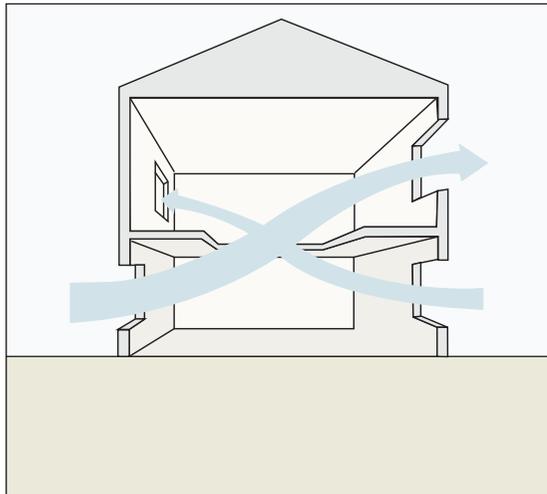


Figura 14.39. Ventilación cruzada

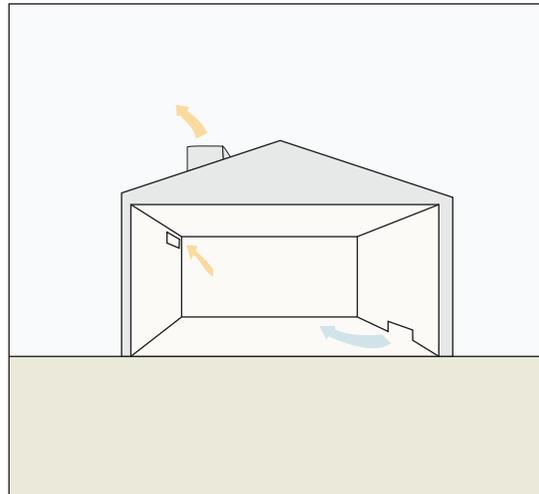


Figura 14.40. Efecto chimenea

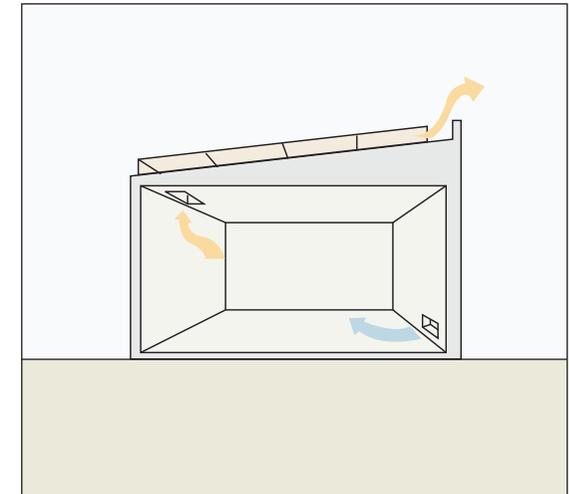


Figura 14.41. Cámara solar

Sistemas generadores de movimiento de aire

12.2. VENTILACIÓN MECÁNICA

Se realiza con presencia de aparatos impulsores de aire, se utilizará cuando la ventilación por medios naturales sea insuficiente.

12.3. SISTEMAS DE TRATAMIENTO DEL AIRE

Actúan sobre la temperatura o humedad del aire. Algunos ejemplos son los siguientes:

Torres evaporativas

El aire penetra por la parte superior de una torre, siendo enfriado por la evaporación del agua que humedece el interior de la chimenea, bien por estar en recipiente, bien por circular por las paredes de la torre (figura 14.44). Con todo esto también se produce una cierta impulsión del aire hacia el interior, al disminuir su temperatura, lo que favorece su distribución en el interior del recinto. La efectividad de este sistema aumenta cuando se utiliza para la climatización de espacios reducidos.

Patios

Se hace circular el aire a través de un espacio exterior acotado, es decir, un ambiente descubierto, central, rodeado de habitaciones (figura 14.45). Se aumenta la efectividad si se combina con sistemas de protección solar, vegetación, toldos, etc. El patio se comporta como un acumulador de aire frío, que luego se distribuye a los espacios circundantes, sirviendo también como zona de toma de aire fresco para las ventilaciones, ya que permite tener varias fachadas en sombra.

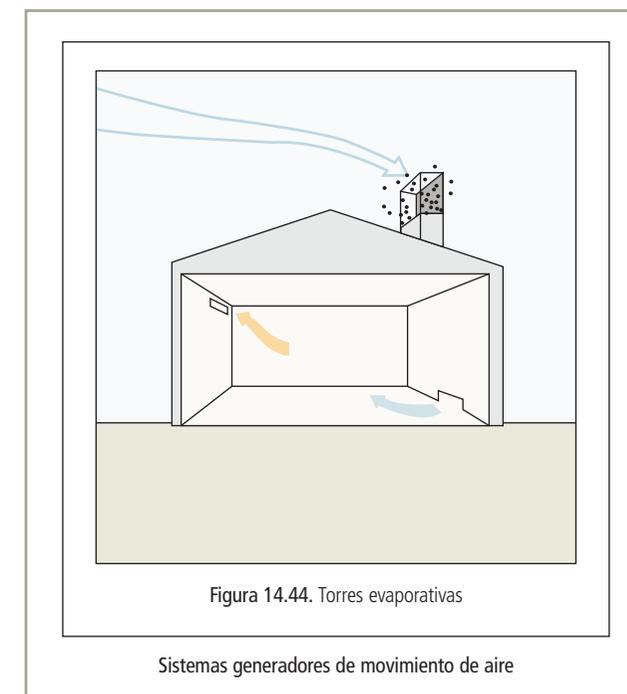
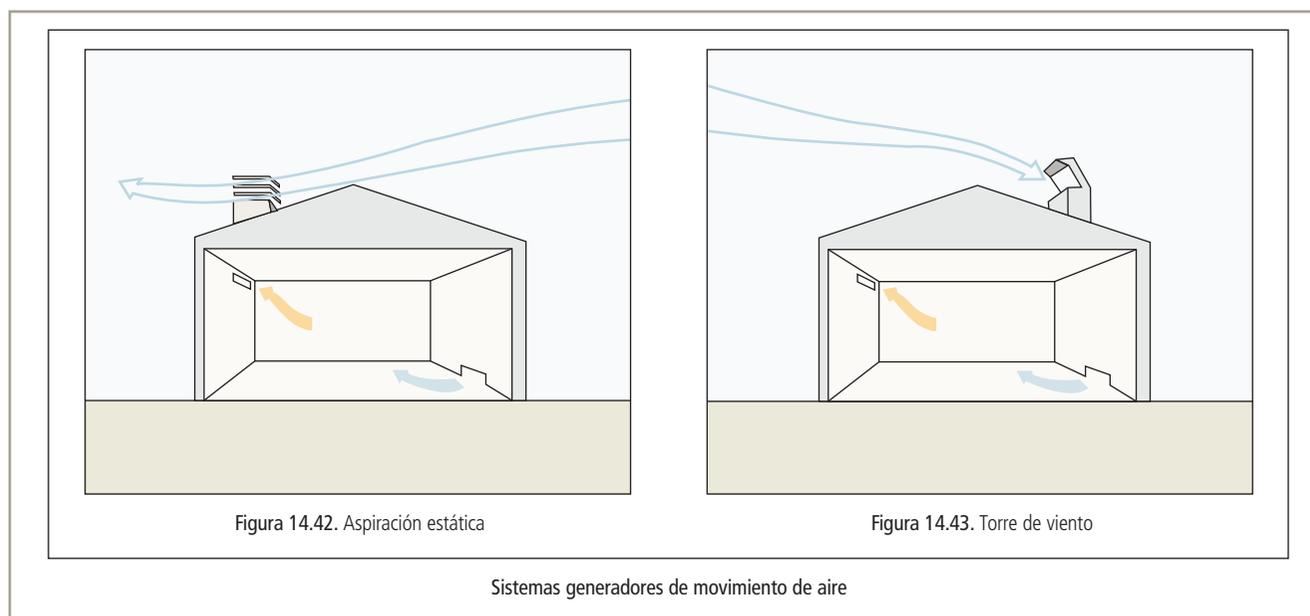
Ventilación subterránea

Se aprovecha la inercia térmica del terreno, al hacer pasar el aire a través de conductos enterrados entre 6 y 12 m de profundidad, donde la temperatura del terreno es constante (se mantiene a la temperatura media del lugar), antes de introducirlo en el recinto (figura 14.46). Las longitudes de conductos necesarias para garantizar el intercambio térmico son bastantes grandes, en función del volumen a aclimatar (como referencia unos treinta metros para un local de tamaño medio).

Para una mejor eficacia, es recomendable mojar o regar la tierra donde se sitúan las conducciones ya que así se aumenta la capacidad de transmisión térmica entre ambos elementos. El uso de este sistema debe ser discontinuo, ya que el efecto refrigerador se reduce después de usos prolongados.

Para que los edificios puedan aprovechar al máximo estos sistemas de ventilación, han de estar bien expuestos al viento en los períodos estivales. Deben tener cerramientos dotados con suficientes ventanas y huecos de ventilación. Otras medidas recomendables son:

- Diseñar el edificio con planta abierta.
- Poseer montantes practicables sobre las particiones interiores, de modo que se garantice la ventilación cruzada en todo el interior del edificio.
- Las zonas exteriores desde donde se introduce el aire fresco deben estar bien sombreadas y dotadas de vegetación, siendo recomendable la orientación norte.



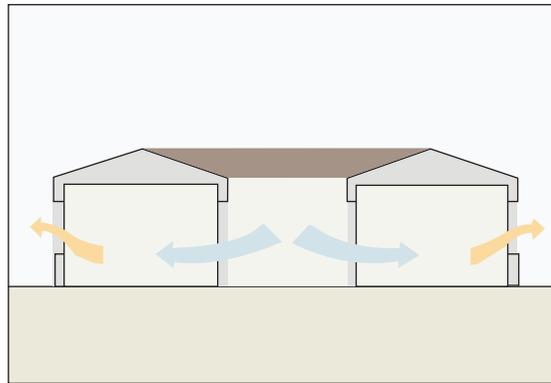


Figura 14.45. Patios

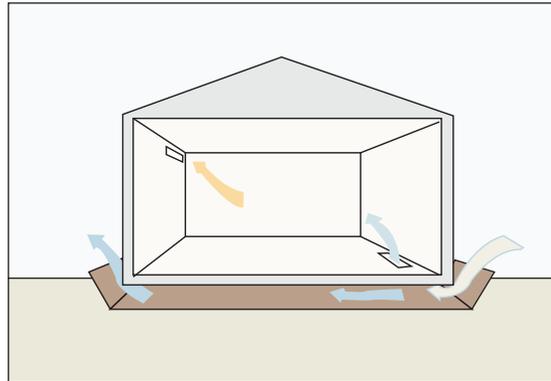


Figura 14.46. Ventilación subterránea

Sistemas de tratamiento del aire

13. AIRE ACONDICIONADO

No sería necesario en Canarias. Sólo en temperaturas pico.

El área que comprende este apartado dentro del diagrama de Givoni es el resto del diagrama no comprendido en otras áreas de refrigeración, a excepción de la zona comprendida entre el 80% y el 100% de humedad a partir de los 24°C, que aún perteneciendo al apartado de deshumidificación convencional, también se incluye en este apartado (figura 14.47).

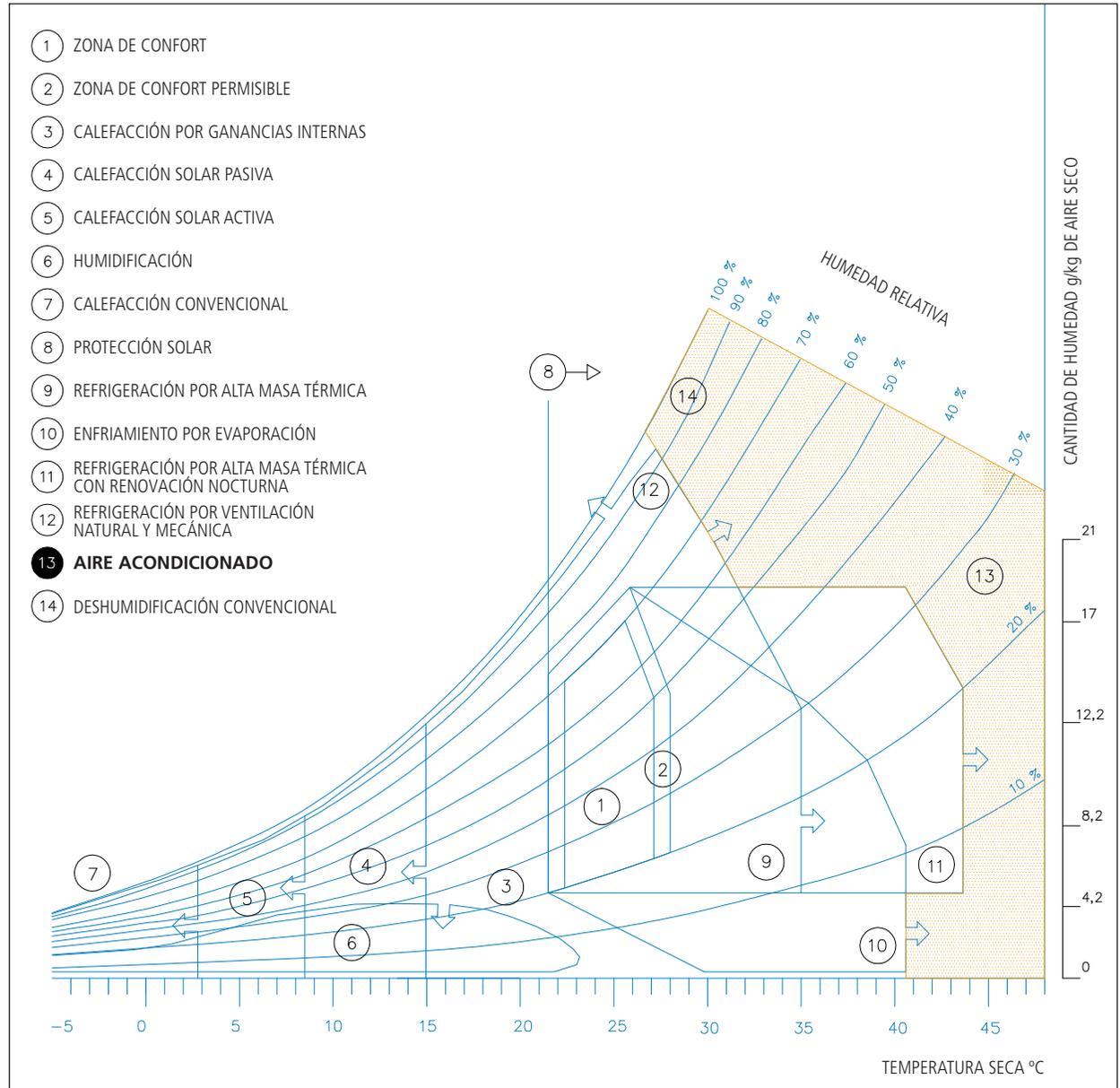


Figura 14.47. Carta bioclimática de givoni (28° latitud Norte)

La disminución de la temperatura necesaria para alcanzar la zona de confort se debe producir por medio de equipos de acondicionamiento de aire.

En Canarias este tipo de acondicionamientos es necesario en situaciones extremas del verano en parte del territorio y en las que no se puede obtener el confort por medio de ningún otro sistema.

A pesar de no ser un sistema bioclimático, hay que tener en cuenta que un adecuado diseño del edificio, así como una buena elección de los materiales, permite que el uso de este tipo de refrigeración no tenga carácter prioritario, sino meramente de apoyo, con una importante reducción del consumo de energía.

En la actualidad existen en el mercado muchos modelos que cubren las diferentes opciones con distintos sistemas de actuación. Para su correcta selección es fundamental un adecuado ajuste de las cargas de refrigeración a cubrir, eligiendo un sistema que, además de un mínimo consumo energético, tenga en cuenta cuestiones de contaminación ambiental, como es la utilización de gases prohibidos en algunas normativas europeas.

También es importante tener en cuenta una serie de aspectos, a la hora de seleccionar el tipo de instalación a realizar:

- Se debe tener en cuenta no sólo el coste inicial de la propia instalación sino también el coste de mantenimiento y la repercusión de las posibles averías.
- Se debe prever la minimización de las instalaciones mediante un cálculo ajustado de la potencia necesaria en los aparatos así como mediante un correcto aprovechamiento de los rendimientos efectivos de la maquinaria.
- Se debe evitar el consumo y producción de materias contaminantes, como se ha mencionado anteriormente.

Es fundamental reducir al máximo las ganancias debidas a las fuentes de calor por lo que se deben adoptar las medidas necesarias en lo referente a la protección solar del recinto y al aislamiento de sus paramentos; el aislamiento se consigue con la utilización del espesor adecuado del material aislante elegido (ver el apartado correspondiente al aislamiento térmico).

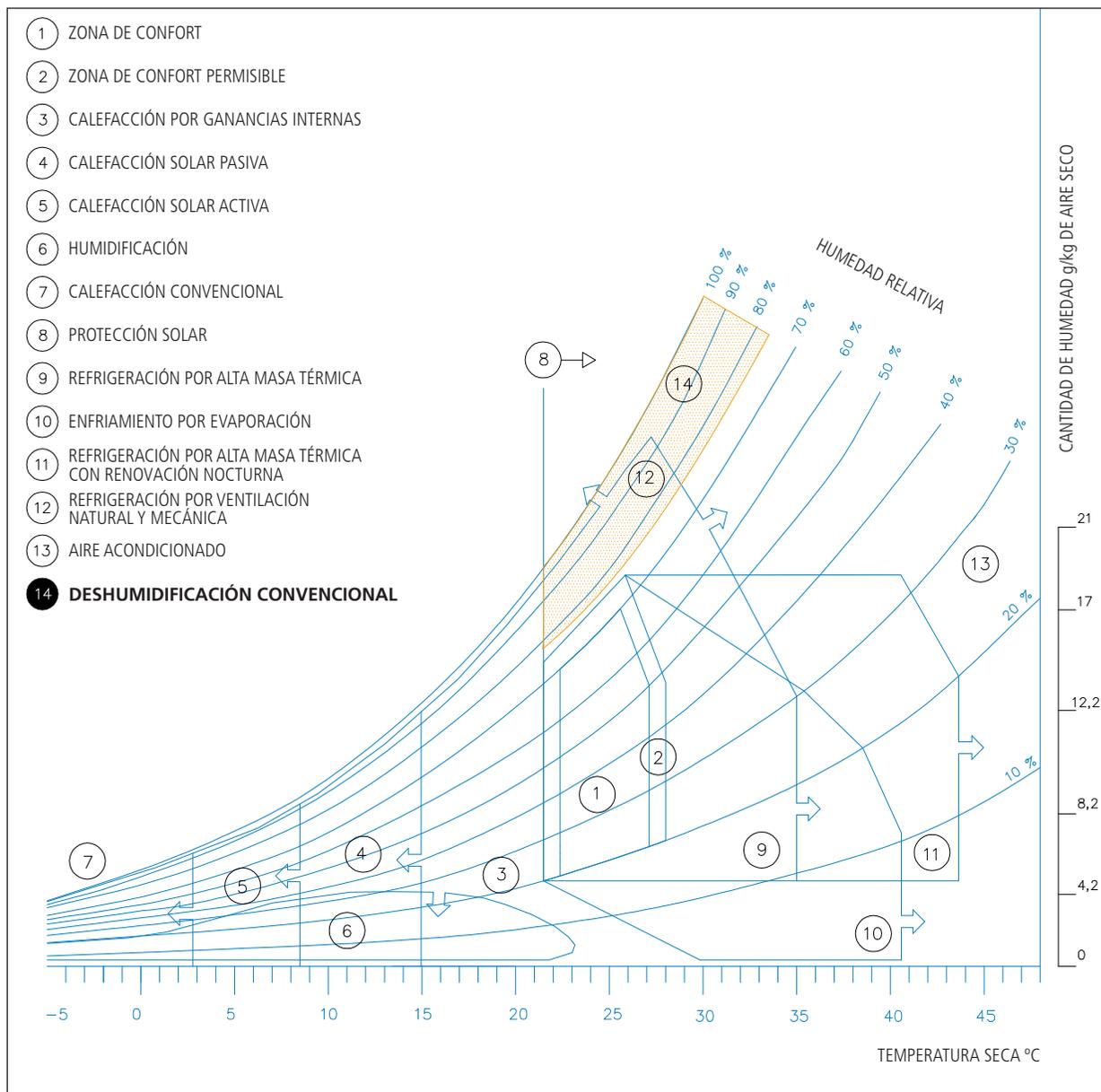


Figura 14.48. Carta bioclimática de givoni (28° latitud Norte)

Debe ser un sistema de apoyo una vez agotadas todas las posibilidades de refrigeración por adecuación bioclimática.

14. DESHUMIDIFICACIÓN CONVENCIONAL

Esta zona está comprendida entre el 80% y el 100% de humedad relativa y a partir de los 20°C. En esta situación se trata de mejorar las condiciones interiores de recintos con altos niveles de humedad, mediante la deshumidificación o desecación del aire, con lo que podemos tornar confortables temperaturas entre 21,5°C y 32,5°C (figura 14.48).

Es un sistema que, a excepción de temperaturas entre los 20°C y 24°C, necesita complementarse con otros sistemas estudiados.

Aunque este tipo de situaciones climáticas no son muy habituales en Canarias, los sistemas que se van a ver a continuación pueden ser de utilidad en algunas localidades.

Los métodos a utilizar se basan en sistemas de absorción del vapor de agua:

14.1. SALES DESECANTES

En su forma sólida absorben enormes cantidades de vapor de agua del aire, tornándose lentamente en solución salina, a la vez que disminuyen los niveles de humedad.

Se presentan en forma de recipientes que deben situarse en el interior del recinto, debiendo tener prevista la recogida de la solución salina obtenida.

El inconveniente del sistema es el reciclaje del producto líquido obtenido, debiéndose desecar, por exposición a la radiación solar, o bien eliminar, con la necesaria reposición continua del material desechado.

14.2. PLACAS SALINAS ABSORBENTES

Son dos placas que contienen sales absorbentes del vapor de agua. Su funcionamiento es de modo alternativo en el recinto, de modo que mientras una placa permanece en el interior del recinto absorbiendo el vapor de agua del aire, la otra se encuentra en

zonas soleadas del exterior, eliminando por evaporación el vapor de agua, devolviendo la operatividad a las placas salinas.

Se aumenta la eficacia del sistema utilizando un sistema mecánico de transporte de las placas a las zonas de desecación.

En zonas con altas temperaturas es inevitable la combinación de este sistema con equipos de acondicionamiento de aire.