

12. EL SER HUMANO Y EL CONFORT

M. de Luxán García de Diego, A. Reymundo Izard

DIAGRAMAS BIOCLIMÁTICOS

El mantenimiento del equilibrio térmico entre el cuerpo humano y su entorno es una de las necesidades primordiales para mantener la salud y el bienestar.

Debido al proceso metabólico, el cuerpo produce trabajo y calor. Esta producción interna de calor debe equilibrar las pérdidas y ganancias de calor ambiente, puesto que la temperatura interna debe mantenerse invariable. Cuando no se consigue este equilibrio, la temperatura de las partes internas del cuerpo sube o baja según la pérdida de calor sea menor o mayor que la producción de calor, hasta que se consigue la estabilización en un nuevo nivel o, si no se consigue, hasta que el cuerpo sufre un colapso.

Los cambios de calor se producen por convección y por radiación con el aire ambiente y las superficies que le rodean, respectivamente. Además, se puede perder calor por evaporación del sudor y el agua de los pulmones.

Para el estudio de esta relación hombre-clima tan importante para la vida humana se han hecho numerosos estudios analizando las variables que intervienen y cómo intervienen.

Llegar a conclusiones en estas investigaciones es difícil, ya que son muchos los factores que influyen en los intercambios de calor entre el cuerpo humano y su medio, y todos ellos actúan de un modo simultáneo.

Es necesario pues, evaluar el efecto combinado de los factores ambientales sobre las respuestas fisiológicas y sensoriales del cuerpo y expresar cualquier combinación de ellos en forma simple a través de lo que se ha dado en llamar Índice Térmico.

Un notable esfuerzo para establecer las relaciones entre las distintas variables térmicas y el confort humano son los llamados

Diagramas Bioclimáticos, que usan un sistema de representación gráfica de estas relaciones.

Básicamente se trata de diagramas psicométricos que relacionan temperatura y humedad, y sobre los que se establecen las condiciones de confort en función de los índices térmicos.

Los más usados son el de Olgay y el de Givoni, el primero de los cuales cuantifica las correcciones de los parámetros bioclimáticos para la obtención del confort, y el segundo, cuenta con las modificaciones que en el clima puede producir la arquitectura y señala las cualidades que deben tener las edificaciones para conseguir la sensación de confort dentro de los mismos.

CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGAY

El Climograma o Carta Bioclimática de Olgay es un diagrama en el que en el eje de abscisas se representa la humedad relativa y en el de ordenadas la temperatura como condiciones básicas que afectan a la temperatura sensible del cuerpo humano. Dentro de él se señala la zona que contiene los sistemas de valores temperatura-humedad en las que el cuerpo humano requiere el mínimo gasto de energía para ajustarse al medio ambiente, llamada "zona de confort" (figura 12.1).

La zona de confort señalada en el diagrama es aquella en la que, a la sombra, con ropa ligera y con baja actividad muscular, se tiene sensación térmica agradable.

La carta aquí presentada está adaptada a las condiciones canarias, válida en regiones templadas (latitud 28°, altitud media 300 m), en condiciones de exterior.

La zona de confort se ha adecuado a la adaptación y costumbre de los canarios al clima y al modo generalizado de vida y vestido.

En esta carta se representa el clima anual de una zona conociendo las condiciones de temperatura y humedad. Aunque suelen utilizarse las condiciones medias de temperatura y humedad mensuales, se obtiene una mejor imagen si se utilizan, como se ha hecho en este libro, las temperaturas y humedades medias de las máximas y mínimas de cada mes, pues señalan las oscilaciones diarias, con lo que se puede apreciar las necesidades horarias, a veces muy distintas.

Una vez representado el clima se pueden observar en él las condiciones medias de humedad y temperatura que se dan en cada momento y su desviación con respecto a la zona de bienestar.

Los puntos temperatura-humedad que están por debajo de la zona de confort (momentos infracalentados), pueden ser restituidos al confort por medio de la radiación, bien la solar directa o indirecta o de cualquier otro tipo.

El límite inferior de la zona de confort, 21,5 °C, establece una separación por encima de la cual es necesaria la utilización de la protección solar y por debajo de la cual se necesita radiación. A partir de este límite y hacia arriba la zona de bienestar asciende con el movimiento del aire y desciende por radiación solar.

El límite superior de la zona de confort, se ha fijado en 28°C con humedades relativas medias de hasta un 50%, disminuyendo gradualmente cuando la humedad aumenta.

Los puntos del diagrama que están por encima de la zona de confort, corresponden a las condiciones climáticas en las que hay un exceso de calor (momentos sobrecalentados). Para restablecer las condiciones de confort se podrán adoptar medidas correctoras como la creación de protecciones solares, el aprovechamiento del viento si lo hay, o la creación, mediante un diseño

adecuado, de corrientes de aire. Si las humedades relativas son bajas, se puede corregir con aumento de vapor de agua y aprovechar también el efecto refrigerante de la evaporación.

El factor ropa contribuye a ampliar la zona de confort admisible. La escala de medida del factor de corrección del vestido más admitida es el CLO. Ésta es una medida arbitraria de aislamiento por vestido. La escala va desde cero, cuando no hay ropa, hasta cuatro, que representa la gruesa indumentaria polar, pasando por la unidad que corresponde a traje y ropa interior normales. La unidad se define científicamente como la resistencia que encuentra el calor para transmitirse desde la piel hasta la superficie exterior de la ropa (tabla 12.1). En Canarias los valores oscilarían entre el 0 y el 1,5.

La carta de Olgay está diseñada para condiciones de exterior y no tiene en cuenta el edificio y las variaciones que éste produce en las condiciones temperatura - humedad interiores.

Sin embargo, dado que cuantifica las necesidades para la obtención del bienestar, puede utilizarse, como indicador de las condiciones que se deben crear en el interior de las edificaciones.

Factor ropa	Tipo de vestido
0	Desnudo
0,5	Ropa ligera de verano
1,0	Traje normal con chaleco
1,5	Ropa de abrigo medio
2,0	Ropa de abrigo grueso

Tabla 12.1. Escala CLO

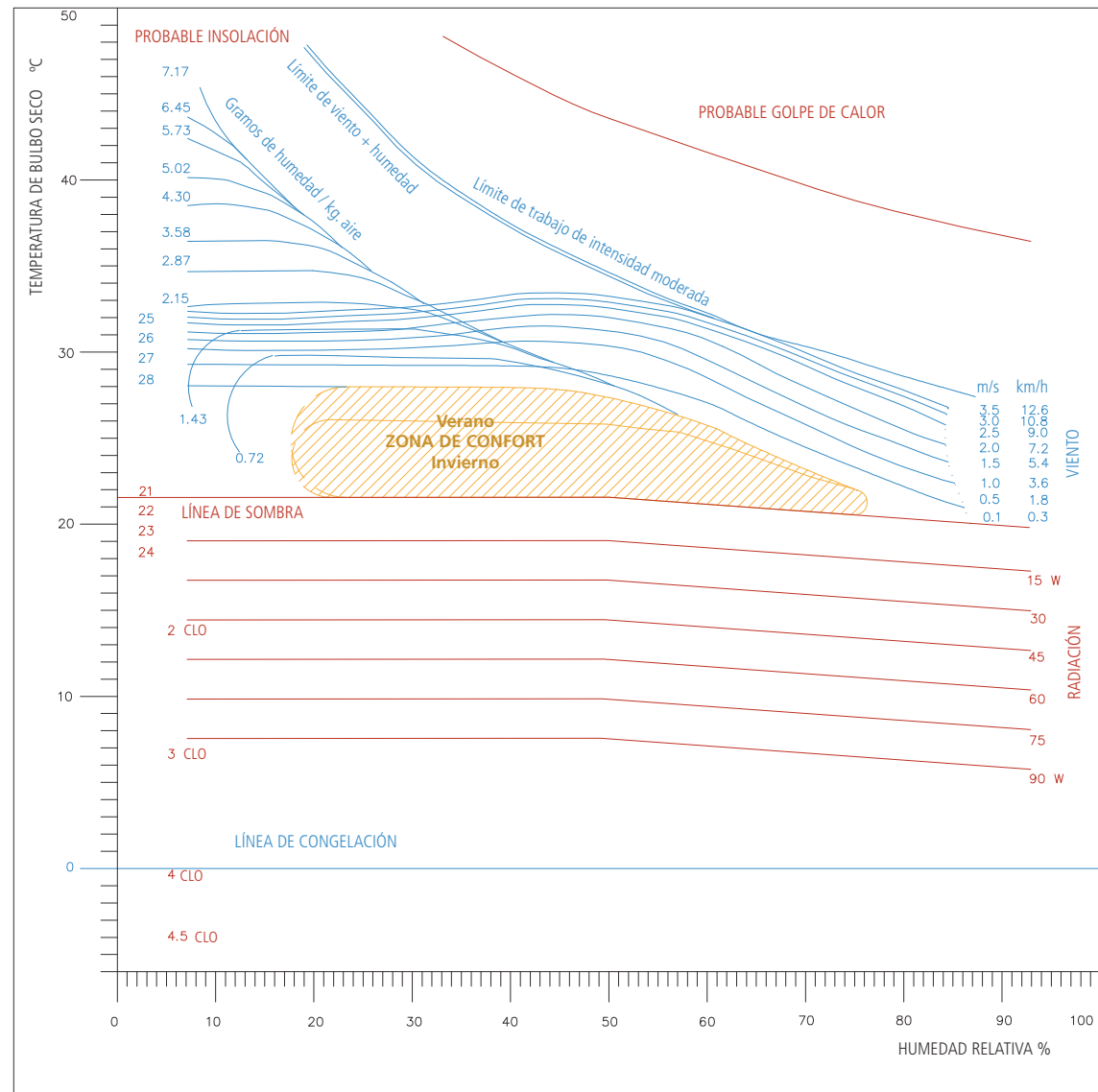


Figura 12.1. Carta bioclimática de Olgay (28° latitud Norte)

CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI

La Carta Bioclimática de Givoni se basa en el Índice de Tensión Térmica (ITS) para delimitar la zona de bienestar, y su aplicación es muy adecuada en climas cálidos de las regiones áridas.

Este método tiene en cuenta las características de la construcción como modificadoras de las condiciones del clima exterior, y en sus recomendaciones habla del bienestar en el interior de las edificaciones.

Givoni propone una carta bioclimática en la que en el eje de abscisas se representan las temperaturas de bulbo seco (la que normalmente dan los observatorios) y las ordenadas representan la tensión parcial de vapor de agua contenido en el aire, y las líneas curvas, psicrométricas, representan la humedad relativa. Sobre la línea de máxima humedad 100% se representa la temperatura de bulbo húmedo (figura 12.2).

La representación del clima anual se ha realizado con las condiciones medias de las máximas y mínimas de cada mes, con lo que además de los valores medios queda plasmada la oscilación diaria de los parámetros temperatura-humedad, dato muy importante para el diseño de las cualidades termofísicas del edificio.

Se delimitan varias zonas cuyas características de temperatura y humedad indican la conveniencia de utilizar unas determinadas estrategias de diseño en la edificación. En aquellas zonas en las que se superponen distintas estrategias, se puede usar una, otra o la acción combinada del conjunto de las recomendadas. Hay que tener en cuenta también que el cumplimiento de las condiciones consideradas como insuficientes, favorecen y abaratan el uso de las necesarias. Así, si se necesita calefacción, un buen comportamiento pasivo disminuirá la cantidad de energía que se gaste en ella; o si se necesita refrigeración, el buen diseño pasivo minimizará la instalación.

PARÁMETROS BIOCLIMÁTICOS

Una vez analizadas las condiciones del entorno que modifican los valores de las variables climáticas en cada una de las escalas (general, de entorno y de entorno próximo), y visto en los

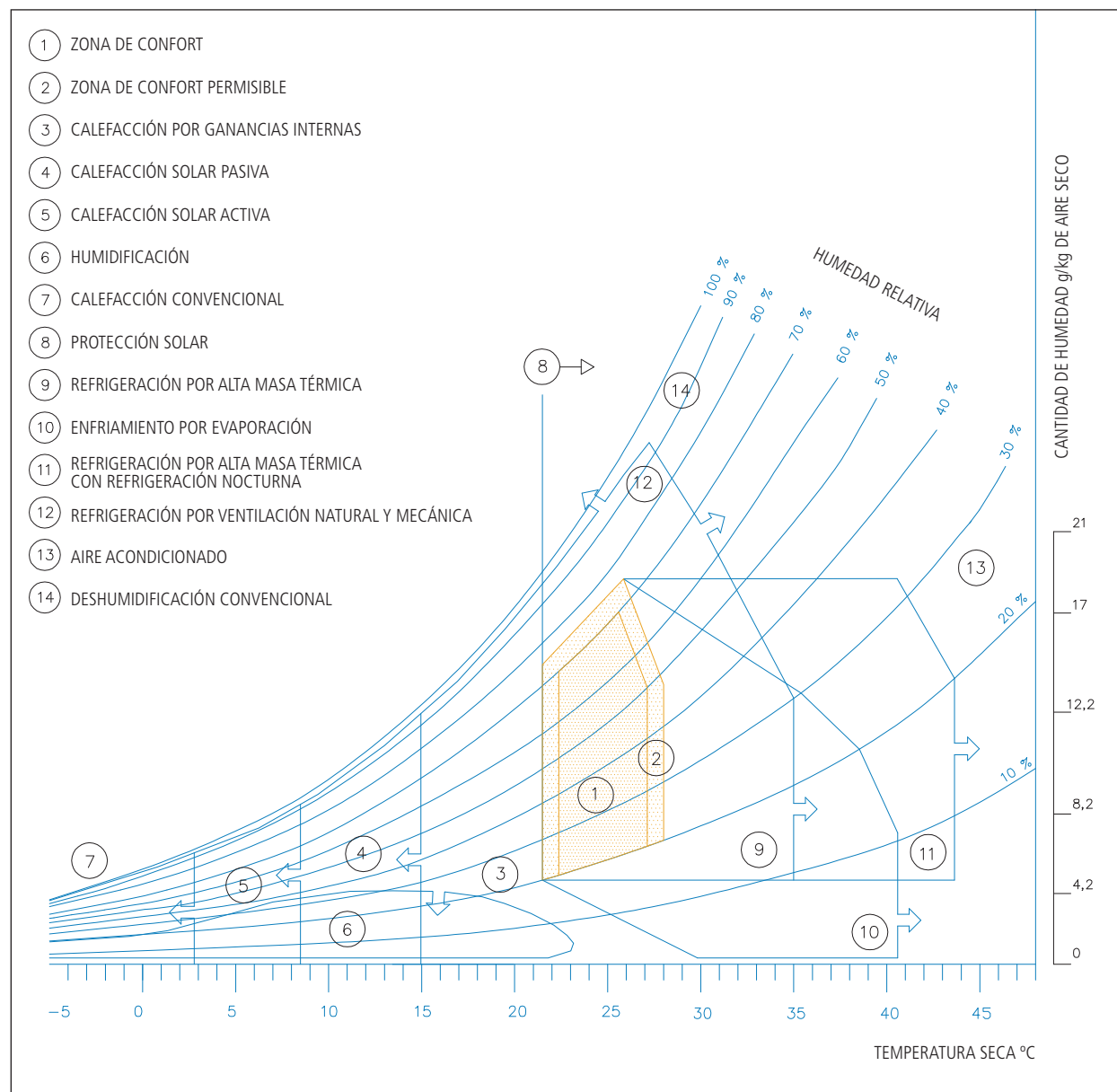


Figura 12.2. Carta bioclimática de Givoni (28° latitud norte)

diagramas bioclimáticos cómo estos parámetros influyen en el bienestar humano, se deberá analizar detalladamente cada una de dichas variables y los factores que más incidencia tienen sobre ellas.

Los parámetros que intervienen en la sensación térmica, dependientes del medio, son básicamente temperatura, humedad, radiación y movimiento del aire.

El siguiente capítulo se dedica a analizar cada uno de estos parámetros, su incidencia y relación con el edificio. Será sobre ellos, y sobre los factores que los modifican, en los que habrá que centrar las estrategias de actuación.

Los parámetros climáticos están interrelacionados entre sí, la variación de cada uno de ellos afecta a los demás y de la interacción entre todos depende la resultante final y, en definitiva, la sensación de confort. De entre todos ellos, el correspondiente a la temperatura es el de más difícil control, al depender de la acción del resto de parámetros. Por tanto, para el estudio que se realizará a continuación, se tomará la temperatura como una resultante, variable dependiente del resto de los parámetros (humedad, viento y radiación), y no como caso de estudio en sí mismo.

Cada una de las variables climáticas está sujeta a unas condiciones relativas en las cuales se desarrolla. Así, para que existan movimientos de aire deben existir diferencias de presión entre dos puntos (presiones o bajo presiones) que a su vez se pueden producir por calentamientos o enfriamientos de las superficies en contacto con el aire.

La alteración de los factores que inciden en el desarrollo de las variables climáticas puede servir para modificar, en el sentido requerido, los valores de dichas variables.

Normalmente resulta imposible influir en el clima regional, y muy difícil hacerlo en el de la zona, salvo que se tomen medidas de orden político en cuanto a la recuperación y ordenación del territorio a escala de Planes Generales. Sin embargo, es relativamente fácil actuar en el entorno más inmediato, el microclima, en el que se encuentran las edificaciones. La estrategia a utilizar

vendrá desde el propio diseño de la edificación y sus espacios adyacentes, lo que significa utilizar con determinado criterio los recursos constructivos para producir, por acción u omisión, las alteraciones de los parámetros climáticos requeridas para alcanzar la sensación de confort.

Antes de entrar en el análisis de las soluciones necesarias para alterar las variables climáticas, será interesante estudiar los parámetros climáticos, sus características y de qué modo influyen las condiciones del entorno construido en su regulación.

HUMEDAD

El parámetro de humedad que se considera en el estudio bioclimático es el referido a la humedad relativa, o sea, la relación entre cantidad de vapor de agua contenida en el aire y cantidad de vapor en aire saturado a la misma temperatura. También puede utilizarse la relación entre gramos de humedad y kilogramos de aire. Como puede verse en el diagrama de Olgay, si la temperatura se mantiene entre los 21,5 °C y 28 °C, se puede disfrutar de sensación de confort dentro de unos límites de humedad relativa (entre el 20% y el 50%), disminuyendo la tolerancia de temperatura al ir aumentando la humedad relativa.

Muy importante es la influencia de la humedad relativa cuando aumenta la temperatura por encima de los 25 °C. En este caso, las necesidades de corrección para mantener una sensación de confort admisible variarán dependiendo del contenido de humedad:

- Si la humedad relativa es inferior al 40% habrá que aumentarla.
- Si es superior a ese valor habrá que disminuirla o incrementar la ventilación.
- Por encima del 80% de humedad relativa es siempre necesario disminuirla para alcanzar el confort.

Se trata de un factor de cuya variación se depende fundamentalmente en las situaciones en las que las temperaturas son elevadas, y con el que se puede contar en las estrategias de refrigeración.

La variación de humedad relativa en el aire se produce a través de dos fenómenos físicos: la evaporación y la desecación. Ambos procesos necesitan de la presencia de calor (por cesión o absorción).

Para evaporar 1 litro de agua se requieren unas 600 kcal, estando la velocidad de evaporación directamente relacionada con la velocidad del aire y con su contenido en vapor de agua. Por el contrario, el poder desecante del aire (y por tanto su capacidad para evaporar agua) es mayor cuanto más caliente y seco sea.

Cuando no existen aportes energéticos del exterior, los intercambios de calor se producen en el interior de un sistema cerrado aire-agua. Una masa de aire seco y cálido en contacto con una superficie de agua (funciona mejor cuanto más superficie de contacto exista, como en el caso de las pulverizaciones aéreas de agua) pierde calor por evaporación mientras se satura de vapor de agua (figura 12.3).

Este principio, denominado saturación adiabática, explica los fenómenos de refrigeración del aire en presencia de agua. La temperatura final de la mezcla, con el aire saturado, se llama temperatura de saturación adiabática.

La humedad es un valor relativamente fácil de aumentar, pero más complicado de disminuir de un modo natural. Suele ser elevada en zonas costeras y en presencia de masas vegetales.

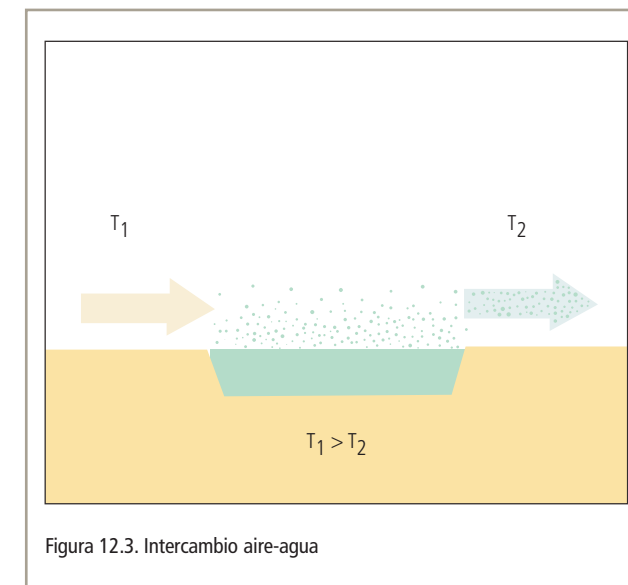


Figura 12.3. Intercambio aire-agua

Una de las concreciones arquitectónicas más sencillas de este principio físico es el patio con estanque y surtidores, como sucede en la Alhambra y el Generalife. Otro sistema muy utilizado es el riego de patios y terrazas, que además de enfriar el aire por evaporación, si los pavimentos son porosos, aumenta y mantiene la refrigeración, pues una vez saturados sueltan la humedad poco a poco.

La aplicación de este principio es simple cuando se trata de refrigerar lugares en donde es posible evaporar agua. Si a la refrigeración del aire mediante este último proceso se le une una ventilación forzada, es factible una eficaz disminución de la sensación de calor.

En Canarias el agua es un recurso escaso y los climogramas recomiendan la disipación de humedades.

El único problema que podría plantearse en este sistema es que la humedad generada por evaporación fuera excesiva. En esta hipótesis, sería necesario hacer pasar el aire, tras su humectación, por una zona de desecación. En realidad basta con poner en contacto dicho aire con materiales de alto poder desecante como el yeso, tradicional revestimiento interno de paredes y techos de los edificios.

Si la humedad es excesiva de modo natural y esto coincide con épocas de elevadas temperaturas, las estrategias a adoptar deben pasar o bien por la disminución de la humedad, por medio de sistemas de desecación, o bien por la disminución de la sensación de humedad, por medio de una suficiente ventilación.

VIENTO

Características del viento

El viento es uno de los factores climáticos de más difícil previsión, puesto que las variaciones de pendiente o relieve y las obstrucciones existentes en cada emplazamiento pueden alterar completamente los parámetros obtenidos en los observatorios meteorológicos en cuanto a regímenes habituales.

Las consideraciones en cuanto a la incidencia del viento están por tanto tan condicionadas a los factores locales que resulta difícil poder realizar un cuadro de situaciones tipo. Únicamente es posible dar una serie de datos, que habrán de matizar-

se en cada caso específico como consecuencia de las variaciones producidas por el entorno en cada una de sus escalas.

Las características del viento que pueden sufrir modificaciones son las relativas a velocidad (intensidad) y dirección, dado que la frecuencia depende de los factores generales del clima y no de las variaciones del entorno.

Para cuantificar en qué grado y de qué modo las modificaciones de los regímenes de viento son realmente significativas, conviene determinar en qué medida el viento incide en la sensación de confort y cuáles son sus efectos sobre el individuo.

La acción del viento sobre el hombre puede ser de dos tipos, acción mecánica o acción térmica.

Acción mecánica

Para tener una idea de cómo este factor afecta a las variaciones de confort, puede servir la tabla 12.2, con intensidades medidas en metros/segundo y en kilómetros/hora:

Sensación débil	$V < 4 \text{ m/s (14,4 km/h)}$
Sin perjuicio grave	$5 \text{ m/s (18 km/h)} < V < 10 \text{ m/s (36 km/h)}$
Perjuicio grave	$10 \text{ m/s (36 km/h)} < V < 15 \text{ m/s (54 km/h)}$
Peligroso para los peatones	$V > 15 \text{ m/s (54 km/h)}$

Tabla 12.2. Intensidades-consecuencias del viento

Acción térmica

La incidencia del viento permite mitigar los efectos del aumento de temperatura y humedad relativa por encima de los valores normales de confort. Esto significa que, cuando sea necesario y posible, se puede utilizar la acción mecánica del viento para producir una acción térmica que repercuta favorablemente en la sensación de confort.

Del diagrama de Olgay puede deducirse que los valores entre los cuales es efectiva la acción térmica del viento varían

según temperatura y humedad. Con humedades relativas entre el 20% y el 50% se puede suavizar la sensación de calor existente entre los 28 °C y los 35 °C. A partir de grados de humedad relativa superiores al 50%, el efecto refrigerante del viento pierde su eficacia progresivamente con el aumento de la temperatura, de modo que con humedades del 90% sólo se pueden suavizar eficazmente temperaturas del orden de los 28 °C.

La velocidad del viento (siempre dentro de los valores que no producen molestias) influye también en la reducción de la sensación de calor. Con una humedad constante, para reducir la sensación de calor en 1 °C es necesario un aumento en la velocidad del viento de 0,5 m/s (1,8 km/h) si las temperaturas están entre los 25 °C y los 30 °C y de 1 m/s (3,6 km/h) si están entre los 30 °C y los 35 °C.

Como ya se ha indicado, no basta con aplicar las intensidades de viento obtenidas por observatorios en una determinada zona para saber en qué medida el efecto del viento puede incidir en la sensación de confort. La variabilidad de las obstrucciones y de la forma de los obstáculos que éste encuentra a su paso modifica sustancialmente las condiciones de los vientos que efectivamente inciden en las fachadas de las edificaciones.

A efectos de diseño bioclimático los elementos necesarios para evaluar la incidencia real del factor de viento son los siguientes:

- Conocer las condiciones meteorológicas locales y sus parámetros variables, por medio de las mediciones realizadas por los observatorios correspondientes.
- Evaluar los elementos físicos del entorno capaces de variar dichos parámetros, tales como:
 - Altitud
 - Rugosidad
 - Obstrucciones naturales y artificiales

Cada uno de estos parámetros implicará una corrección de los valores obtenidos en los observatorios en el nivel de escala correspondiente.

Los parámetros iniciales necesarios para conocer la problemática del viento en el emplazamiento de actuación son los de velocidad, dirección y frecuencia.

Variaciones en los flujos de aire

Los flujos de viento pueden sufrir modificaciones sustanciales no sólo debido a factores orográficos generales sino también debido a condiciones particulares de los emplazamientos.

Es habitual que la intensidad de viento varíe en una misma zona según el tipo de geografía existente. La intensidad de viento aumenta al disminuir las obstrucciones, aumentando progresivamente desde los terrenos con protección, pasando por los espacios abiertos, las costas y llegando al mar abierto.

Las modificaciones en las condiciones de viento se encuentran determinadas fundamentalmente por los factores de obstrucción física, en los que influye tanto la forma como la composición del tipo de obstáculo. Dentro del campo de la arquitectura las obstrucciones más frecuentes son las que se producen entre edificaciones en un mismo entorno urbano. Conviene recordar que el edificio construido es en sí mismo una masa que actúa como barrera frente al viento y que, por tanto, está sometido a los mismos efectos (figura 12.4).

1. Efectos según la forma de la edificación

De los resultados obtenidos por los efectos que el viento ejerce sobre los sólidos que se interponen en su camino, se pueden establecer una serie de clasificaciones. Las que se exponen a continuación están relacionadas con los efectos de obstrucción que los edificios producen entre sí.

a. Efecto de esquina.

La velocidad del aire en las esquinas de la construcción aumenta al ponerse en contacto la zona de sobrepresión de la cara expuesta con la depresión que se produce en el lateral del edificio. El efecto se produce independientemente de la altura del edificio, aunque aumenta con ésta y es mayor en los edificios de planta rectangular que en los de planta cuadrada (figura 12.5).

El incremento de velocidad para una altura de 15 m (5 plantas) es de 1,2 veces en edificios de planta rectangular.

Este efecto se ve acentuado por un gradiente horizontal de velocidades que se produce en la esquina, con valor mínimo en

ese punto, y que va creciendo a medida que es mayor la separación.

b. Efecto Venturi

Cuando dos elementos de barrera se encuentran implantados de manera que formen un colector, se crea una aceleración a nivel de suelo. El factor se refuerza cuando las esquinas de

dichos elementos acaban en formas curvas en el estrechamiento o cuando se prolongan detrás de él divergiendo (figura 12.6).

Sus condiciones de existencia son tales que la dirección del viento ha de ser coincidente aproximadamente con la bisectriz del ángulo que se forma en el estrechamiento y la separación entre edificios esté comprendida entre 0,5 y 4 veces la altura de los edificios.

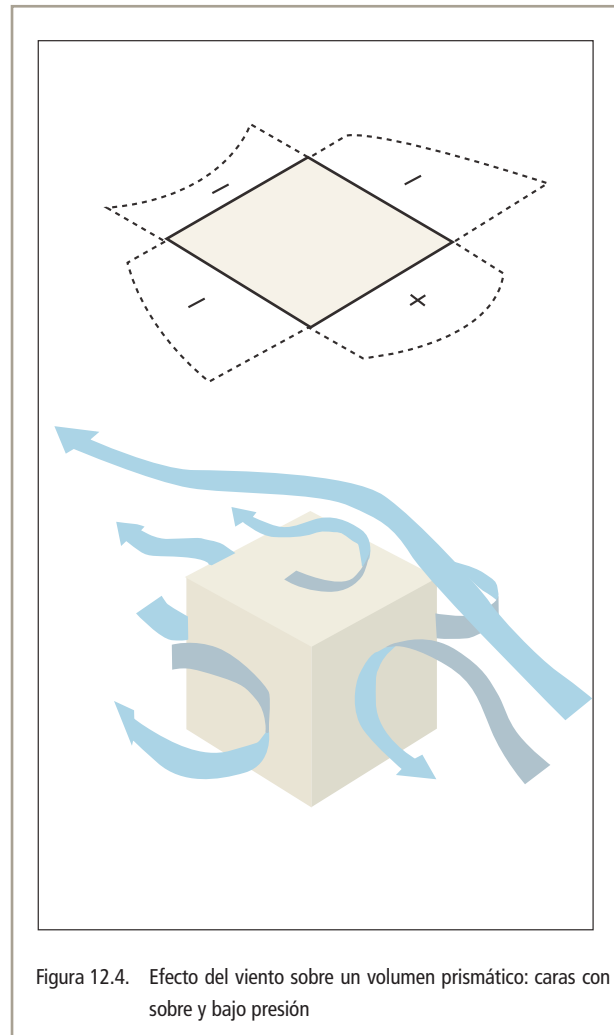


Figura 12.4. Efecto del viento sobre un volumen prismático: caras con sobre y bajo presión

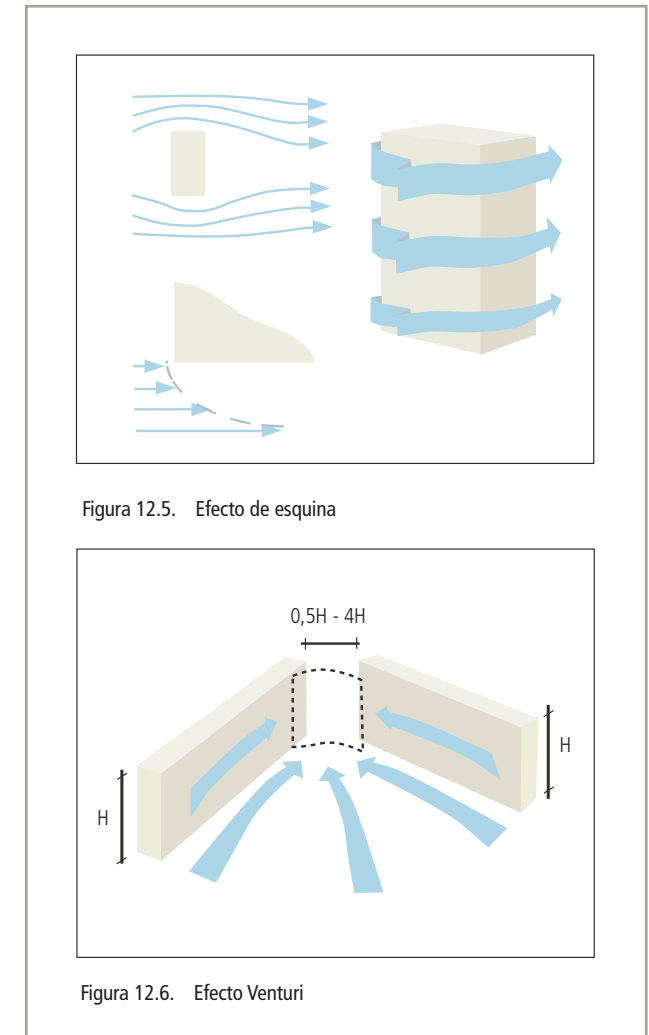


Figura 12.5. Efecto de esquina

Figura 12.6. Efecto Venturi

El efecto aumenta proporcionalmente a la altura y a la longitud de las edificaciones.

c. Efecto de abertura

El viento rodea el obstáculo, elevado con respecto al suelo, y se reparte entre la zona baja de la edificación (con mayor intensidad) y la zona superior (con menor intensidad) (figura 12.7).

El efecto aumenta con la altura del edificio, siendo mayor cuanto más perpendicular a la fachada sea la dirección del viento. En las aberturas con pantallas el efecto es mayor que en los pasadizos, extendiéndose la zona afectada en una dimensión igual a la de la abertura: como ejemplo para una altura de 5 plantas, el incremento de la velocidad del viento en la zona afectada es de 1,2 veces con respecto a la velocidad inicial.

d. Efecto de rodillo

Se produce un flujo en torbellino en la base de la cara expuesta al viento. La dirección del flujo de aire en dicha cara es perpendicular al suelo, para elevarse posteriormente en un movimiento circular (figura 12.8).

La condición de existencia es que la altura media del edificio sea superior a los 15 metros, extendiéndose la superficie afectada a lo largo de la base del edificio en una anchura prácticamente igual a la mitad de su altura.

e. Efecto de rebufo

Se produce un movimiento en torbellino detrás del edificio, por las diferencias de presión entre las caras, siendo el fenómeno proporcional al tamaño del edificio. La zona afectada se extiende hasta cuatro veces la altura del edificio, y en un ancho a cada lado igual a dos veces el ancho de la construcción (figura 12.9).

f. Efectos de barrera

La profundidad de las zonas protegidas es proporcional a la altura de las barreras. En las barreras limitadas longitudinalmente, como pueden ser los edificios, según aumenta la separación a la línea de barrera, la zona protegida disminuye desde los ángulos hacia el centro (figura 12.10).

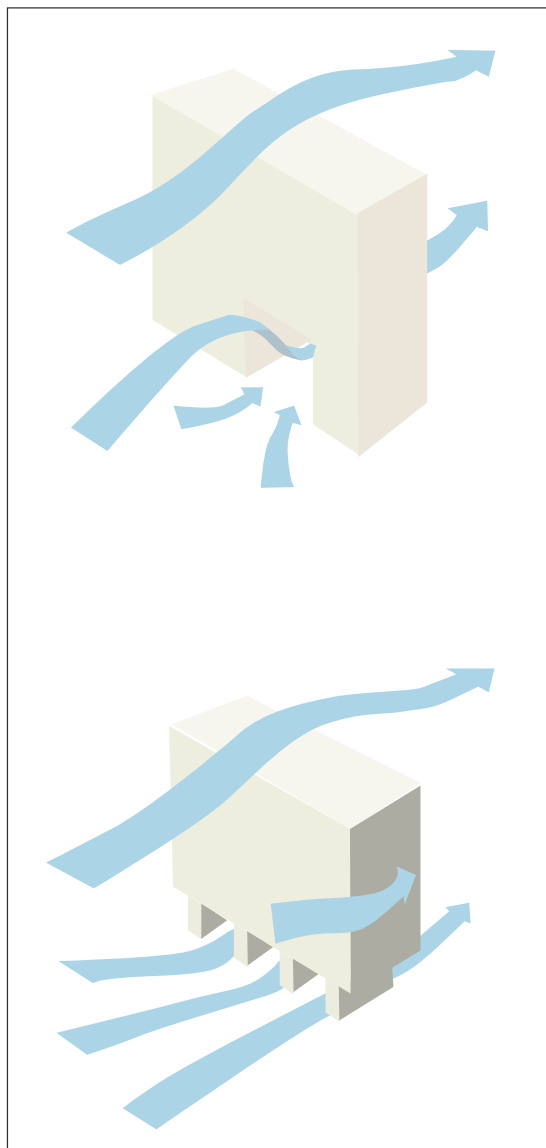


Figura 12.7. Efecto de abertura

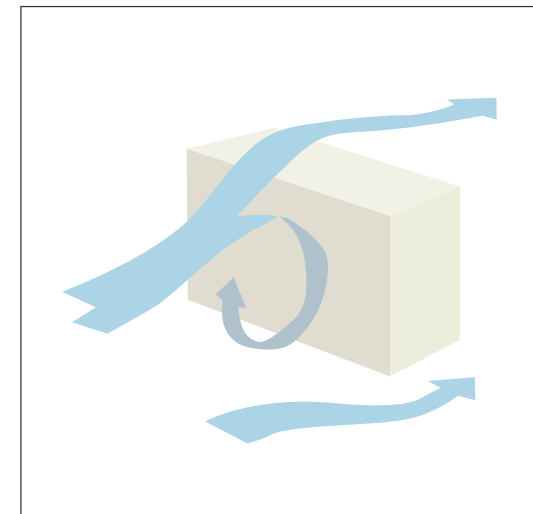


Figura 12.8. Efecto de rodillo

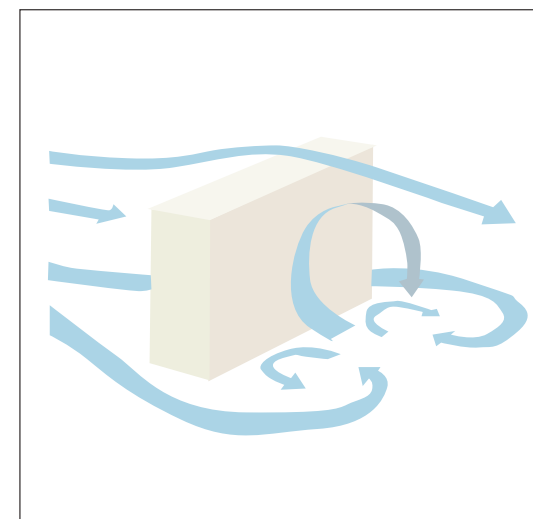


Figura 12.9. Efecto de rebufo

La relación entre altura y anchura de las barreras es tal que la profundidad de la zona protegida aumenta también con la longitud de la barrera. La mayor protección se obtiene cuando la longitud de la barrera es al menos diez veces su altura. La profundidad de la zona protegida se sitúa en un máximo de ocho veces la altura de la barrera.

2. Obstrucciones al viento

La mayor parte de las obstrucciones al viento responden al principio del efecto barrera. Los elementos que conforman barreras de viento, voluntaria o involuntariamente, son de dos tipos según su constitución material, vegetales o artificiales.

Barreras vegetales

Las barreras vegetales son las formadas por masas de árboles o especies vegetales con suficiente altura y frondosidad como para modificar los parámetros del viento. Pueden encontrarse naturalmente o estar realizadas por el hombre (figura 12.11).

En términos generales pueden ser de dos tipos, de hoja caduca y de hoja perenne. En el primero de los casos se tiene una

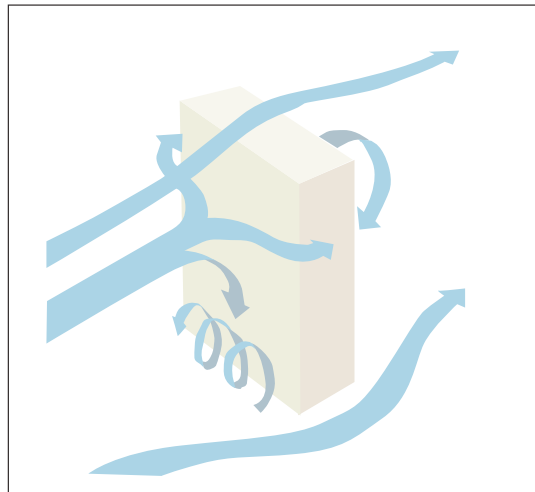


Figura 12.10. Efecto de barrera

barrera selectiva en cuanto a su duración temporal y aprovechando las diferentes floraciones de algunas especies vegetales se pueden conseguir unos efectos de barrera adecuados a cada época anual (figura 12.12).

Durante las épocas de caída de hoja desaparece este efecto de barrera, aunque esto se pueda amortiguar en parte con plantaciones de mayor densidad. Una de las ventajas de las plantaciones de hoja caduca es la capacidad de dejar paso a la radiación solar en las épocas de caída de hoja y el efecto barrera sobre esta misma radiación en las épocas de floración.

La eficacia del efecto de frenado (disminución de la velocidad del aire por efecto de la rugosidad) depende de la porosidad efectiva del follaje, es decir, de la relación de superficie de los orificios sobre la superficie total de la masa foliar ponderada por un

coeficiente de pérdida de carga. Esta porosidad varía según las estaciones y las especies elegidas.

a. Barreras artificiales

Como barreras artificiales se entienden las que se realizan con materiales de construcción. Su eficacia en cuanto a la disminución de la intensidad de viento se determina por su altura y el factor de permeabilidad.

En general, las barreras masivas, realizadas con materiales de construcción, son más eficaces en la reducción de la velocidad del viento. Sin embargo, las barreras de carácter vegetal, pese a dispensar una menor protección en términos de intensidad, tienen la ventaja de aumentar la profundidad de las zonas protegidas.

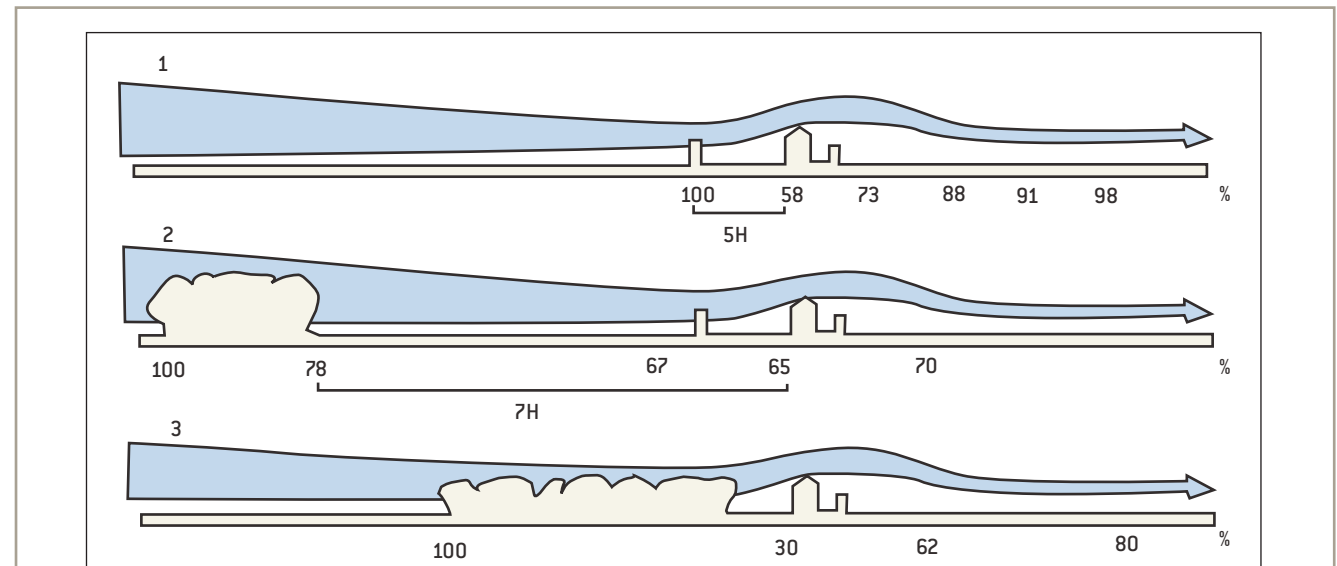


Figura 12.11. Efectos de las obstrucciones

Reducción de la velocidad del viento

Efecto de reducción de la velocidad del viento (expresado en tanto por ciento) según el tipo de barrera y la distancia.

- Dibujo nº 1: Barrera formada por un muro de construcción.
- Dibujo nº 2: Barrera formada por árboles de gran tamaño.
- Dibujo nº 3: Barrera formada por seto denso.

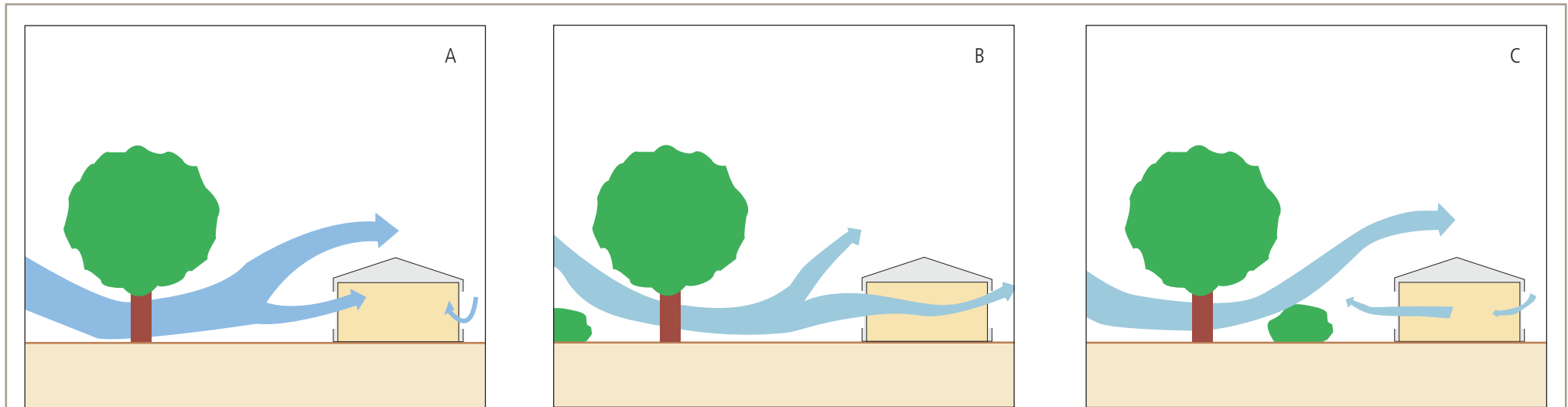


Figura 12.12. Cambios en la dirección del viento

- Dibujo A: Un árbol situado a 60 metros del edificio crea un efecto Venturi ventilando sólo parcialmente la ventana debido al flujo ascendente del aire.
- Dibujo B: Ventilación cruzada total al colocar el seto como modificador de la corriente de aire.
- Dibujo C: Compresión negativa en la fachada del edificio debido a la existencia de un seto muy cercano.

La barrera artificial más habitual está constituida por las propias edificaciones que forman la ciudad. La velocidad y dirección del viento son modificadas cuando se encuentran con un edificio. El viento tiende a rodearlo, creando una zona de fuerte presión en la cara expuesta y de depresión en la cara protegida, debido a los efectos de barrera y rebufo.

Dado que la velocidad del viento aumenta en relación a la altura con respecto al plano del suelo, se deduce que la velocidad del viento entre los espacios edificados es menor que entre las zonas arboladas y mucho menor que en los espacios abiertos.

Debido a la cantidad de obstrucciones que producen los edificios colocados de muy diversa manera en los núcleos urbanos, las corrientes de viento en el interior de ellos resultan particularmente turbulentas y variables y, en general, de difícil previsión.

Particularmente fuertes suelen ser las corrientes de aire situadas en la base de los edificios elevados, especialmente cuando éstos se encuentran situados en avenidas largas.

Conclusiones sobre la incidencia del viento

Una vez analizados los factores que inciden en los cambios de velocidad, dirección y frecuencia de los vientos dominantes en el emplazamiento, y teniendo en cuenta todos los factores que modifican los regímenes habituales en función del microclima y de las obstrucciones, se pueden diseñar las estrategias arquitectónicas a seguir según las necesidades de ventilación, protección al viento o combinación de ambas, necesarias para conseguir condiciones de confort.

En términos generales, conviene proteger las paredes expuestas a vientos dominantes fuertes, especialmente si se asocian con lluvia, así como a vientos secos y de carácter cálido, como pueden ser los vientos de origen sahariano. Si los vientos son flojos y templados, se pueden utilizar en la refrigeración interior de la vivienda; en este caso conviene disponer de aberturas practicables de suficiente dimensión, situadas de modo ligeramente oblicuo al ángulo de incidencia. Si dichos

vientos mantiene un cierto grado de humedad relativa, por encima del 50%, aumentará la sensación de refrigeración. En caso contrario se pueden utilizar sistemas de intercambio de calor (saturación adiabática) para humedecer el aire y disminuir su temperatura.

Seguidamente se desarrollan, de modo genérico, las estrategias específicas con respecto a la incidencia del viento, según las necesidades sean de ventilación o protección.

Ventilación

Es necesaria para alcanzar el grado de confort cuando existe calor excesivo y humedad relativa alta.

La velocidad de viento ha de aumentar progresivamente al aumento de la humedad relativa y la temperatura. El gráfico de Olgay da los valores de velocidad dentro de la zona de confort según la variación de estos dos parámetros. A partir de velocidades superiores a los 4 m/s (14,4 km/h) los efectos benéficos del

viento en la moderación de la sensación térmica se ven contrarrestados por los perjuicios derivados de su acción dinámica.

Estos mismos principios que se utilizan en los edificios para generar ventilaciones cruzadas pueden ser aplicados a escala urbana.

Para favorecer la ventilación entre una serie repetitiva de edificaciones situadas en paralelo, la disposición de las mismas ha de realizarse de modo que, situándose perpendicularmente al viento, su zona posterior de protección no llegue a cubrir la edificación siguiente, evitando de este modo el efecto barrera. Una buena relación sería dejar entre edificaciones un espacio correspondiente a cuatro veces la altura de la edificación precedente.

Dado que en el urbanismo habitual en España no se dispone de tanto espacio esta relación, resulta muchas veces inviable. Se puede en estos casos combinar tanto con efectos conseguidos por el uso de la radiación solar, ya descrito anteriormente, como por el uso de corrientes inducidas por efectos del tipo "Venturi" o "pilote".

En el primer caso, si existe alguna componente en la dirección del viento paralela a fachada, se pueden aproximar las edificaciones (teniendo siempre presente los problemas que esto puede generar a efectos de obstrucciones solares) de modo que se genere entre ambas y paralela a fachada una corriente de aire (efecto "Venturi") diferente a la existente en la fachada expuesta. El caso extremo de esta solución serían unos edificios colocados paralelamente a la dirección del viento.

En el segundo caso se puede favorecer una ventilación más fuerte bajo el edificio si éste se eleva sobre pilotes, o si se colocan grandes perforaciones en planta baja. La aceleración producida debe ser suficiente para permitir una diferencia de presiones entre ambas caras de la edificación.

Además de la acción mecánica del viento para conseguir ventilación, es posible aumentar el efecto de refrigeración disminuyendo su temperatura. Esto es posible utilizando el proceso descrito de saturación adiabática: poner en contacto, en un recinto, aire sin saturar con agua. El aire, por evaporación del agua, disminuye su temperatura al tiempo que incrementa su humedad.

Si a la ventilación natural se une la refrigeración del aire mediante este último proceso es factible una eficaz disminución de la sensación de calor. Para conseguirlo sería necesario combinar los sistemas ya descritos para obtener diferencias de presión entre partes de la edificación que permiten generar corrientes de aire y/o hacerlo correr por zonas más frías (sótanos, cámaras, conductos).

Protección al viento

Cuando los problemas para alcanzar la zona de confort se producen por la existencia de corrientes de aire, con sus consiguientes efectos de aumento de sensación de frío o de perjuicio físico por acción dinámica, se necesitarán protecciones adecuadas. El efecto dinámico es perjudicial siempre con velocidades superiores a los 10 m/s (36 km/h), e influye negativamente incluso con velocidades pequeñas en todo tipo de clima y condiciones de humedad si la temperatura es inferior a los 20 °C.

Ya se han explicado los tipos de barrera existente y su grado de protección. En la práctica, la colocación de barreras de viento externas a la edificación, tanto de tipo artificial como vegetal, está muy condicionada por el planeamiento vigente en el emplazamiento. Cuando su colocación no es posible, o se puede realizar de modo parcial (es el caso de las barreras vegetales, que al ser menos densas de las construidas necesitan una mayor profundidad) han de paliarse estas deficiencias con orientaciones poco expuestas de las edificaciones, y si esto no es posible, con la adopción de medidas adecuadas de corrección en la propia edificación.

Las barreras vegetales producen una disminución efectiva de la velocidad del viento tras ellas que es proporcional a la distancia. El efecto de rebufo es pequeño debido a su cierta permeabilidad y baja densidad, por lo que los mayores efectos de protección se observan en distancias inmediatamente próximas a dichas barreras. Aumentando la altura de las mismas aumenta el rebufo, pero siempre se mantiene en márgenes tan escasos que puede considerarse despreciable.

Las barreras artificiales, realizadas con los habituales materiales de construcción, masivos y densos (muros, vallas metálicas), producen sus máximos efectos de disminución de velocidad del viento incidente a una distancia igual a su altura, y no inme-

diatamente tras ellas, a causa del efecto de rebufo. A partir de ese punto su eficacia disminuye proporcionalmente a su distancia de colocación.

Es importante utilizar los datos sobre la dirección del viento dominante y más frecuente, tanto en invierno como en verano, ya que pueden ser distintos, y permitir que el edificio aproveche los movimientos del aire en los meses cálidos y se cierre a los de los fríos con volúmenes, formas y/o elementos fijos en la construcción.

RADIACIÓN SOLAR

De la observación del diagrama de Olgay se deduce que, para obtener la sensación de confort, cuando las temperaturas son superiores a los 20 °C, es necesario protegerse de la radiación solar, mientras que por debajo de esa temperatura, se necesita el aporte de energía por radiación para conseguir el mismo efecto.

En zonas en las que la radiación solar es muy alta a lo largo de todo el año, definir las estrategias que protejan de ella durante los meses sobrecalentados, y las que la aprovechen y distribuyan en los momentos infracalentados, es decir, diseñar sistemas que conduzcan a un buen aprovechamiento bioclimático, incidirá de un modo definitivo en el ahorro de energías no renovables.

Para el estudio de la radiación solar global hay que tener en cuenta tres componentes:

- La radiación solar directa que depende del espesor y limpieza de la atmósfera.
- La radiación difusa que variará de acuerdo con la turbiedad de la atmósfera y la altura solar.
- La radiación reflejada que depende de la reflectividad o albedo de las superficies adyacentes.

En los estudios de radiación para captación solar directa, este último factor, el de la radiación reflejada, no se suele tener en cuenta. Sin embargo, su influencia puede llegar a ser muy importante en áreas urbanas, donde disminuye significativamente el albedo debido a la alta capacidad calorífica de los materiales de construcción.

Se ve que las necesidades de radiación varían según las condiciones de cada lugar y edificio. Por medio de las cartas de radiación solar es posible determinar la cantidad de la misma que incide en una determinada superficie según día, hora, latitud, orientación e inclinación del plano incidido (figura 12.13).

En la cuantificación real del balance energético en una edificación, entran en juego los factores de acumulación y redistribución de calor, en los cuales la influencia de los materiales y de la forma de la edificación son determinantes, por lo que sólo puede hacerse con cierta exactitud a posteriori y mediante sistemas de simulación por ordenador.

Como recomendación general y práctica, en el caso de necesitar ganancias solares directas para entrar en la zona de confort, el sistema de actuación más fácil es el siguiente:

- Cerciorarse de la posibilidad de obtener dichas ganancias, comprobando que lo permiten la orientación del edificio y las obstrucciones durante un período de tiempo suficiente.
- Dimensionar los huecos de ventana con la suficiente amplitud para permitir unas ganancias adecuadas a la cantidad de volumen que se desea calentar.
- Orientar dichos huecos de modo que la captación directa de radiación solar sea la mayor posible durante el día.
- Prever las medidas complementarias adecuadas para conseguir tanto una buena acumulación como redistribución del calor proveniente de la captación por medio de la adecuada colocación y empleo de los materiales constructivos.
- Prever medidas que impidan la pérdida de calor por radiación de los materiales hacia el exterior en las horas nocturnas.

Factores de consideración sobre la radiación solar

La radiación solar que recibe un elemento determinado, un edificio, por ejemplo, depende de tres factores: la latitud, la orientación y las obstrucciones.

El primero de los factores es intrínseco al lugar, el segundo y el tercero pueden ser o no manejables según los condicionantes de cada proyecto específico.

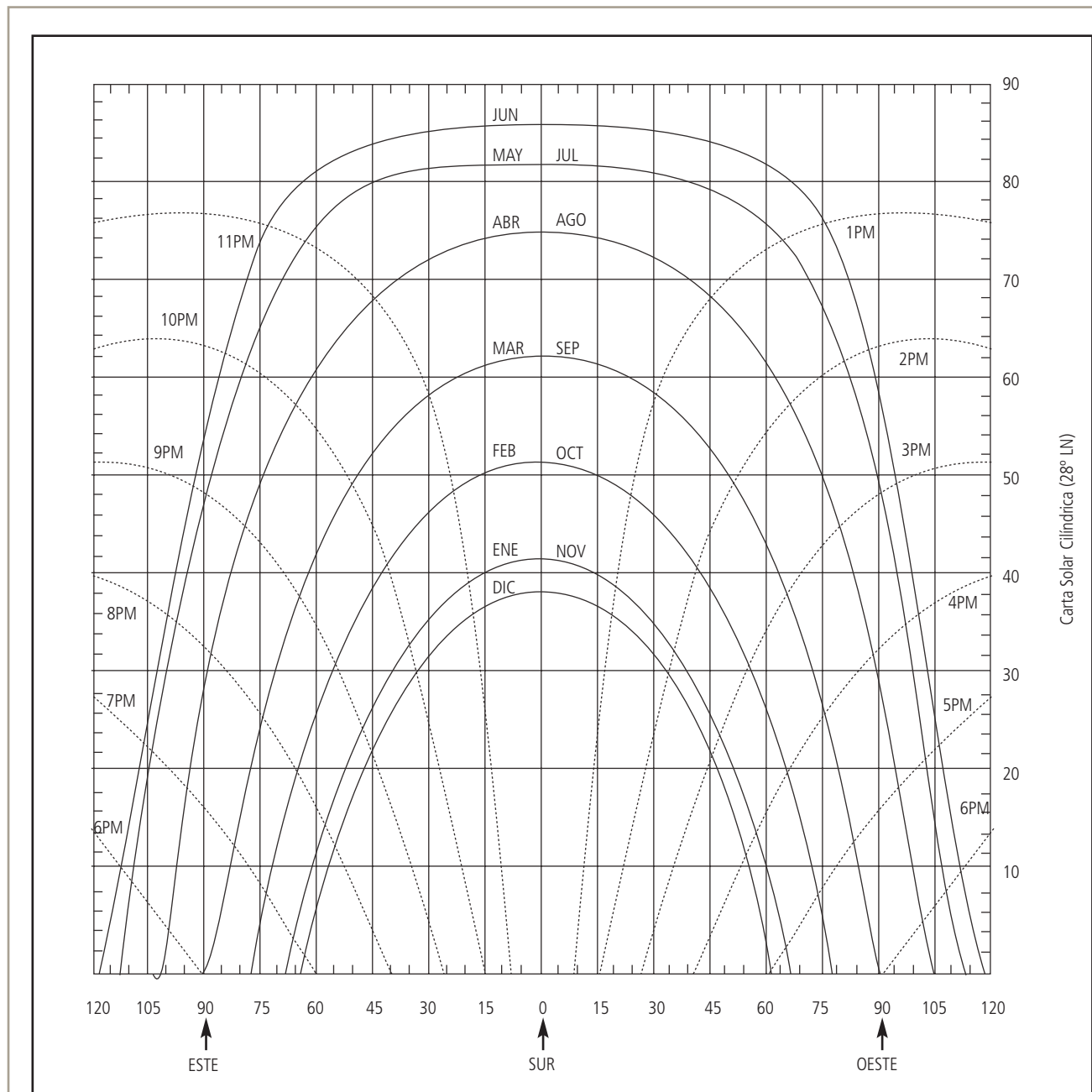


Figura 12.13. Carta Solar Cilíndrica (28° LN)

Latitud

Las cartas solares correspondientes a cada latitud indican la posición del Sol con respecto al observador según las horas del día. La intensidad de la radiación solar se encuentra reflejada en tablas y mapas específicos para cada zona y varían incluso dentro de la misma latitud, pues este factor depende de parámetros más complejos, como la altitud, el albedo o la turbiedad del aire. Para verificar exactamente estos datos se recomienda consultar los mapas climáticos descritos en los capítulos anteriores.

Orientación

La intensidad de radiación varía en relación a la orientación y a la época del año. Durante los meses de invierno, aproximadamente el 90% de la energía solar que se recibe lo hace entre las 8 h y las 16 h, horas solares.

De las cartas solares se deduce que la mayor cantidad de energía directa se recibe, en invierno, en la orientación Sur, disminuyendo hacia las orientaciones este u oeste, de modo proporcional a la disminución de su ángulo de elevación sobre la horizontal, manteniéndose baja la radiación cenital. En verano se recibe la mayor radiación en los planos paralelos al suelo, siendo la radiación recibida a este y oeste incluso mayor que la recibida al sur.

Como se muestra en la figura 12.14, en un edificio de forma prismática, la intensidad de la radiación varía según la época del año al variar el ángulo de inclinación del Sol.

De todo ello se deduce que, en los meses en los que se necesitan ganancias solares directas y una vez dimensionados los huecos captadores necesarios para recibir radiación directa en invierno, es necesario asegurar por medio de su correcta orientación que reciban la cantidad necesaria de radiación continua y durante un número de horas suficiente.

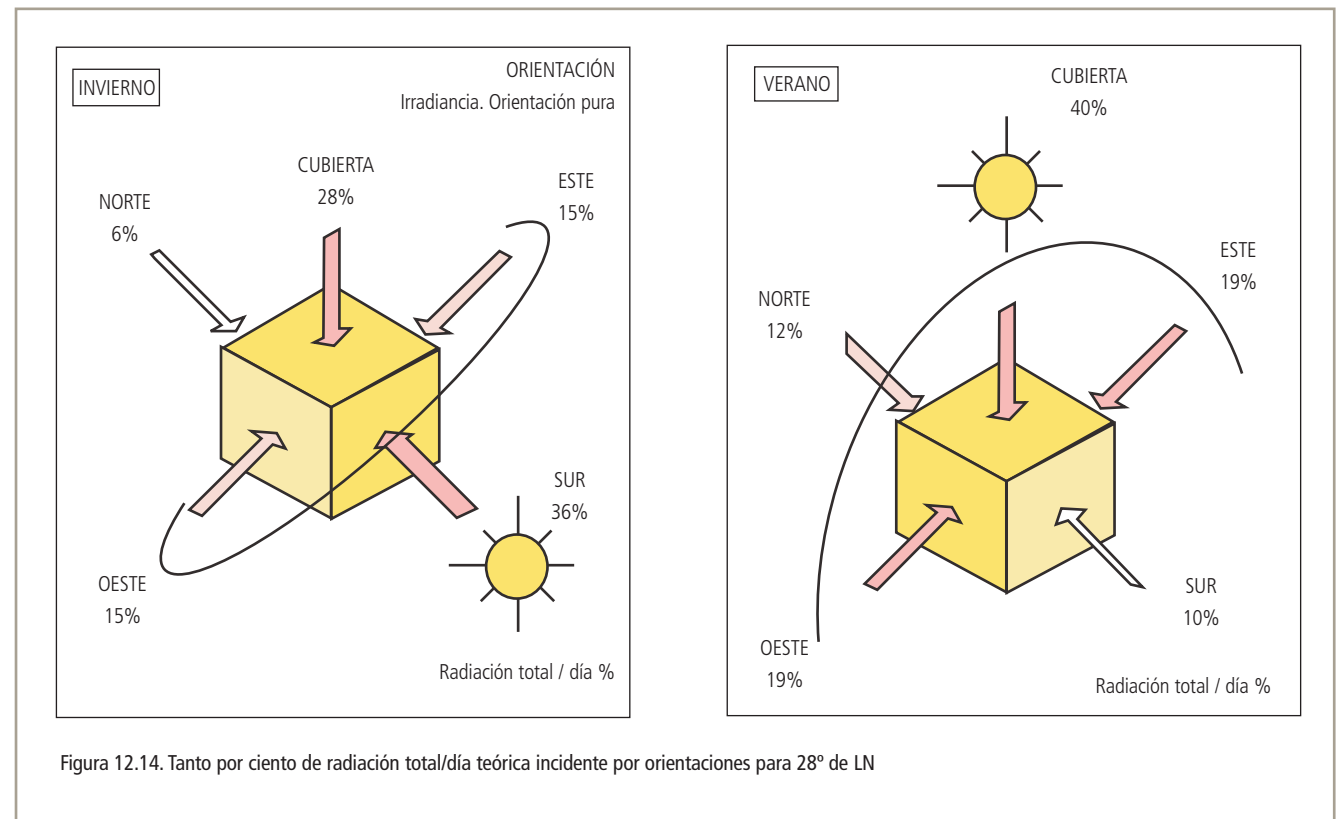
Según aumenta la temperatura media en invierno disminuye la proporción de ventana captora necesaria, pero puede suceder que en determinados lugares con diferencias térmicas diarias muy acusadas o con pérdida de la sensación de confort en verano por exceso de calor se tengan problemas de sobrecalentamiento a través de los huecos captadores. Para evitar estos problemas es preferible el uso de sistemas de protección que impidan la penetración de la radiación sobrante, y no la reducción del tamaño de huecos, aconsejado para las condiciones desfavorables.

Dado que según la orientación cambia la cantidad de radiación y el ángulo de incidencia, habrá que determinar los valores de ambos factores a través de las cartas solares cilíndricas y de las tablas de radiación, teniendo en cuenta no sólo los ángulos de incidencia, sino la cantidad de tiempo que se mantiene el soleamiento para garantizar un mínimo de efectividad, por debajo de la cual las ganancias solares pueden ser insuficientes.

Puede ser que debido a condicionantes intrínsecos al lugar (vistas, vientos, obstrucciones, ordenanzas) no sea posible, caso de ser necesario, la orientación óptima de los huecos para captación directa.

Como referencia se aporta en la figura 12.15 un gráfico comparativo de los valores de radiación en días claros en función de su orientación, calculada para una latitud de 28°N, que procede de los trabajos de Edward Mazria.

En las condiciones para Canarias, la mejor orientación es la sur, no sólo por la mejor capacidad de captación en invierno (cuando así se requiera), sino porque es más sencillo evitar los sobrecalentamientos de verano que en otras orientaciones (Este y Oeste).



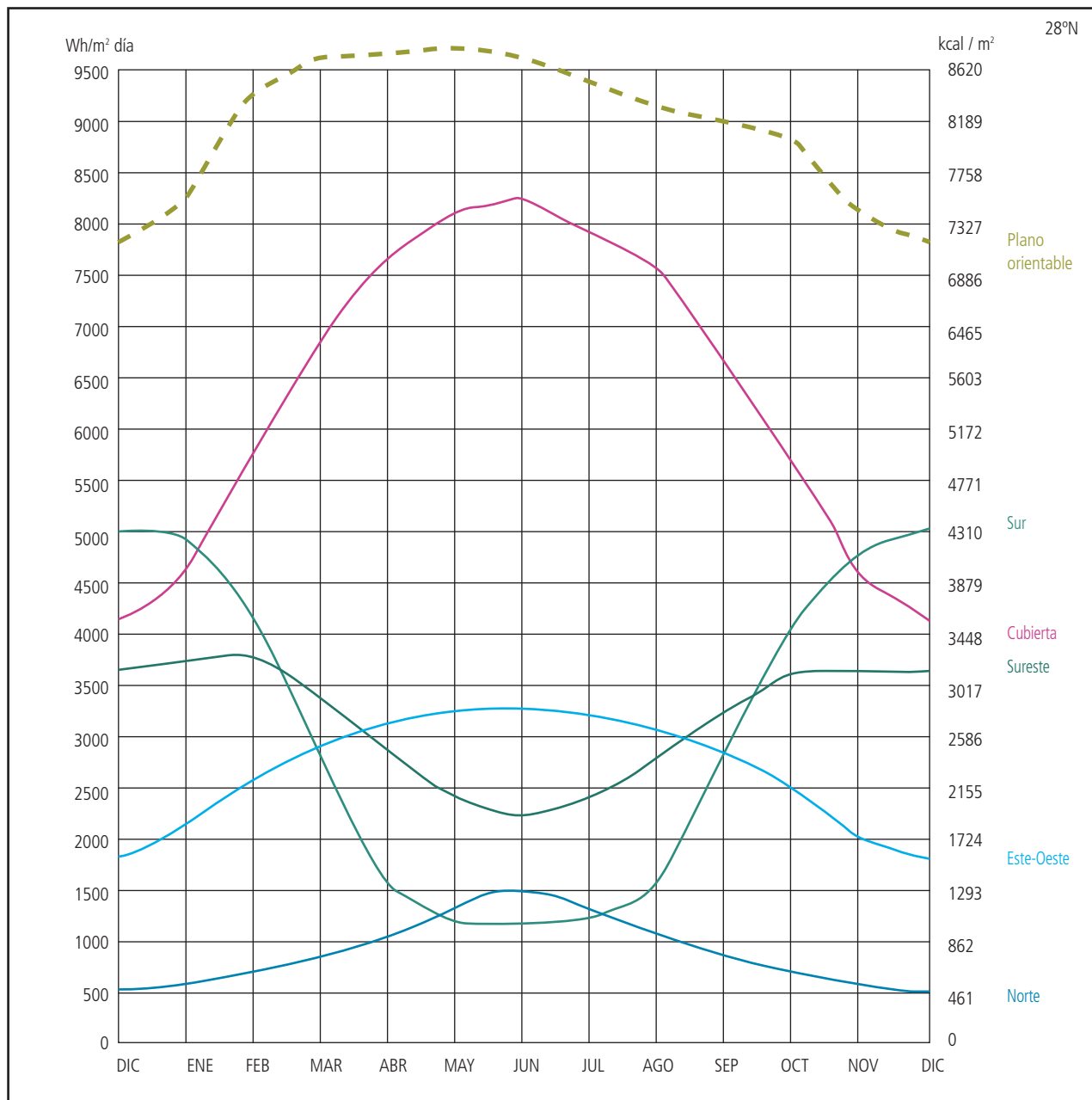


Figura 12.15. Valores de irradiancia a través de 1 m² de vidrio con distintas orientaciones

Obstrucciones solares

Las obstrucciones a la radiación solar dependen de los obstáculos que ésta encuentra en su trayectoria. Dichas obstrucciones pueden ser de dos tipos: debidas a factores que alteren la densidad y composición del aire (turbiedad del aire) o debidas a la interposición de obstáculos físicos.

La incidencia de la turbiedad del aire en la recepción de la radiación es significativa a unos niveles de escala amplios, relativos a núcleos urbanos o a determinadas zonas con alta concentración de partículas en suspensión. En cualquier caso, las tablas de radiación e irradiancia aportadas y los resultados que se encuentran en ellas expresan normalmente unos valores que ya tienen corregidas estas desviaciones.

A efectos prácticos, lo realmente significativo son las obstrucciones que producen los obstáculos físicos, pues son las que determinarán la posibilidad de utilizar o no radiación directa para captación.

Las obstrucciones por obstáculos físicos pueden producirse de dos formas diferentes, debidas a obstáculos topográficos como montañas, masas de árboles o laderas de valles y colinas o bien debido a obstáculos artificiales construidos por el hombre.

En ambos casos las soluciones a los problemas de obstrucción solar no suelen pasar por la eliminación física del obstáculo, por ello habrá que tenerse en cuenta dicho factor a la hora de evaluar las posibilidades de captación solar directa de cada edificio. Las obstrucciones solares son un factor determinante en las estrategias del diseño solar pasivo, pues determinan hasta qué punto es posible el uso del sol como fuente de captación directa. También es interesante conocer cuáles son los límites entre los que se han de situar los obstáculos a la radiación en los supuestos en los que se necesite protección frente a un soleamiento excesivo.

La posición de las obstrucciones para permitir el paso de la radiación o impedirlo son de una complicación notablemente inferior en el caso de que las medidas correctoras en una determinada zona sean de un tipo (captación) o de otro (protección). En dicho supuesto la estrategia de diseño estará definida en una sola dirección.

Habitualmente, éste no suele ser el caso de la mayoría de las localizaciones, que suelen requerir de captación solar en invierno y protección frente a la radiación en verano.

Entre estos dos supuestos siempre es más interesante analizar en profundidad los condicionantes que afectan más a los problemas de captación directa, puesto que en los casos de radiación excesiva se puede recurrir a sistemas de protección incluidos en el diseño del propio edificio, prescindiendo de factores exteriores.

En la edificación urbana el aspecto más relevante, en cuanto a obstrucciones se refiere, es el efecto de barrera solar que producen unos edificios con respecto a otros, mucho más habituales que las obstrucciones de carácter vegetal o topográfico.

Las obstrucciones a tener en cuenta serán no sólo las producidas por los edificios construidos en el entorno de actuación, sino también se habrá de tener en cuenta los efectos que se producirán por los de futura construcción, por edificación de solares o por transformación urbana debido a cambios de normativa.

Los condicionantes de actuación con respecto al problema planteado por las obstrucciones solares es radicalmente distinto si las edificaciones en las que se quiere incorporar medidas de corrección a través de captación directa se realizan en áreas urbanas ya edificadas y, por tanto, con una morfología ya determinada en cuanto a orientación de las calles y altura de los edificios, que cuando se planifica una actuación urbanística de nueva planta, en donde el diseño urbano y fundamentalmente la relación existente entre anchura de calle y altura de la edificación se puede realizar a partir de los supuestos de necesidad de captación directa.

En el caso de las edificaciones a realizar en áreas urbanas consolidadas, el estudio de las obstrucciones solares puede servir para la elaboración de los perfiles de sombra. Éstos consisten en el trazado sobre la carta solar de los límites de altura y profundidad por debajo de los cuales no existe radiación directa y, viceversa, saber la cantidad de tiempo en que las superficies situadas por encima de la línea de sombra reciben dicha radiación.

En el caso del planeamiento urbanístico de nueva planta, el estudio puede convertirse en un instrumento de diseño fundamental para la elaboración de un nuevo tipo de relaciones entre los espacios edificados y los libres, de manera que las nuevas edificaciones reciban una adecuada cantidad de radiación durante el tiempo suficiente para que resulte factible un abaratamiento de los costes energéticos en calefacción y refrigeración.

Conclusiones sobre la incidencia de la radiación solar

Del análisis del comportamiento solar según las diferentes orientaciones en Canarias, se pueden extraer las siguientes conclusiones, según las necesidades de cada lugar sean la captación solar o de protección.

Captación solar

Dado que la media de temperatura tiene sus valores más bajos en Canarias (meses más fríos) en enero y febrero, conviene trabajar con los valores de las cartas solares relativos a estos meses, que son ligeramente más favorables que los de diciembre.

- Para un adecuado aprovechamiento de la energía de radiación, como se ha explicado en el estudio de la radiación incidente, la cantidad de tiempo necesaria para la captación oscila entre las tres y las cinco horas, escogiendo en este estudio un óptimo de cuatro horas.
- La mejor orientación de las edificaciones, en cuanto a la correcta respuesta a estos dos condicionantes de captación, es la sur, situando los edificios en calles de dirección este-oeste.
- Las orientaciones sureste y sudoeste representan ligeras desventajas con respecto a las orientaciones sur, en cuanto a la necesidad de anchura de calle. Para la peor hora (inicial o final del recorrido, según la orientación) se necesitaría en enero una anchura de en torno a dos veces la altura de la obstrucción.
- Las orientaciones este y oeste presentan fenómenos parecidos en cuanto a la relación altura de la obstrucción-anchura de calle.

En orientaciones este y oeste surgen además problemas añadidos, debidos a una disminución de las horas de radiación y a la menor intensidad de la misma, al concentrarse en las horas de mañana (orientación este) o de tarde (orientación oeste) y no repartirse en las horas centrales del día solar.

En este tipo de orientaciones pueden existir factores adicionales de complejidad, por ejemplo, las molestias que puede causar visualmente el sol por deslumbramiento en orientaciones a oeste en invierno.

Cuando no se cumplan las relaciones entre anchura de calle y altura de la edificación sólo caben dos opciones: o conseguir aportaciones de radiación mediante otros sistemas (radiación reflejada, captación cenital) o renunciar a la misma y utilizar un eficaz aislamiento para optimizar el rendimiento de sistemas de calefacción tradicionales o sistemas solares activos.

Protección solar

Urbanísticamente es incompatible la relación del ancho de las calles y la altura de la edificación para solucionar tanto la necesidad de captación (en los meses fríos) como la necesidad de protección (en los meses cálidos). No existe una relación adecuada en ninguna orientación que asegure una eficaz solución de ambas necesidades.

Como habitualmente es más difícil eliminar obstáculos que crearlos (especialmente cuando éstos son edificios o accidentes geográficos) y la radiación solar se puede detener pero nunca generar artificialmente, siempre primará la necesidad de conseguir suficiente captación. En estos casos, las protecciones solares se habrán de resolver mediante elementos arquitectónicos del propio edificio, que impidan la entrada de radiación en verano pero la posibiliten en invierno.