

## **LA ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA: TÉRMINOS NUEVOS, CONCEPTOS ANTIGUOS. INTRODUCCIÓN AL DISEÑO DE ESPACIOS DESDE LA ÓPTICA MEDIOAMBIENTAL.**

Antonio Baño Nieva, Dpto. de Arquitectura de la Universidad de Alcalá de Henares de Madrid

Podíamos definir la arquitectura bioclimática como aquella capaz de utilizar y optimizar los recursos naturales para su aprovechamiento en la mejora de las condiciones de habitabilidad, entendiendo la actividad arquitectónica como una filosofía o conjunto de pensamientos organizados que tienen como objetivo la integración del objeto arquitectónico en su entorno natural.

Esta integración no debe concluir en el acto de proyectar, sino que debe extender su campo de acción para controlar las variables del proceso constructivo y de ejecución de la obra, contemplando las actuaciones necesarias que permitan preservar y mejorar (en lo posible) las condiciones iniciales, utilizando técnicas de control y mantenimiento donde el usuario tome parte activa.

No sé si es romántica y alejada de la realidad, la idea expuesta en cierta ocasión por Francisco Javier Sáez de Oiza, donde vinculaba la idea de "Casa" con la imagen de un barco velero, cuyo patrón era capaz de gobernar y llevar a buen puerto, sirviéndose del conocimiento de los vientos y de la influencia, la derrota, que éstos ejercían sobre la nave.

Pero en cualquier caso, el compromiso del patrón con su nave y el compromiso del usuario con su hábitat deberían desarrollarse en planos paralelos, sin renuncia a la tecnología actual. Esta concepción lleva directamente a la integración con el entorno, del que depende.

La aparición del concepto de desarrollo sostenible como aquel que "permite satisfacer nuestras necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras", y dirigido a poner de manifiesto las contradicciones del actual modelo económico y su repercusión en un futuro cercano, ha sido asumido rápidamente por el ámbito arquitectónico y ha provocado la extensión de los términos arquitectura solar y arquitectura bioclimática a nuevos campos en los que se integran y aplican conceptos donde es fundamental la consideración de los materiales utilizados y que actualmente se engloban en un marco disciplinario denominado arquitectura sostenible o arquitectura medioambiental.

Esta consideración viene marcada por su impacto en el medio ambiente, ponderando tanto la cantidad de energía utilizada en su fabricación y transporte, como la cantidad y calidad de residuos que deja su proceso productivo, computándolo desde su estado inicial de materia prima hasta su degradación o reutilización al finalizar su vida útil.

Para determinar las estrategias necesarias que garantizarán el rendimiento óptimo de los elementos constructivos, es preciso conocer primeramente los parámetros climáticos geológicos y topográficos que configuran un determinado entorno, y deducir de ellos cuales son los más apropiados para satisfacer el confort del hábitat.

El estudio, por tanto, se articula en dos niveles: por un lado el conjunto de parámetros interiores que determinan la sensación de confort, y por otro el conjunto de variables exteriores que inciden sobre la ubicación concreta y particular del edificio considerado.

### LAS CONDICIONES DEL AMBIENTE INTERIOR

El hombre obtiene su energía al metabolizar los alimentos que consume. Esta energía se transforma en otros tipos de energía, entre ellas la energía calorífica.

La actividad realizada por el ser humano, genera un consumo de energía mecánica, que produce las correspondientes pérdidas de calor. Para conseguir el equilibrio, debemos igualar las pérdidas y las ganancias, y mantener inalterable la temperatura interna.

Para mantener constante esta temperatura, es imprescindible regular el intercambio energético entre hombre y ambiente producido a través de mecanismos de transferencia

por conducción, convección, radiación o evapotranspiración, siendo habitual la concurrencia de varios de ellos sobre el mismo fenómeno. Por ejemplo, sobre un paramento soleado se producen simultáneamente mecanismos de conducción, convección y radiación.

**La energía calorífica se transmite** siempre desde el sistema que tiene una temperatura superior hacia el sistema de temperatura inferior. Es precisamente esta diferencia la que definirá el flujo y la velocidad de transmisión, siendo mayor cuanto mayor sea el escalón.

La conducción supone la transmisión de energía calorífica entre cuerpos en contacto, sin que se produzca desplazamiento de materia. Es el tipo de transmisión en cuerpos sólidos. La convección, propia de fluidos, propaga la energía molécula a molécula como en los mecanismos de conducción, pero en este caso existe desplazamiento de materia. La radiación, emisión de energía por el mero hecho de alcanzar un cuerpo una temperatura determinada, se propaga mediante ondas electromagnéticas sin necesidad de ningún vehículo físico.

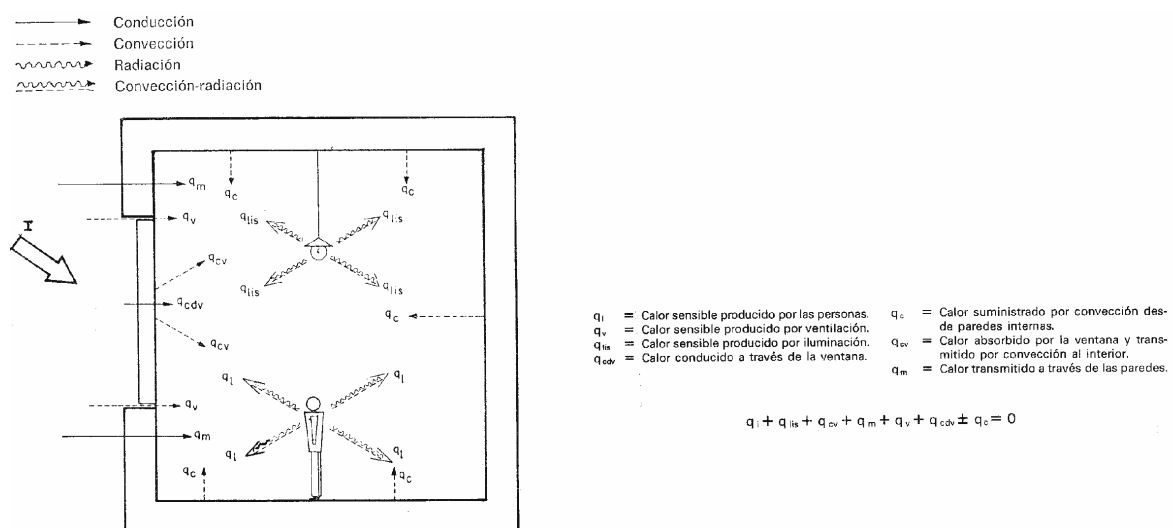
Por otra parte, la evapotranspiración es un mecanismo de transferencia de calor donde al proceso de transpiración de plantas o animales se une el resultado de ceder parte del calor del aire en la evaporación de las masas de agua, con el consiguiente enfriamiento y humectación de éste. El funcionamiento del botijo tiene que ver con este fenómeno, al saturarse de agua los poros del recipiente y enfriarse posteriormente, evaporándose al entrar en contacto con el aire exterior.

El flujo de calor a través de una superficie determinada se cuantifica a través de coeficientes como el de conductividad, que proporciona una idea de la velocidad de transmisión a través de un cerramiento o el de resistividad, inverso del anterior, y que supone una medida de la resistencia al paso del calor.

Otros coeficientes como el coeficiente superficial, comprende los efectos del contacto con el aire u otro fluido debido a la conducción, convección y radiación.

La evaluación total de todos estos fenómenos se recogen en un coeficiente U ( $W/m^2 K$ ), coeficiente total de transmisión de calor, que define la transmisividad térmica del sistema.

Por tanto y considerando un recinto determinado, es posible la concurrencia de todos estos mecanismos produciendo flujos de calor por radiación solar directa a través de acristalamientos (ganancias), por intercambios con los paramentos que forman la envolvente, por aportes de aparatos y luminarias del alojamiento considerado, y por cesión de calor del hombre, al realizar cualquier actividad por sedentaria que sea.



(fig. tomada del libro "Bases para el diseño solar pasivo, del IETCC)

**La sensación de bienestar** tiene lugar cuando esta cesión se produce a la velocidad adecuada en función de la actividad que se desarrolla, siendo compensada por los aportes calóricos en régimen igualmente adecuado.

Para controlar estos procesos vitales, el organismo ha generado mecanismos automáticos que tienden a regular la temperatura interna y mantenerla inalterable alrededor de los 37°C.

Cuando en el ambiente se genera un exceso de calor se dilatan los capilares para incrementar la superficie de contacto con el exterior y por tanto propiciar mayores pérdidas. La permanencia de la situación desfavorable ocasiona la exudación, perdiendo calor al evaporarse el sudor depositado sobre la piel. Mecanismos similares son aplicables a todos los seres vivos, ya que las chicharras hacen batir sus alas produciendo un sonido característico, los perros abren su boca y dejan ostensiblemente colgando su lengua buscando esa mayor superficie de intercambio, y las abejas, otrora hacinadas, separan sus cuerpos para favorecer la ventilación de la colmena.

Cuando la insatisfacción proviene, en el caso contrario, de un exceso en pérdidas de calor, los capilares reducen su sección y se cierran los poros de la piel (piel de gallina), buscando la menor exposición posible. Si continúa el proceso, aparecen movimientos involuntarios capaces de generar calor a través del trabajo mecánico de determinadas articulaciones (la tiritona).

Se presenta ahora la necesidad, de intentar tabular qué variables son las que determinan sensaciones de bienestar y a qué sujetos afecta, dando lugar al concepto de confort y a diagramas capaces de recoger y evaluar estas situaciones, llegando a corregir sus deficiencias y sugiriendo pautas de actuación.

Es obvio que no todos los sujetos tienen las mismas sensaciones ante las mismas motivaciones, lo que obliga a incluir una variable adicional, obtenida estadísticamente, que represente el número de sujetos que expresen sensación de bienestar ante la exposición a un ambiente determinado.

Pero también es cierto que podemos acudir a parámetros capaces de definir y reproducir un ambiente y caracterizarlo por medio de variables significativas como su temperatura, su humedad y la velocidad del aire.

Podemos establecer entonces, y de una manera genérica, que las condiciones interiores de diseño podrían estar comprendidas entre los siguiente límites:

<b>Estación</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Velocidad del aire (m/s)</b>	<b>Humedad relativa (%)</b>
Verano	23-25	0.18-0.24	40-60
Invierno	20-23	0.15-0.20	40-60

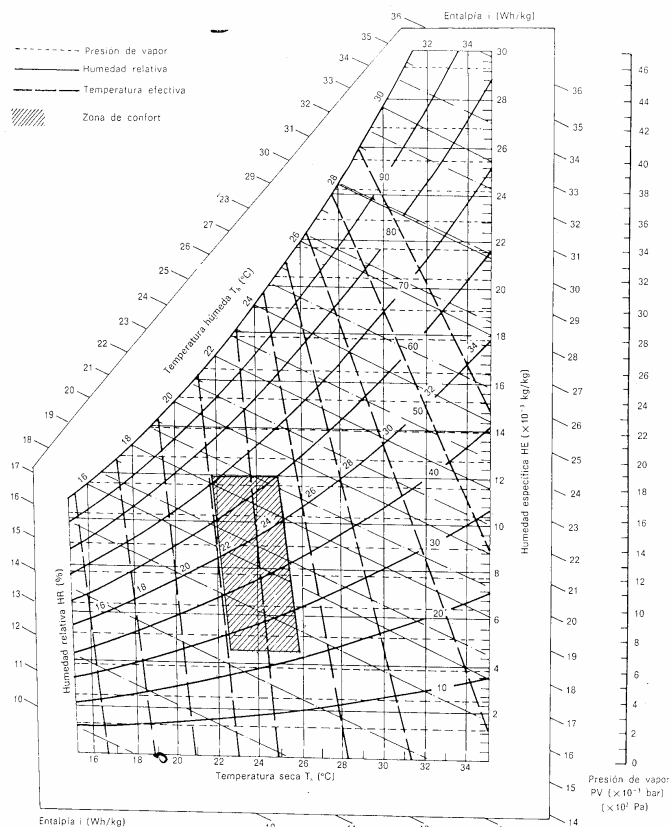
La temperatura que marca un termómetro corriente corresponde a la del mercurio dentro del bulbo. En realidad tiene poco que ver con la que sentimos sobre nuestra piel, debido a la concurrencia de factores tan diversos como la temperatura del aire, la radiación solar incidente, la humedad, la actividad o el arropamiento. Concebir variables que cuantifiquen con garantías estos estados es tarea complicada, obteniéndose mediciones de fenómenos parciales y llegando a emplear magnitudes que incorporan en su definición la subjetividad en un intento de aproximación a las sensaciones reales que experimenta el ser humano.

Algunos de los conceptos que se manejan habitualmente son la

- temperatura seca o de bulbo seco, tomada eliminando la influencia de la radiación,
- temperatura húmeda o de bulbo húmedo, tomada a través de un fieltro saturado de agua,

- temperatura efectiva, como un intento de relacionar las sensaciones de calor y frío, combinando los efectos de la temperatura, de la humedad y del movimiento del aire; se corresponde con las sensaciones de un ambiente saturado y sin movimiento apreciable,
- la nueva temperatura efectiva, corrige las divergencias observadas con las sensaciones reales al rebajar la humedad relativa hasta el 50%,
- humedad relativa, para cualquier temperatura y presión barométrica es la relación entre la presión parcial de vapor de agua y la presión de saturación, no teniendo significado como contenido de humedad o como índice de confort si no se relaciona con la temperatura seca,
- humedad absoluta, es la masa de vapor de agua contenida en la unidad de volumen,
- humedad específica, es la relación entre la masa de vapor de agua y la masa de aire seco contenidas en una muestra de aire,
- presión de vapor, es la presión parcial de vapor que contiene,
- entalpía, magnitud termodinámica de un cuerpo igual a la suma de su energía interna más el producto de su volumen por la presión exterior,
- calor sensible, calor asociado al cambio de temperatura de una sustancia,
- calor latente, calor asociado al cambio de estado

Para el análisis conjunto de estas variables, se han creado diagramas complejos donde se delimitan áreas de confort.

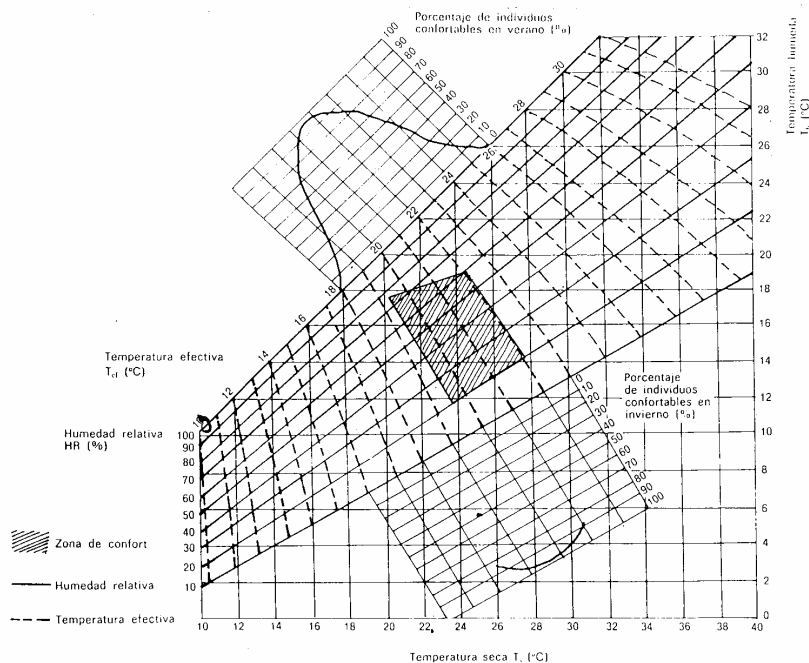


3.6. Diagrama de Nuevas Temperaturas Efectivas ASHRAE-KSU.

En el nuevo diagrama de temperaturas efectivas de ASHRAE-KSU, que tiene la estructura de un diagrama psicrométrico, están definidas, la entalpía, la humedad relativa y la tensión de vapor. Está calculado para una velocidad del aire menor de 0.2286 m/s, con grados de arropamiento entre 0,4 y 0,6 CLO y grados de actividad entre 1,0 y 1,2 met, para la estimación de las temperaturas efectivas.

Es preciso tener en cuenta que para la correcta definición de las condiciones de confort, entran en juego parámetros que no han sido tenidos en cuenta para la confección de un determinado diagrama. Por ejemplo el diagrama anterior es útil para individuos que habitan en la latitud 42° N debiendo corregirse cuando se producen distanciamientos excesivos. El efecto es similar comparando las divergencias existentes entre dos ambientes situados en la

misma latitud, pero a diferentes alturas. O comparando dos ambientes a la misma latitud y altura pero considerando las estaciones de invierno o verano. Lógicamente los criterios de confort cambiarán en función de la necesidad de adaptación del organismo humano a las condiciones imperantes en su entorno. También influye directamente en la sensación de bienestar, el sexo y la edad del individuo. En el diagrama siguiente, se incluye como variable el número de individuos que tienen sensación de confort.



3.5. Diagrama de temperaturas efectivas y porcentajes de individuos confortables en invierno y en verano.

Especial atención merecen los climogramas, o diagramas bioclimáticos, como instrumentos que además de contemplar áreas de bienestar en función de los parámetros anteriormente comentados, proponen actuaciones para corregir situaciones desfavorables y devolver el ambiente a la zona de confort.

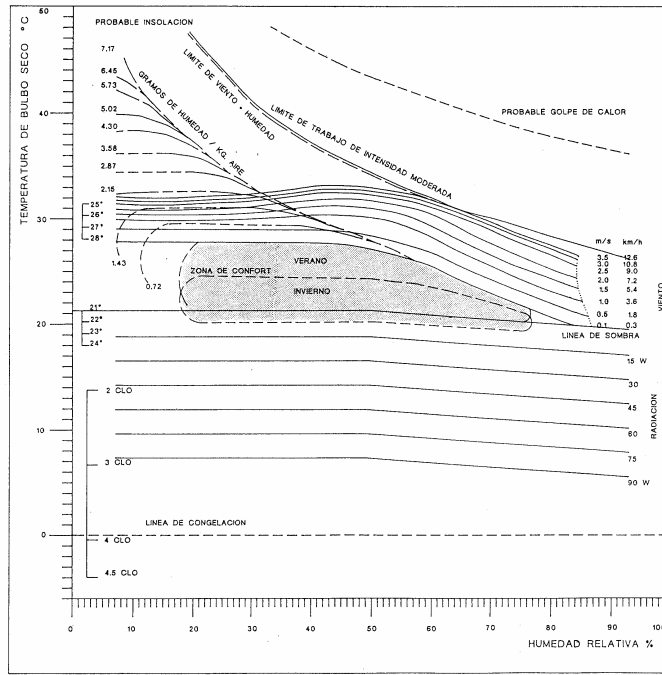
El climograma de Olgay representa la temperatura seca en el eje de ordenadas y la humedad relativa en el eje de abscisas. Víctor Olgay fue el primero que propuso un procedimiento sistemático para adaptar el diseño de un edificio a las necesidades humanas y a las condiciones climáticas.

La carta representada es válida para el sudeste español, teniendo en cuenta que para su utilización en otras latitudes es preciso elevar el perímetro inferior de la zona de confort 0,5°C por cada disminución de 4° de latitud, teniendo como límite el alcance por parte del perímetro superior de la cota de 30°C de temperatura seca.

Como se observa en la figura adjunta, la zona de confort se enmarca entre una temperatura de 20-28°C en situación de verano y entre los 18-23°C en invierno, manteniendo una humedad relativa entre los 18-78% y una velocidad del viento inferior a 1,4 m/s. Sobre esta carta se pueden trazar puntos, a los que corresponde una abscisa y una ordenada, o lo que es lo mismo, una temperatura y una humedad, y que son representativos de valores medios o máximos, diarios o mensuales, y que nos permiten evaluar las correcciones necesarias para restaurar las condiciones de confort.

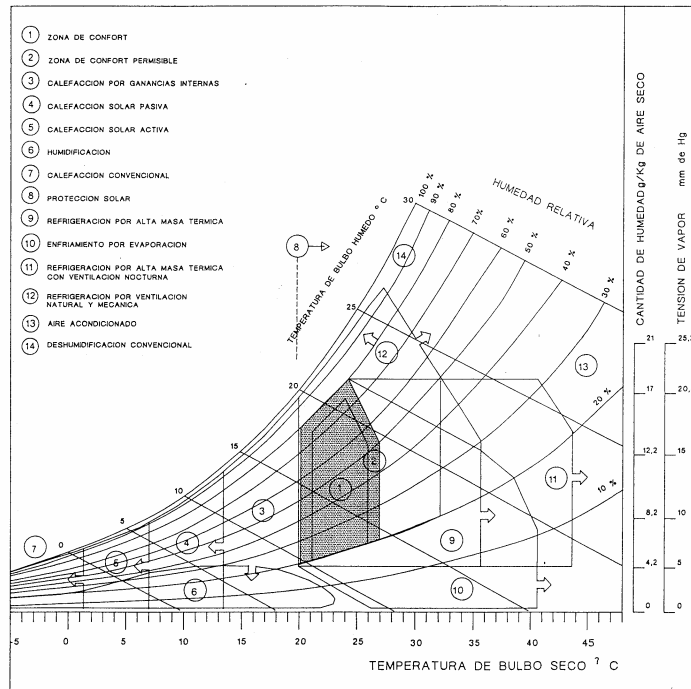
Si recogemos sobre la carta puntos ubicados en la parte superior, fuera de la zona de confort, será preciso en función de la cantidad de humedad, establecer estrategias que propicien una ventilación seca o bien la contribución de láminas de agua que aporten humedad al aire; igualmente al estar situados por encima de la línea de sombra, será preciso la inclusión de parasoles que impidan la captación solar. Si por el contrario, el punto representativo de una situación climática esta ubicado en la parte inferior, será preciso la captura de la radiación solar, por medio de la apertura de huecos y la potenciación de la inercia térmica de los paramentos, o en caso extremo el arropamiento.

CARTA BIOCLIMATICA DE OLGYAY



Este climograma presenta el inconveniente de tomar como punto de partida los datos climáticos exteriores del edificio y no tener en cuenta al edificio en sí, ya que las protecciones y estrategias empleadas para conseguir el bienestar interior alteran las condiciones de partida. No ocurre lo mismo con la carta de Givoni, muy adecuada para climas cálidos y secos y que toma en cuenta las características de la construcción como agente modificador del clima. Las necesidades humanas, tomadas en actitud sedentaria, pasan por una temperatura entre 20 y 28°C, una humedad relativa del 20 al 80% y una velocidad del aire inferior a 1,5 m/s. En este caso el eje de abscisas representa la temperatura de bulbo seco y el eje de ordenadas la tensión de vapor. La carta se encuentra dividida en zonas que suponen recomendaciones que van desde estrategias pasivas de acondicionamiento, pasando por sistemas activos hasta llegar a la utilización de sistemas convencionales de calefacción y refrigeración cuando las condiciones se hacen extremas.

CARTA BIOCLIMATICA DE GIVONI



## LAS CONDICIONES EXTERIORES. LAS CONSIDERACIONES CLIMÁTICAS

Antes de entrar en la consideración y estudio de los parámetros climáticos que determinarán el diseño del hábitat, es preciso tener conciencia de su ubicación en un entorno determinado y de la concurrencia por tanto de factores regionales y locales que incidirán directamente en su comportamiento bioclimático.

Podemos establecer áreas de acercamiento al objeto, donde cada vez se vayan concretando con mayor exactitud los parámetros capaces de intervenir en él. En muchas ocasiones, las variables definitoria de entornos próximos predominarán sobre las que se han observado para zonas de mayor extensión.

Dentro de una clasificación muy generalista y simplista de climas, y delimitando amplias áreas geográficas, podemos mencionar el clima ecuatorial, con temperaturas y humedades altas y constantes, el clima desértico, con altas temperaturas diurnas e importantes oscilaciones térmicas acompañado de escasas precipitaciones, el clima templado con variaciones relevantes dependiendo de la presencia reguladora de mares y océanos, (en el clima mediterráneo los veranos son cálidos, secos y soleados y los inviernos suaves y húmedos, y en el clima continental se produce una amplia oscilación térmica estacional y diaria con relativa escasez de precipitaciones), el clima polar, y el clima de alta montaña donde la temperatura disminuye con la altitud aumentando el régimen de lluvias.

Estos comportamientos climáticos son susceptibles de análisis mediante el conocimiento de la latitud, (relaciona el lugar con el sol) y de la altitud (volumen de atmósfera que han de atravesar los rayos solares). Los datos de partida son los obtenidos en los observatorios meteorológicos, donde se pueden obtener los índices de pluviosidad, el régimen de vientos, la radiación solar interceptada por una superficie y las temperaturas máximas o mínimas mensuales o diarias. Son muy pocos los observatorios que disponen de todos los datos, debiendo interpolar con el error de bulto que ello supone.

**Las condiciones climáticas del entorno geográfico del lugar modifican las condiciones iniciales creando mesoclimas específicos.** La forma del territorio incide, por ejemplo, en el grado de soleamiento al propiciar superficies de inclinaciones diferentes y por tanto de diferente capacidad de absorción de la radiación solar. La propia superficie de captación, si se trata de nieve, bosque, pradera, agua o piedra, poseerá un índice de reflexión diferente (albedo), que influirá en las condiciones del lugar.

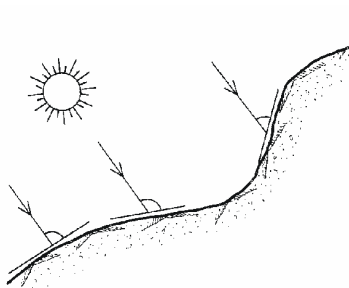


Fig. III.20. Inclinación del terreno.

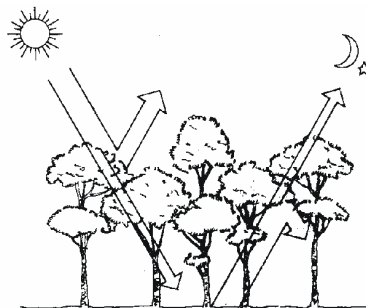


Fig. III.21. Protección vegetal.



Fig. III.19. Movimiento del aire.

(fig. tomada del libro "Bases para el diseño solar pasivo, del IETCC)

La presencia de agua modificará las condiciones de humedad y temperatura. Los lagos y estanques almacenan el calor y son elementos reguladores al hacer disminuir las oscilaciones térmicas diarias y estacionales. Los ríos tienen efectos de enfriamiento, por su carácter de agua corriente.

En las costas, a este efecto regulador se añade el efecto de las brisas. Durante el día, el mayor calentamiento de la tierra hará que el aire situado sobre ella tienda a elevarse ocupando su lugar un aire más frío que proviene del mar generando con ello un suave movimiento de mar a tierra. Durante el periodo nocturno este movimiento se invierte, y la

gran capacidad de acumulación de calor de las masas de agua calienta el aire próximo que tiende a elevarse, ocupando en esta ocasión su lugar el aire que proviene de tierra. Este movimiento de brisas marinas es aprovechado por multitud de asentamientos de latitudes cálidas, para orientar sus huecos y sus calles hacia el mar y aprovechar así sus beneficiosos efectos refrigerantes.

Junto con este mesoclima específico costero, se pueden alinear los mesoclimas específicos de montaña y de valle como conjunto de condiciones particulares capaces de alterar las condiciones del clima regional. En ellos, siempre existirá una vertiente soleada, sur o solana, y otra vertiente de sombra, norte o umbría, donde la capacidad del sol para calentar el ambiente generará corrientes naturales ascendentes durante el día, invirtiendo el flujo durante la noche. En una ladera soleada, se crean tres zonas representativas de tres estados; en la zona superior se produce la máxima exposición al sol y a los vientos dominantes, pudiendo acarrear frecuentes situaciones de inconfort. En la zona inferior, se pueden producir embolsamientos de aire frío y zonas de máxima humedad nocturna; durante el día se producirán temperaturas máximas. En la zona intermedia, en el denominado cinturón térmico, se producen los valores medios de las temperaturas diurnas, estando las nocturnas muy cerca de las máximas.

Si estudiamos con detenimiento diversos asentamientos en ladera, observaremos como habitual la ubicación a media ladera, en solana si buscan el sol, en umbría si se ocultan de él.

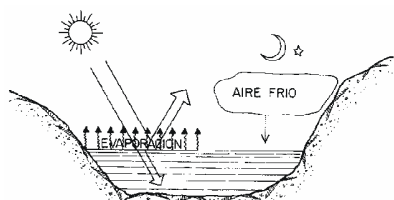


Fig. III.22. Enfriamiento del microclima.

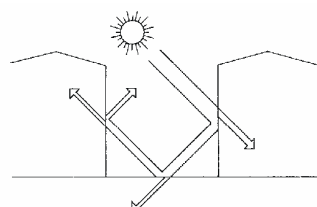


Fig. III.25. Influencia del entorno sobre el albedo.

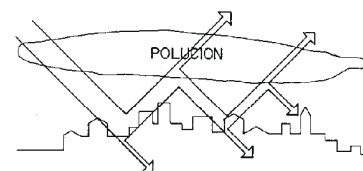


Fig. III.26. Ambiente climático urbano.

(fig. tomada del libro "Bases para el diseño solar pasivo, del IETCC)

La presencia de vegetación constituye otro factor a tener en cuenta. La capacidad de absorber la radiación solar, el efecto sombra, la humedad y la evapotranspiración que se produce en su entorno, modifican la temperatura del aire, haciéndola descender varios grados. Tiene un efecto regulador corrigiendo las temperaturas máximas y las oscilaciones diarias.

Por último, los ambientes urbanos generan sus propias condiciones. La rugosidad y complejidad del conjunto modifican la velocidad y la dirección de los vientos dominantes y la convección natural del suelo; también la polución ambiental, modifica la transparencia y la reflectancia de la atmósfera potenciando el efecto invernadero, lo que unido a la alta inercia térmica de paramentos y viales, genera sobrecalentamientos, que son especialmente nocivos en periodos de estío.

**Esta situación, todavía sería susceptible de corrección con el estudio del microclima del lugar,** su vegetación, el tipo de terreno, las condiciones topográficas, su pendiente y posición, el tipo de terreno, y las obstrucciones que pudieran derivar en una merma de la captación solar o una variación de la exposición a vientos, ya sean perjudiciales o beneficiosos.

### PARÁMETROS Y ESTRATEGIAS

Una vez analizados las condiciones interiores y exteriores que concurren en un determinado lugar, estudiar el efecto que los parámetros climáticos tienen sobre el propio hábitat, nos permitirá diseñar estrategias de aprovechamiento o protección en virtud de las necesidades a cubrir.







Si observamos un cubo ideal con una de sus caras orientada al sur, descubriremos que en situación de verano y debido a la altura solar, la máxima radiación incidente la recibe la cara superior, la que podría corresponder con la situación de la cubierta en una vivienda convencional, seguida de las caras laterales, correspondientes a orientaciones este y oeste, mientras que la cara que menor radiación recibe es la cara frontal, en orientación sur.

Si pasamos a una situación de invierno, vemos como la cara con mayor soleamiento es la cara sur, a continuación la cara superior y por último las fachadas este y oeste con la menor radiación incidente.

La cara norte recibe radiación directa, como ya ha sido mencionado con anterioridad, en tiempo muy reducido, en el orto y en el ocaso, y siempre contando con la ausencia de obstrucciones, hecho bastante problemático dada la baja inclinación de los rayos solares. Recibirá eso sí, la fracción correspondiente de radiación difusa.

Otro factor decisivo en la captación solar es el color de las superficies receptoras y su capacidad de reflectividad o albedo. En general, los colores oscuros tienen un alto grado de absorción y por tanto de capacidad de captación de energía.

Color	Absortancia
Muy claro	0,10-0,20
Claro	0,50
Medio	0,80
Oscuro	0,90
Muy oscuro	0,92-0,95

La capacidad de las superficies para reflejar la energía incidente es muy variada y va desde el asfalto con un valor de 0,04 a la nieve fresca con un 0,90. Las masas de agua con ángulos de incidencia superiores a los 60° pueden llegar a cotas de albedo cercanas a la unidad.

Y por supuesto, es determinante la capacidad de almacenaje del material que constituye la superficie captora, y que se puede cuantificar a través de su masa térmica, resultado del producto de su calor específico por su masa.

Material	Calor específico (Kcal/Kg °C)
Agua a 4°C	1,00
Hierro	0,87
Madera	0,65
Roca	0,30
Aire	0,24
Hormigón	0,22

**Las estrategias de captación solar** difieren básicamente en la inmediatez de la disposición de la energía capturada o en la posibilidad de almacenarla para beneficiarse de ella con posterioridad, lo que puede ser, en cierta medida, controlado.

Sin mayor esfuerzo que el conocimiento y el aprovechamiento pasivo de las potencialidades de cada material, obtendremos los resultados deseados.

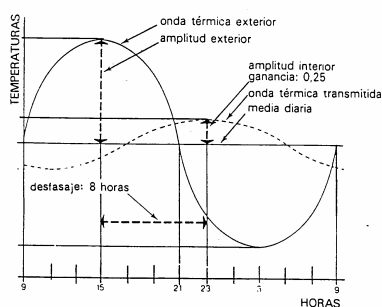
**La inercia térmica**, es el soporte conceptual de los sistemas de captación basados en la emisión energética retardada. Consiste en la recepción de la onda incidente, su acumulación y posterior reemisión al ambiente interior, haciéndolo coincidir con los periodos nocturnos de demanda energética.

En primer lugar, la superficie destinada a recibir la radiación necesita su predisposición a ello acomodando su inclinación, su color y su textura. Debemos considerar el acabado de paramentos como primer filtro de nuestras intenciones y evaluar su absorción y reflectancia.

Por otro lado, la fábrica estará diseñada de tal manera que permita disponer de un alto poder de almacenaje; disponer en definitiva, de una importante masa térmica. Este concepto involucra por un lado al material, que deberá responder con un alto calor específico como propiedad determinante, y por otro al espesor del muro. Ambos son proporcionales a la masa térmica.

Y por último el calor almacenado debe ser reemitido al ambiente interior en el momento y a la velocidad adecuada. De esto último se ocupa la conductividad térmica del material, que si es elevada, despojará con rapidez al almacén del que se sirve, aunque la intensidad de la emisión sea mayor.

El momento de la reemisión depende del desfase de la onda térmica siendo función de todas las variables mencionadas con anterioridad. De la totalidad de la radiación incidente solo el porcentaje absorbido pasa a la fábrica, y de ésta, sólo una fracción consigue pasar al interior, resultando una onda amortiguada en su intensidad y desfasada en el tiempo.



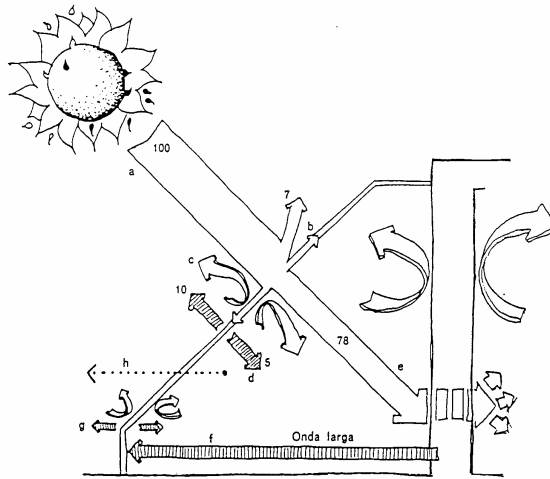
(fig. tomada del libro Arquitectura bioclimática, de Jean-Louis Izard y Alain Guyot.)

La siguiente expresión cuantifica dicho desfase:

$$d = \frac{t}{2} \sqrt{\frac{\rho \cdot C_e}{\pi \cdot \lambda \cdot t}} \quad |$$

donde  $d$ , es el desfase de la onda térmica expresada en horas,  
 $t$ , la duración periódica del fenómeno en horas,  
 $\rho$ , la densidad ( $\text{kg/m}^3$ )  
 $C_e$ , el calor específico ( $\text{Kcal/K} \cdot ^\circ\text{C}$ )  
 $\lambda$ , la conductividad térmica ( $\text{Kcal/h} \cdot \text{m} \cdot ^\circ\text{C}$ )  
 $l$ , el espesor del muro.

Los sistemas de captación directa se basan en **el efecto invernadero**. Éste se produce ante la permeabilidad de los vidrios a la longitud de onda corta (inferior a  $2,5\mu\text{m}$ ), que supone la mayor parte de la radiación solar. Una vez atravesado, incide sobre los cuerpos opacos calentándolos; éstos, ceden a su vez parte de su calor al aire que está en contacto con ellos, elevando la temperatura. Además por el mero hecho de poseer una determinada temperatura emiten radiación, pero en esta ocasión es de una longitud de onda de mayor amplitud, aproximadamente de unos  $11\mu\text{m}$ , a la que es opaco el vidrio, quedando apresada en el ambiente interior.

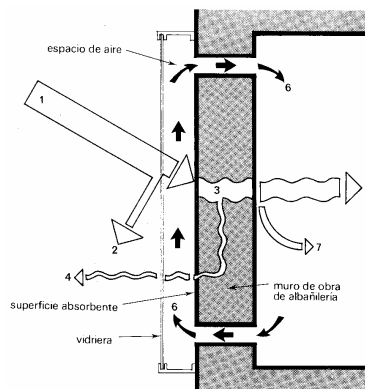


(fig. tomada del libro Acondicionamiento y energía solar en arquitectura, de Javier Neila y Cesar Bedoya.)

Con la aplicación de los sistemas de captación directa se consigue un rápido calentamiento, pero también un enfriamiento igualmente rápido al cesar la fuente que le proporciona la energía. Puede ser utilizado con eficacia para los alojamientos cuyo régimen de funcionamiento requiera un periodo corto o puntual de estancia.

Aquellas construcciones que tengan una inercia térmica importante y estén decididos a servirse de ella, obtendrán un ambiente interior con menores oscilaciones térmicas, más estable, con calentamientos y enfriamientos más prolongados. Puede ser aconsejable para alojamientos con estancias prolongadas, en general, viviendas permanentes.

Ambos sistemas pueden combinarse y complementar con ello sus beneficios. Un intento de esta unión supone la utilización del muro trombe (toma su nombre de su inventor el francés Felix Trombe), que consiste básicamente en un invernadero de reducidas dimensiones, un captador de aire, cuyo muro expuesto, pintado de color negro, es capaz a su vez de almacenar y reirradiar al ambiente interior una buena parte de la energía que recoge.



(fig. tomada del libro Arquitectura bioclimática, de Jean-Louis Izard y Alain Guyot.)

Para el correcto funcionamiento de estos sistemas es preciso contar con los materiales adecuados, pero fundamentalmente elaborar diseños cuya orientación, apertura de huecos, ubicación de balcones o miradores colaboren en el objetivo propuesto de optimización energética.

En nuestras latitudes, puede ser de mayor utilidad la necesidad de guarecerse del sol, que la de buscar su concurso. Por ello, son muy importantes las **estrategias de enfriamiento y de protección solar**. En este punto, es muy difícil mantener un discurso independiente del resto de parámetros intervinientes, agua y aire, pluviosidad y vientos, humedad y

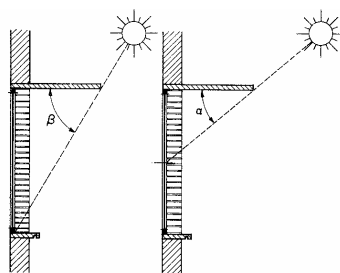
brisas, ya que en las estrategias de enfriamientos tienen un papel preponderante la contribución de las corrientes de aire y de las masas de agua.

El primer objetivo para evitar sobrecalentamientos indeseables es abordar **estrategias de prevención y de reducción de los efectos del sol**. La utilización que antes realizábamos de los paramentos para aprovechar la captura de la radiación, la usamos ahora para favorecer la reflexión solar, y lograr con ello que la absorción de los cerramientos del alojamiento sea mínima. Los acabados claros contribuyen a este propósito ya que la reflectancia de un ladrillo blanco puede ser del 85%, mientras que la de un ladrillo marrón puede llegar al 0,03%. El enjalbegado, o encalado, de los paramentos exteriores en la arquitectura popular de los pueblos del sur, tiene básicamente esa función.

También se han desarrollado en algunas latitudes, sistemas constructivos que tienden a responder de manera predominante a la protección de unas condiciones climáticas adversas. Es el ejemplo de las cubiertas ventiladas o de las azoteas a la catalana; la ubicación de una cámara de aire, en contacto con el ambiente exterior y por tanto con la posibilidad de generar corrientes de aire por convección natural, permiten minimizar la repercusión que el sobrecalentamiento de la cubierta ocasionaría en el ambiente interior.

La propia inercia térmica de los paramentos puede actuar como regulador en los periodos de exceso de radiación y de hecho todos hemos experimentado en alguna ocasión, la sensación de agradable frescura, en estancias donde los muros estaban formados por materiales pétreos o terrosos, de un espesor considerable y bien protegidos de la radiación solar. El proceso antes descrito se efectúa esta vez en sentido contrario, absorbiendo el paramento el exceso de calor y propiciando con ello el descenso de la temperatura interior. Si liberamos el calor almacenado durante la noche, por ventilación por ejemplo, al día siguiente estará en condiciones de poder llenar de nuevo su almacén energético. Si contamos con la contribución de un aislamiento térmico, su disposición en la capa exterior del cerramiento podría potenciar los efectos reguladores que ésta posee.

Por último, el tratamiento de huecos, se antoja como la maniobra más inmediata para impedir el acceso al interior de la radiación solar. El empleo de parasoles horizontales sobre los dinteles de los huecos favorece la disposición de estrategias solares pasivas al posibilitar la captación solar durante el periodo invernal debido a la baja inclinación de los rayos solares; en el periodo estival, la altura que alcanza el sol junto con la prolongación del plano horizontal del dintel por la contribución del parasol, impide la penetración de la radiación directa y la posibilidad de sobrecalentamiento.



(fig. tomada del libro "Bases para el diseño solar pasivo, del IETCC)

Este parasol puede estar constituido por vegetación de hoja caduca, desapareciendo durante el invierno para dejar paso al sol y reapareciendo en verano para ofrecer un espacio sombreado en el entorno del hueco.

Es posible también jugar con el diseño del hueco, buscando tamaños reducidos y orientaciones norte.

Mucho habría que hablar sobre las protecciones del hueco. La albenda, la persiana, los balcones, miradores, fraileros y ajimeces, el postigo y la contraventana, las lamas,... componen una gran variedad tipológica, que utilizan las prestaciones de los parasoles junto

a la contribución de los movimientos naturales de convección para salvaguardar el confort en el interior de la estancia a la que sirven.

Si no es posible mitigar el exceso de soleamiento, todavía es posible encontrar **sistemas de eliminación del exceso de calor**, que tienen su base conceptual en el enfriamiento latente y en los mecanismos de ventilación natural o forzada; el primero haciendo pasar corrientes de aire por superficies de agua, fuentes o vegetación húmeda y el segundo favoreciendo la penetración de vientos beneficiosos o permitiendo movimientos del aire entre fachadas opuestas (ventilación cruzada) por simple diferencia de temperaturas, que generen su renovación.

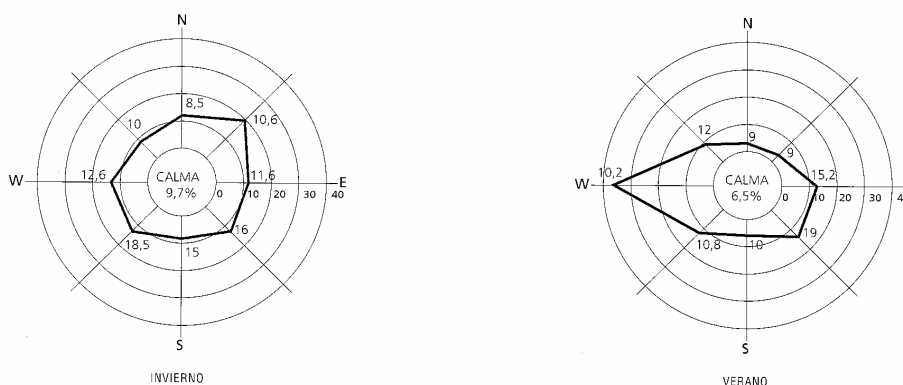
## AIRE

Las consecuencias de los movimientos del aire, si es de ámbito geográfico, el viento, y si se producen en el interior del habitat, la ventilación, son utilizados en la adecuación pasiva, sobre todo en actuaciones encaminadas a la refrigeración ambiental.

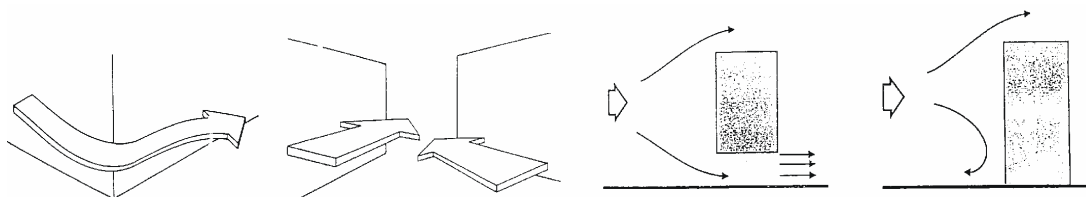
El viento posee dos efectos utilizables: uno dinámico, al actuar como fuerza horizontal, y otro térmico que permite regular y suavizar valores excesivos de la temperatura y de la humedad.

La velocidad del viento es fundamental a la hora de percibirlo como agente benefactor o perjudicial; así, una velocidad inferior a 4 m/s es sentida débilmente por el organismo llegando a ser peligroso para peatones cuando alcanza los 15m/s.

La determinación del régimen de vientos de una zona climática es obtenida a través de las observaciones realizadas en las estaciones meteorológicas. Estos datos se representan en forma estrellada en la llamada rosa de los vientos, que indican la dirección y la intensidad de los vientos dominantes.



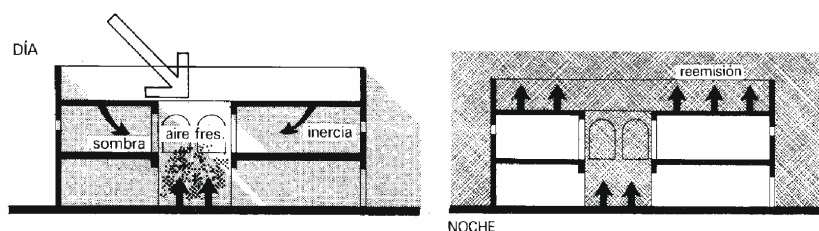
Deben corregirse posteriormente en función de las condiciones específicas del lugar. Efectos de esquina, de barrera, Venturi, de rodillo o de rebufo, alteran la dirección e intensidad y distorsionan los datos obtenidos en el observatorio. Juegan en este sentido un papel esencial en la determinación de los parámetros del entorno físico.



**Las estrategias derivadas del viento** teniendo en cuenta su potencial mecánico pasan por la posibilidad de mover máquinas, de moler - en tiempos pasados molinos -, o bien de producir energía eléctrica - los actuales aerogeneradores -.

Si nos centramos en su capacidad de aireación del espacio interior, las disposiciones en "ventilación cruzada", con el aprovechamiento de las diferencias de presión y temperatura entre fachadas opuestas, o la colocación de chimeneas que promuevan la convección natural de corrientes de aire (inducido o no por el calentamiento del aire en el entorno del conducto), o la ubicación de patinillos en zonas interiores de la vivienda, consiguen el saneamiento e higiene del alojamiento por renovación del aire y proponen sistemas efectivos para mitigar los efectos del sobrecalentamiento.

El microclima que se crea en los patios, tiene que ver con la capacidad del aire para crear una estratificación de capas que permite situar las de mayor frescor, las más pesadas en la parte inferior y beneficiar por tanto, directamente a las estancias que se encuentran en contacto directo con él.



(fig. tomada del libro Arquitectura bioclimática, de Jean-Louis Izard y Alain Guyot.)

Si forzamos el movimiento de este aire, su recorrido por el interior de la vivienda servirá para capturar calorías del espacio interior antes de su salida al exterior.

También podemos recurrir a estrategias a las que no son ajenas ni la arquitectura vernácula ni la arquitectura actual, consistentes en hacer pasar una corriente de aire por un conducto enterrado. Se produce durante el recorrido un **enfriamiento sensible**, que debido a la gran inercia del terreno y a la estabilidad que mantiene a determinada profundidad, origina un importante descenso de la temperatura del aire que llega en condiciones óptimas al espacio interior, donde dispondrá de una gran capacidad de absorción de calor, refrigerando el ambiente.

En "Madrid, un conducto de 30 cm de diámetro, de cemento centrifugado y unos 12 m de longitud, enterrado a una profundidad entre 1,5 y 2,0 m, y por el que circule aire a 2 m/s, al final de su recorrido lo impulsará a una temperatura unos 5°C más baja de la que entró."<sup>1</sup>

Mención especial requiere el **enfriamiento latente**, utilizado con frecuencia en climas cálidos secos. Apoyados en este concepto, se disponen fuentes y plantas en patios, se colocan láminas de agua frente a estancias abiertas a vientos dominantes, como en el caso emblemático de la Alhambra de Granada, o simplemente se riegan las calles de las ciudades.

El sistema consiste básicamente en la capacidad que tiene un aire con contenidos bajos de vapor de agua en su seno, para absorber ese vapor cediendo calor ("son necesarias 580 calorías para evaporar un gramo de agua, que obtenidas de un metro cúbico de aire son suficientes como para bajar su temperatura en 2,2°C.")<sup>1</sup>. El intercambio se produce a través de elementos muy variados tales como fuentes, lagos o estanques, vegetación de diversas especies, canales de agua,... que ayudan a componer el espacio urbano y mejoran los parámetros higrotérmicos del ambiente.

<sup>1</sup> tomado del libro "Técnicas constructivas y arquitectónicas de acondicionamiento ambiental", de Javier Neila y Cesar Bedoya. ediciones munilla-lería



## AGUA

El concepto del agua presente en el aire está soportado por la definición de los parámetros de humedad relativa, específica y absoluta definidos con anterioridad. Depende lógicamente de la cercanía de masas de agua o de la pluviosidad local, capaces de incorporar al aire seco cantidades variables de vapor de agua.

La humedad está íntimamente ligada a la temperatura y a los movimientos de las masas de aire, siendo una variable de valores fáciles de aumentar pero difíciles de reducir. No obstante y después de observar los diagramas bioclimáticos de bienestar, se aprecia el estrecho margen que ofrecen las variaciones de temperatura en la definición del área de confort (20-28°C), en contraposición con la amplitud ofrecida por la humedad relativa (20-80%).

Las estrategias donde se puede emplear ya han sido mencionadas en mayor o menor medida formando parte sobre todo de las estrategias de enfriamiento latente.

### EL MANUAL DEL USUARIO

Con el conocimiento de los parámetros medioambientales y la aplicación en la edificación de las estrategias adecuadas, podemos conseguir que los consumos energéticos derivados de la utilización de combustibles convencionales, de carácter no renovable, puedan descender de manera drástica. Quedaría por asegurar, que aquello que se ha previsto funcione tal y como se ha previsto, para lo cual, hemos de incidir en el papel que el usuario debe asumir en la recepción del inmueble, convirtiéndose en pieza clave en el proceso de implantación de técnicas bioclimáticas en los edificios.

Es tema controvertido el de la necesidad de articular estrategias que necesiten de la manipulación para su correcto funcionamiento, o por el contrario concebir diseños arquitectónicos orientados a la optimización de los consumos energéticos sin el concurso del usuario; es decir, la adecuada ubicación y composición de todos los elementos, bastaría para conseguir los objetivos deseados.

En principio, parece más deseable la segunda opción, en cuanto que no depende de nadie; se ha estudiado su proceder y a ello se debe ajustar. No queda a expensas de usos inadecuados, lo que generaría sin duda anomalías en el confort de la vivienda. Sin embargo, debemos sopesar el hecho de que los parámetros que intervienen están sujetos a una variabilidad considerable y por tanto el comportamiento de las estrategias diseñadas será diferente en cada situación. La posibilidad de corregir estas variaciones mediante la manipulación de determinados elementos, **le otorga flexibilidad a las condiciones del ambiente interior e implica decididamente al usuario en el conocimiento y control de su hábitat y de un entorno que le es propio.**

La manipulación estos mecanismos capaces de controlar el correcto funcionamiento de las estrategias previstas, puede realizarse de modo manual o mediante la inserción de sensores encargados de estimular automáticamente su operatividad (terreno de la domótica).

El hecho de pretender concebir un manual del usuario, nos incluiría decididamente en la primera de las opciones planteadas al inicio; el manual debe ser directo y sencillo, no contener términos excesivamente técnicos e ir dirigido a un amplio sector de población que no tiene porqué tener conocimientos arquitectónicos.

En él se deben aportar nociones básicas sobre lo que supone el control del confort del ambiente interior, un estudio básico de la climatología del entorno, instrucciones sobre las estrategias desarrolladas en su vivienda, su funcionamiento y correcto mantenimiento, las condiciones de usos y modificación de espacios (junto con los materiales y técnicas deseables en cualquier intervención), y el papel que un eficaz control de los residuos sólidos

urbanos, incluyendo los de construcción y demolición, puede desempeñar en el medio ambiente.

## LOS MATERIALES Y LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

Tal y como citábamos al principio, el campo de la concepción de edificios medioambientales, donde la rentabilidad energética es tan sólo uno de los aspectos a tener en cuenta, tiene su continuación en la necesidad de elegir para nuestras construcciones, materiales y técnicas de ejecución que estén en consonancia con los principios anteriormente desarrollados. Poco sentido tiene el ahorrar energía en la climatización de nuestras viviendas, si la derrochamos en la fabricación de materiales para su construcción.

Y desde luego es primordial, desarrollar nuestra actividad bajo presupuestos que no deterioren el medio ambiente, controlando la utilización de componentes y sistemas que no representen la emisión de sustancias nocivas al aire, al suelo o al agua.

## LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

El uso de materiales cuyo coste medioambiental sea mínimo, se antoja como uno de los objetivos que deben primar en toda construcción sostenible. No resulta fácil cumplir con esta exigencia ya que los productos y modos de hacer que en la actualidad nutren mayoritariamente el mercado de la construcción, no están inspirados en principios de respecto al entorno.

No obstante, cada vez es mayor el número de acciones que tanto la iniciativa pública como la privada van adoptando en orden a satisfacer estos preceptos; de hecho, existen guías de preferencia ambiental y guías de construcción, que junto con las Agendas de la Construcción Sostenible, dentro del campo de Acción Local de las Agendas 21, dan instrucciones y consejos sobre la directrices que se han de adoptar para la realización de edificios respetuosos con el medio ambiente.

Es preciso observar que para evaluar la conveniencia o no de la utilización de determinado material, es preciso desarrollar herramientas que pongan en la balanza todos los procesos a los que se ve sometido y poder juzgar con ello. Partiendo de la base de que no hay material inocuo puro, se trata de trabajar con aquellos que menos impacto causen, e incentivar técnicas que permitan obtener las mejores prestaciones con la menor carga contaminante posible.

Para ello, se han desarrollado una serie de conceptos y herramientas asociadas, que nos permiten tipificar el comportamiento medioambiental de los distintos elementos y tener noción de los riesgos o beneficios que se obtienen de su utilización.

El mas interesante es el ACV (Análisis de Ciclo de Vida) definido (según ISO 14040) como

“una técnica para determinar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados con un producto, compilando un inventario de entradas y salidas relevantes del sistema, evaluando los impactos ambientales asociados a esas entradas y salidas, e interpretando los resultados de las fases de inventario e impacto en relación con los objetivos del estudio.”

es decir, el control de un determinado producto o sistema, desde “la cuna a la tumba”, evaluando el impacto medioambiental que produce (y aquí están incluidos los componentes tóxicos emitidos, la interacción con el medio y el consumo energético en cada una de las fases contempladas) tanto en la extracción de la materia prima (cuna), como en su transporte, fabricación, manipulación, uso, demolición y gestión como residuo (tumba).

Podemos evaluar entonces (existe en la actualidad software adecuado en el mercado) sobre que parámetros ambientales (efecto invernadero, carcinomas, eutrofización, niebla de

verano, niebla de invierno, metales pesados, pesticidas, residuos sólidos...) incide un determinado producto y que tipo de repercusión puede tener su uso.

## LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

Es posible abordar el estudio de los sistemas constructivos desde dos posiciones distintas aunque dependientes ambas de la óptica sostenible:

- por un lado, las consecuencias que determinadas técnicas de ejecución conllevan, evaluando la interacción con el medio y tipificando a través de los Análisis de Ciclo de Vida el impacto medioambiental que llegan a producir;

- por otra parte, la implantación de estrategias pasivas de acondicionamiento, obliga a resolver la ejecución material del edificio bajo estos condicionantes, y limitan (más que limitar, centran) el diseño constructivo al cual va indefectiblemente unido. Si el estudio de los climogramas, por ejemplo, desvelan la necesidad de utilizar la inercia térmica como estrategia predominante, podría resultar interesante la utilización, como tipología constructiva, de sistemas de fachada ventilada, proponiendo incluso, la utilización de muros de carga como sistema estructural; todo ello redundaría en un aumento significativo de la masa térmica interior del edificio y acabaríamos, en un tocoso similar, "empujando todos en la misma dirección".

Si por el contrario, el análisis de las condiciones exteriores recomendará la necesidad de desarrollar estrategias con la menor inercia térmica posible, con predominio de sistemas de refrigeración y/o de calentamiento rápido, sería recomendable la ejecución de cerramientos donde el aislamiento térmico estuviera colocado hacia el interior de la edificación, que por otro lado es la manera convencional de concebir actualmente los cerramientos de nuestros edificios, sea cual fuere su latitud, sin sopesar su conveniencia en función de su particular ubicación.

En cualquier caso, se pueden enumerar algunos aspectos a tener en cuenta en el proceso de diseño y ejecución de una obra, y que permiten reducir el coste energético y ambiental de la construcción.

En primer lugar, sería recomendable **la estandarización e industrialización** de los elementos y procesos constructivos ya que mejoran la calidad de los productos, optimizan los gastos de producción y posibilitan la reutilización al final de la vida útil del edificio al que pertenecen.

Para ello y consecuentemente, **se deben primar los sistemas de montaje en seco**, ya que facilita el desmontaje de componentes y su posterior inserción en otras construcciones. Al mismo tiempo las labores de acoplamiento de las distintas partes, generan menos residuos y un menor coste global, que los sistemas de unión de tipo húmedo.

Estos costes, serán aún menores si utilizamos elementos de **fácil manejo y transportabilidad** y cuyo **mantenimiento** no requiera de operaciones de envergadura, ya sea por su buena calidad, lo que incidirá de manera decidida en su durabilidad, ya sea por su accesibilidad, lo que permitirá revisiones periódicas de control y con ello la prevención de deterioros de consideración y de reparaciones cuantiosas.

**Se reducirá entonces la producción de residuos de construcción y demolición**, factor determinante en cualquier fase de obra, debiendo además gestionarlos adecuadamente.

No podemos olvidar, que en el plano estructural, **un dimensionado estricto de secciones** minimiza el aporte de material y de elementos auxiliares.

**La flexibilidad de uso de los espacios**, de modo que puedan albergar ocupaciones diferentes a lo largo de la vida útil de un inmueble, debe de ser refrendado por las técnicas y sistemas constructivos utilizadas y contribuir a la posibilidad de modificaciones, sin que ello suponga alteraciones de consideración en el esquema estructural original.

**En cuanto a las instalaciones, si se proyectaran registrables y de fácil acceso**, permitirían optimizar las labores de mantenimiento, reparación y desmontaje selectivo,

posibilitando incluso la recuperación de conductos, líneas, mecanismos y aparatos, para su ulterior reutilización.

La toma en consideración de todas estas cuestiones desde la etapa de diseño del inmueble, contribuye a la racionalización de la construcción y a la minimización de costes energéticos y medioambientales.

## LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD)

Uno de los aspectos mas olvidados en todas las fases del desarrollo de un proyecto arquitectónico es el de los residuos generados durante las etapas de construcción, mantenimiento y demolición del edificio. Según datos oficiales representan en torno al 8% de la producción de residuos sólidos.

Estimaciones realizadas en el Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición ofrecen como hipótesis más verosímil una tasa de generación situada ente los 520 y los 760 Kg/hab/año, horquilla que para cálculos de dotaciones de infraestructura se sitúa hasta un máximo de 1000 kg/hab/año. El núcleo urbano de Madrid, por poner un ejemplo, es la primera fuente de producción de RCD en nuestro país y la segunda ciudad europea, con un ratio de 2.500 Kg/hab/año.

Estos residuos, tal y como cita el mencionado PNRCD,

“...proceden en su mayor parte de derribos de edificios de rechazos de los materiales de construcción de las obras de otros de nueva planta y de pequeñas obras de reforma en viviendas o urbanizaciones.

Se generan en grandes cantidades y el volumen supera al de origen doméstico.”

En el contexto europeo, España se encuentra teóricamente en el 4º lugar en producción de RCD, por detrás de Alemania, Reino Unido y Francia. En la antigua Europa de los doce, en cuanto a reutilización o reciclado, España ocupaba el último lugar junto a Grecia y Portugal. Es en Holanda, seguramente por una cuestión vital, Bélgica, Dinamarca, Finlandia y Austria donde las políticas de reciclaje y reutilización tienen verdadera entidad, con porcentajes de reciclaje del 93%, 91%, 97%, 76%, 50% respectivamente. Las actuaciones en el ámbito normativo, con prohibiciones, restricciones o impuestos sobre el vertido, así como los acuerdos voluntarios con los agentes actuantes, la concienciación social o la redacción de planes de gestión de residuos, son los motores que han impulsado resultados que se antojan inexcusables en otras naciones.

Los residuos de construcción y demolición, en la actualidad colmatan los vertederos (cuando no se vierten de forma incontrolada), contaminando el entorno. La primera pregunta que surge, es que tipo de residuo se está produciendo. En evidente que existen sustancias contaminantes que van a parar a estos depósitos, con bastantes probabilidades de contaminación de acuíferos y de degradación del medio natural.

La Decisión de la Comisión Europea de 22 de enero de 2001, cataloga los RCD agrupándolos en el código 17 (CER 17 00 00). En ella se establecen grupos de materiales de similares características en cuanto a posibilidades de manipulación posterior se refiere y en orden a su poder contaminante.

La Asociación Española de Certificación y Normalización AENOR, propugna la distinción de residuos en tres categorías:

**residuos inertes**, (la inmensa mayoría de los materiales pétreos y cerámicos) “que no son solubles, ni combustibles, ni reaccionan física ni químicamente ni de ninguna otra manera,

ni son biodegradables, ni afectan negativamente a otras materias con las cuales entran en contacto de forma que puedan dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar la salud humana. La lixiviabilidad total, el contenido de los contaminantes de los residuos y la ecotoxicidad del lixiviado deberán ser insignificantes, y en particular, no deberá suponer un riesgo para la calidad de las aguas superficiales y/o subterráneas.”

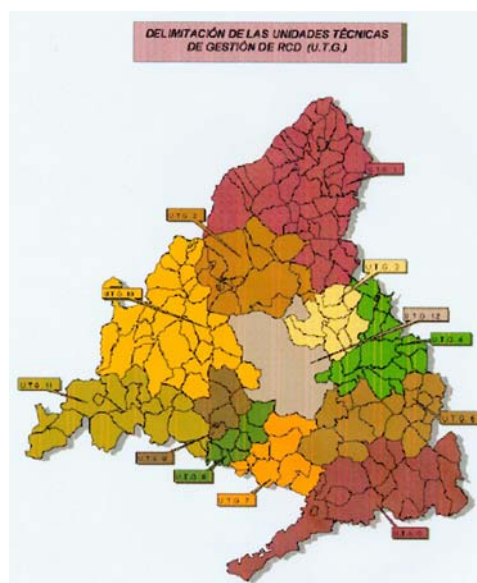
(tomado textualmente del Plan de Gestión Integrada de los Residuos de Construcción y Demolición de la Comunidad de Madrid)

**residuos banales**, que se pueden definir como aquellos que presentan una naturaleza similar a los residuos domésticos, tales como metales (no abarcaría los metales pesados), madera no tratada, colas animales o vegetales, papel, cartón, restos de ferretería y cerrajería,...

y **residuos especiales**, que son aquellos que son potencialmente peligrosos para la salud humana y el ambiente, debido a su composición y propiedades.

Para la correcta manipulación de estos residuos es primordial su separación y tratamiento individualizado, por lo que la primera norma a tener en cuenta consiste en la separación y clasificación en origen de desechos, evitando de esta forma, tratamientos intermedios y propiciando la llegada a los centros de reciclaje en condiciones óptimas.

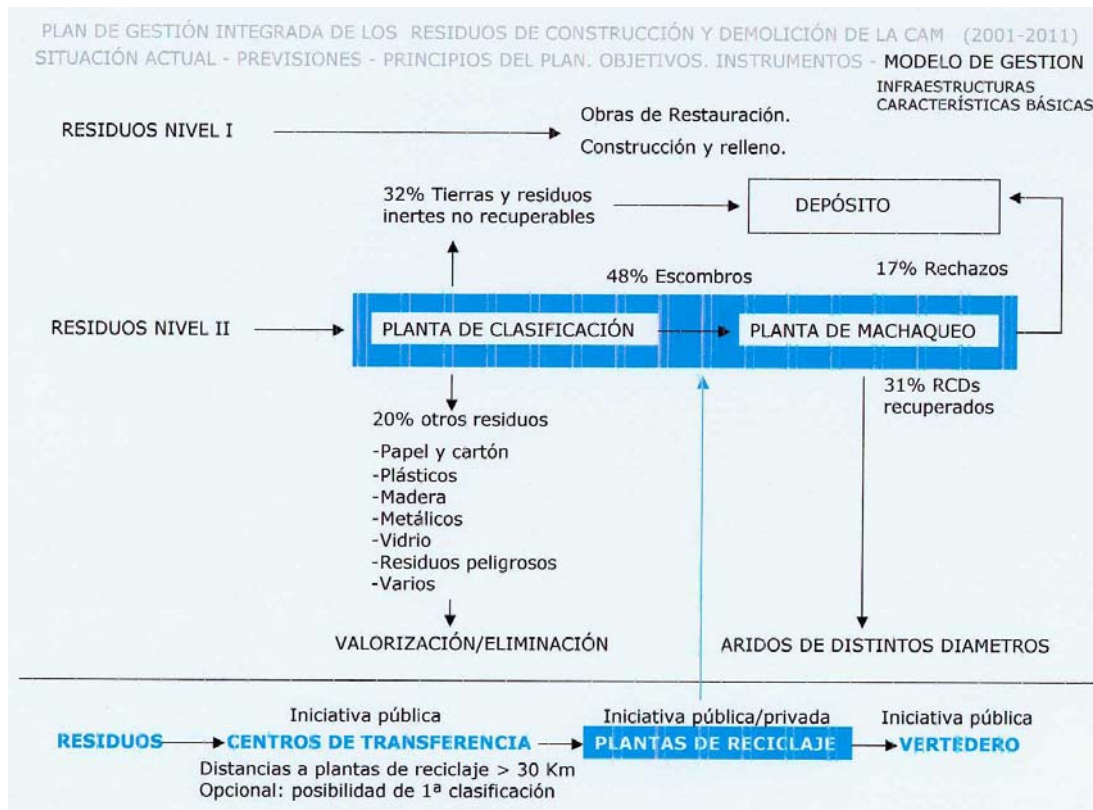
La estructura contemplada en el Plan de Gestión Integrada de los Residuos de Construcción y Demolición de la Comunidad de Madrid, divide la Comunidad en UTG (Unidades Técnicas de Gestión -12 en total-) y en cada una de ellas establece la implantación de centros de transferencia, plantas de reciclaje y depósitos controlados que den respuesta a los volúmenes de residuos producidos en su demarcación.



Delimitación de las UTG en el Plan de gestión integrada de residuos de la Comunidad de Madrid

Las plantas de reciclaje podrán estar impulsadas por la iniciativa privada y en ellas después de clasificar los residuos, se producen áridos reciclados como material principal, a partir de los escombros de obra, teniendo un comportamiento muy aceptable como bases y sub-bases de viales y en zahorras para usos diversos. La nueva norma EHE del hormigón armado ya contiene instrucciones para el empleo del árido reciclado en el hormigón estructural.

El uso mayoritario de éstos áridos tendrá como consecuencia la reducción de los volúmenes de materia a vertedero y reducirá la demanda de árido natural, cuya extracción siempre supone un impacto ambiental de consideración.



Esquema de tratamiento de residuos en el Plan de gestión integrada de residuos de la Comunidad de Madrid

Otros materiales recuperados en este proceso y con tecnologías desarrolladas de recuperación y reciclaje son las maderas, los metales y vidrios, algunos tipos de plásticos,... etc.

Además se están impulsando proyectos de investigación que promueven la utilización de determinadas materias y sustancias, muchas de ellas potencialmente peligrosas, cuyo destino inicial hubiera sido el vertedero, y que pueden ser utilizadas como combustible o tratamiento específico de procesos industriales paralelos, como, por ejemplo, la valorización energética en la elaboración de productos cerámicos de determinados subproductos de la madera tratada.

Además de las posibilidades de recuperación, o reutilización y reciclaje de desechos, es importante evaluar las capacidades que determinados residuos pudieran tener como favorecedores de los procesos de combustión y proceder a su valorización energética como tal. No obstante este recurso puede presentar problemas asociados, como sucede con las maderas tratadas con determinados productos conservantes, ya que al arder, desprenden metales pesados y sustancias nocivas al aire.

En resumen, sería recomendable en cualquier actividad que emprendiésemos, seguir, y por orden, la conocida regla de las "tres erres", (R+R+R), esto es, reducir, reutilizar y reciclar. Este principio básico tiene su correlación en el mundo de la construcción con la siguiente formulación:

**CONSTRUIR PARA DERRIBAR, DERRIBAR PAR RECICLAR, RECICLAR PARA CONSTRUIR**

lo que nos introduce de lleno en el último de los conceptos objetos de esta somera introducción.

### LA DESCONSTRUCCIÓN

Construir para derribar, derribar par reciclar, reciclar para construir. Parece una secuencia posible, con múltiples ventajas y mayores inconvenientes.

Si repasamos la secuencia propuesta, nos encontramos con la primera propuesta novedosa: durante el proceso de proyecto debemos pensar al mismo tiempo en la posibilidad futura (aunque en rigor sea una certeza) de la demolición del edificio, lo que nos lleva a planear de antemano la manera de proceder para que dicha demolición sea lo más útil posible.

Útil, para que la reutilización o el reciclaje de elementos sea lo más eficaz posible. Las condiciones idóneas para la recuperación de componentes en el proceso de desmantelamiento, básicamente, son aquellas que propician **la homogeneidad de residuos**, lo que nos llevará a facilitar los procesos de reciclaje en las plantas adecuadas intentando evitar la incorporación de materiales que contaminen el residuo, tal y como puede suceder con los guarnecidos de yeso, que adulteran los residuos de las fábricas e imposibilita su reciclaje como árido para la confección de hormigones.

Otras condiciones que deberían cumplir las construcciones y que permiten una fácil recuperación, ya han sido mencionadas dentro de lo que podemos llamar racionalidad constructiva (la estandarización y modulación, los montajes en seco, la transportabilidad, y la accesibilidad, sobretudo a todo tipo de instalaciones).

Son operaciones que se abordan en el proceso de diseño, por lo que pertenece al diseñador la elección de los sistemas propicios para estos fines.

Si el objetivo de la demolición es la recuperación (y no el derribo salvaje, condenando todo a vertedero), es preciso establecer una serie de pasos que nos permitan salvar elementos; lo reutilizable puede encontrarse en las

- estructuras, (vigas pilares, cerchas,...)
- fachadas, (carpinterías y cerrajerías, paneles y aplacados, aislantes,...)
- cubiertas, (tejas, pavimentos flotantes, chapas y tableros, paneles sándwich, aislantes,...)
- particiones, (carpinterías, mamparas, tabiquería móvil o en seco,...)
- acabados, (suelos técnicos o flotantes, falsos techos,...)
- instalaciones, (maquinaria y elementos de acondicionamiento ambiental, aparatos de cuatro húmedos, mecanismos diversos,...)

si para ello elegimos la secuencia adecuada, empezando por las instalaciones y terminando por la estructura, la operación es factible y provechosa.

Posteriormente se extraerían los residuos peligrosos, tales como fibras minerales, maderas y metales tratados, ya que éstos, pueden precisar de un tratamiento o cuando menos de un depósito especial o controlado.

Y en una última fase, recogeríamos los residuos susceptibles de ser reciclados, donde podemos diferenciar dos grandes grupos:

- pétreos, (hormigones en masa y armados, fábricas cerámicas y pétreas, gravas y arenas, vidrios,...)
- no pétreos, (metales, plásticos maderas asfaltos, cauchos,...)

Todo este bagaje, debe ser ordenado, clasificado y expuesto, usando los artificios de comunicación que sean precisos, de modo que podamos establecer nexos de comunicación con los diversos agentes actuantes en una proyecto de construcción, intentando aunar objetivos, diseñar estrategias y obtener resultados, que permitan gestionar eficazmente el importante volumen de residuos que cualquier obra es capaz de generar.

Un plano de desconstrucción, y un apartado en los documentos de la memoria, al final del proyecto de ejecución, tratado con el mismo cariño que el plano de detalles constructivos, sería un buen comienzo.