



ISBN 84-8095-095-1

9 788480 950954



**JUNTA DE ANDALUCÍA**  
CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES

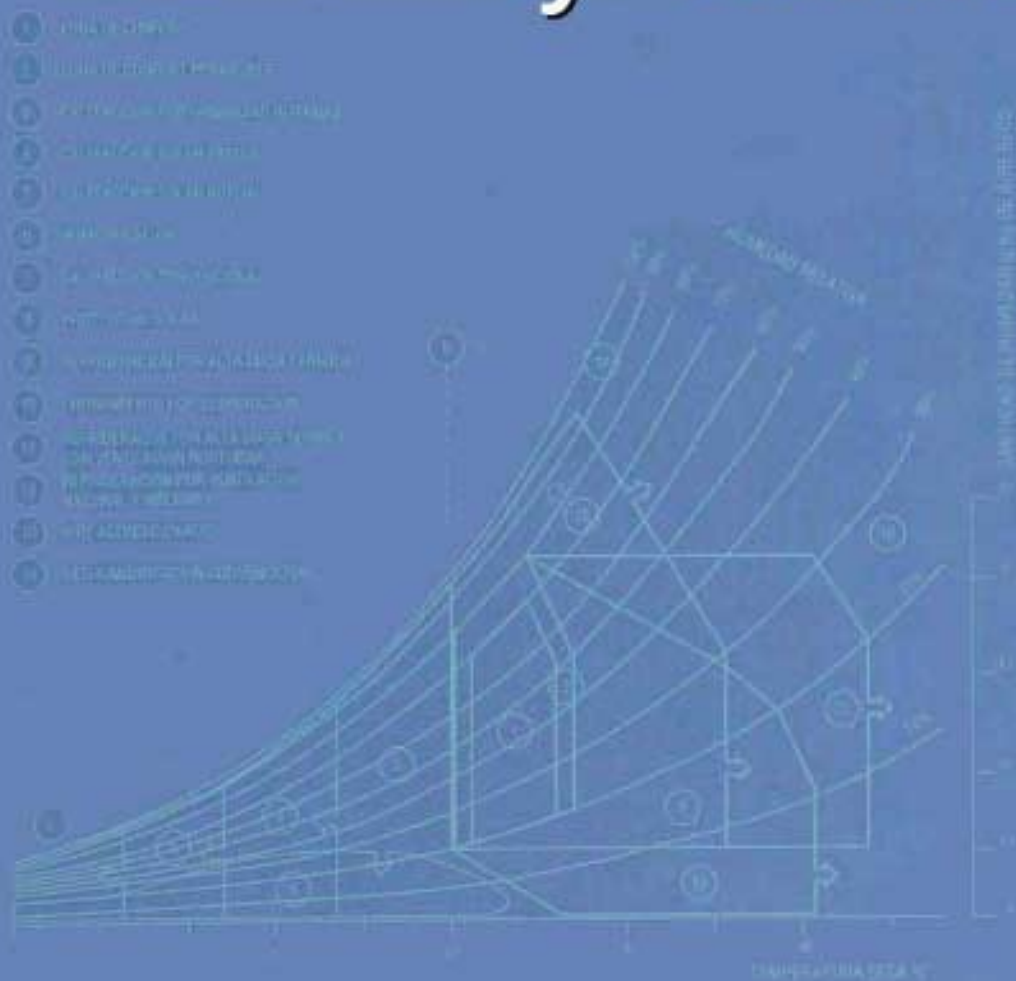


Arquitectura y Clima en Andalucía **Manual de diseño**

# Arquitectura y Clima

## en Andalucía Manual de diseño

- 1. INTRODUCCIÓN
- 2. CLIMATOLOGÍA Y CLIMA DE ANDALUCÍA
- 3. EL CLIMA EN ANDALUCÍA: CARACTERÍSTICAS
- 4. CLIMATOLOGÍA Y CLIMA DE ANDALUCÍA
- 5. CLIMATOLOGÍA Y CLIMA DE ANDALUCÍA
- 6. CLIMATOLOGÍA Y CLIMA DE ANDALUCÍA
- 7. CLIMATOLOGÍA Y CLIMA DE ANDALUCÍA
- 8. CLIMATOLOGÍA Y CLIMA DE ANDALUCÍA
- 9. CLIMATOLOGÍA Y CLIMA DE ANDALUCÍA
- 10. CLIMATOLOGÍA Y CLIMA DE ANDALUCÍA
- 11. CLIMATOLOGÍA Y CLIMA DE ANDALUCÍA
- 12. CLIMATOLOGÍA Y CLIMA DE ANDALUCÍA
- 13. CLIMATOLOGÍA Y CLIMA DE ANDALUCÍA
- 14. CLIMATOLOGÍA Y CLIMA DE ANDALUCÍA
- 15. CLIMATOLOGÍA Y CLIMA DE ANDALUCÍA
- 16. CLIMATOLOGÍA Y CLIMA DE ANDALUCÍA
- 17. CLIMATOLOGÍA Y CLIMA DE ANDALUCÍA
- 18. CLIMATOLOGÍA Y CLIMA DE ANDALUCÍA
- 19. CLIMATOLOGÍA Y CLIMA DE ANDALUCÍA
- 20. CLIMATOLOGÍA Y CLIMA DE ANDALUCÍA





# Arquitectura y Clima en Andalucía

## Manual de Diseño

Sevilla 1997



# Arquitectura y Clima en Andalucía

## Manual de Diseño

ARQUITECTURA y clima en Andalucía: manual de diseño/Dirección General de Arquitectura y Vivienda; - Sevilla : Consejería de Obras Públicas y Transportes, 1997.

232 p.: il. col.; 23 x 29

ISBN 84-8095-095-1

1. Arquitectura - Andalucía 2. Clima - Andalucía I. Andalucía Dirección General de Arquitectura y Vivienda III. Andalucía. Consejería de Obras Públicas y Transportes, ed.

Dirección y coordinación técnica  
por la Dirección General de Arquitectura y Vivienda  
Juan Vázquez Gutiérrez (Servicio de Vivienda)

Coordinación de la edición  
por la Dirección General de Arquitectura y Vivienda  
Luis González Tamarit  
Magdalena Torres Hidalgo  
Nicolás Ramírez Moreno

Fotografía  
AtIn Aya, María M. de la Cruz, Espiral

Tratamiento de gráficos, diseño y maquetación  
Iris Gráfico Servicio Editorial S.L.

Fotomecánica  
Pentadós

Impresión  
Escandón

© JUNTA DE ANDALUCÍA. Consejería de Obras Públicas y Transportes

Coordina la edición: Secretaría General de Planificación, Departamento de Publicaciones

ISBN: 84-8095-095-1

Nº de Registro: JAOP/AV-005-97

Depósito Legal: SE-828/97

## Presentación

Dado que el 30% del consumo de energía primaria en los países desarrollados proviene del sector de la edificación, ha surgido un gran interés por la implicación entre Arquitectura y Energía.

Disminuir el consumo energético de los edificios sin que lo haga la calidad arquitectónica ni el confort de los usuarios se ha convertido en una necesidad y uno de los retos más apasionantes de los arquitectos actuales.

Como consecuencia de ello, se han puesto en marcha importantes programas de Investigación y Desarrollo (I+D) de organismos supranacionales, como la Agencia Internacional de la Energía y la Comunidad Europea, que pretenden hacer el análisis y establecer los puntos de actuación.

Interpretando estas sensibilidades y para definir con la mayor precisión el tema, se han encargado proyectos y se han suscrito convenios con las Escuelas de Arquitectura de Sevilla y Madrid.

La publicación que aquí se presenta coordinada por esta Dirección General, surge de la necesidad de dar difusión al material aportado con motivo de las citadas actuaciones, a la vez que sirve para mostrar algunas de las ejecuciones más significativas.

La obra, que tiene más carácter de iniciación que de manual se divide en tres grandes apartados: Reflexiones, Criterios de diseño y Actuaciones desarrolladas, y su objetivo es dotar a los redactores de los proyectos de una herramienta, que a medida que se van tomando decisiones de diseño, les informe sobre el comportamiento energético del edificio.

Estamos seguros que la vuelta a una mayor relación entre Arquitectura y Clima, que aquí apoyamos, será en definitiva una mejora en la calidad de vida de los ciudadanos.

**Victor Pérez Escolano**  
Director General de Arquitectura y Vivienda



# Índice

<b>Introducción</b>	11
<b>Reflexiones sobre arquitectura y clima</b>	
<i>Jaime López de Asiain, Rafael González Sandino, José María Cabeza Lainez</i>	
Arquitectura, energía y medioambiente	15
Metodología del análisis bioclimático	21
El sol, en la arquitectura y el espacio urbano	25
La radiación solar como fuente de enfriamiento pasivo.	
Nuevas tendencias en la simulación arquitectónica	29
Diseño de arquitectura bioclimática: el nuevo método de simulación ambiental	33
Lucernarios en viviendas unifamiliares	39
<b>Criterios y datos básicos para el diseño de arquitectura bioclimática en Andalucía</b>	
<i>Margarita de Luxán García de Diego, Flavio Celis D'Amico, Fernando da Casa Martín, Ernesto Echeverría Valiente, Isidro de Villota Rocha</i>	
Consideraciones preliminares	45
El análisis bioclimático	
El clima	49
El hombre. Diagramas bioclimáticos	65
Parámetros bioclimáticos	71
Cartas bioclimáticas de 16 áreas de Andalucía	89
<b>Estrategias de diseño y recomendaciones</b>	
Carta bioclimática de Givoni	123
Aislamiento	159
Transmisión de calor en muros y forjados	163
Epílogo sobre los criterios adoptados	167
Datos y mapas climáticos de Andalucía	169
<b>Actuaciones de arquitectura bioclimática en Andalucía</b>	
20 viviendas en Arboleas. Almería	193
124 viviendas en Osuna. Sevilla	197
22 viviendas en Pozoblanco. Córdoba	201
16 viviendas en Sanlúcar de Barrameda. Cádiz	209
49 viviendas en San Pedro de Alcántara. Málaga	213
25 viviendas en Cúllar. Granada	221
Un edificio abierto: El Palenque, espacio multifuncional. Sevilla	225
<b>Bibliografía</b>	231



## Introducción

Entendiendo la importancia que debe darse al clima en el diseño arquitectónico, surge esta publicación como un intento de exponer de un modo genérico y para estas latitudes, la interrelación entre ambas disciplinas y su conjugación para obtener un producto final de mayor calidad.

En el diseño arquitectónico la principal característica es la especificidad de las soluciones adoptadas para cada caso, lugar o ambiente; lo cual hace que el producto sea difícilmente industrializable y seriado.

La experiencia nos ha enseñado que hay que seguir dándole importancia a la orientación, voladizos, ventilación, etc, y que no vale la repetición mimética de edificios con independencia de sus propias condiciones.

En la arquitectura tradicional abundan las muestras de este tipo de consideraciones, y quizás, el gran error en nuestra visión de la moderna tecnología sea que nos hizo creer que estábamos ante una panacea, que iba a servir como solución para todos y cada uno de los problemas técnicos planteados.

Dada la actual complejidad en todas las ramas de la técnica, la evolución de la arquitectura deberá venir más como consecuencia del trabajo de equipos multidisciplinares que de la idea genial y unitaria de uno de sus miembros.

La arquitectura del Movimiento Moderno, especialmente en Europa, tuvo poco en consideración la posibilidad de conjugar el edificio con su entorno y clima. En los casos en que se dedicaba alguna atención a la orientación y emplazamiento del edificio era en relación con la luz natural exclusivamente. Hoy se contempla el aspecto energético en todas sus acepciones como consecuencia de la importancia de estos temas en la vida

diaria: costes de producción, economía de mantenimiento, baja contaminación.

La frase de Le Corbusier recogida en la carta de Atenas: "Introducir el sol es el nuevo y más imperioso deber del arquitecto" no tuvo continuación cuando propuso, quizás confundido por su enorme amistad con Carrier, la "respiración exacta" que, según sus palabras, propugnaba "una sola casa para todos los países y todos los climas".

Mies van der Rohe fue un incondicional del vidrio y el acero; y quizás sea F. L. Wright, entre los maestros del Movimiento Moderno, el más sensible al entorno climático y natural. Fue el más diverso en los materiales empleados y un entusiasta de la industria y la tecnología. Fue pionero en la calefacción por suelo radiante (graine houses), aire acondicionado (edificio Larkin), arquitectura solar (casa Jacob II, también llamada hemisferio solar), etc.

La arquitectura y el urbanismo de la Europa Meridional han estado condicionados históricamente, entre otros aspectos, por sus asentamientos y los materiales propios de la zona, habiéndose producido una arquitectura diferente con la llegada del desarrollo, las comunicaciones y los modernos materiales.

El crecimiento urbano, con el aumento de altura de las edificaciones perimetrales de las ciudades, ha modificado el régimen de brisas de la ciudad, produciendo un apantallamiento eólico que inutiliza los sistemas de ventilación tradicionales que hacían relativamente cómodas y confortables las viviendas de nuestros antepasados. Lo mismo podría decirse sobre el soleamiento y su influencia sobre las calles asfaltadas con productos bituminosos.

El desarrollismo que se ha producido de Norte a Sur, ha hecho que los diseños y tecnologías que han ido surgiendo, han sido

los demandados por los países del Norte y sobre todo desde un punto de vista térmico o energético su traslado sistemático al Sur ha agravado los problemas de edificios y ciudades, ya que se apartan sustancialmente las condiciones climáticas de unas regiones y otras.

Como nota puntual comentamos la vigente normativa española sobre condiciones térmicas en los edificios, que es del año 79 y se orienta fundamentalmente a evitar las pérdidas de calefacción; o la inexistencia de normas sobre las instalaciones de refrigeración y aire acondicionado con salida a las vías públicas; como ejemplos que están demandando un esfuerzo de normalización al respecto.

Las condiciones de confort demandadas actualmente son mayores que nunca y nos han hecho recurrir a la tecnología en busca de soluciones que a veces resultan contraproducentes. El estudio energético de los edificios muestra que los problemas técnicos que se plantean y sus soluciones están muy relacionados con la latitud del emplazamiento, dándose además un cambio brusco de los parámetros climatológicos en las proximidades del paralelo 40°. Esta evidencia nos sirve para delimi-

tar el campo de actuaciones y establecer el marco de nuestras estrategias. Al compararse los climogramas de las ciudades situadas por debajo del paralelo 40°, se observa que gran parte del año las condiciones climáticas están en la zona de confort y que la falta del mismo se origina siempre en verano por calor y sequía excesivos.

El clima es uno de los causantes de la diversidad de viviendas, y su implicación con la arquitectura atrae hoy la atención de los profesionales. En un intento de mostrar la relación entre ambas disciplinas hemos acometido la presente edición en la que para no introducir elementos de controversia, hemos preferido actuar como coordinadores de opiniones a veces contrapuestas, que son responsabilidad únicamente de sus autores y que no necesariamente deben ser compartidas ni coherentes con la línea de actuación de esta Dirección General. Si aumentamos la conciencia pública de que al cuidar detalles como la orientación o ventilación, no sólo mejoramos la calidad de nuestra vivienda o nuestras condiciones de vida, sino que estamos colaborando en mejorar las condiciones colectivas desde un punto de vista energético y ambiental, habremos conseguido el propósito de este libro.

Juan Vázquez Gutiérrez

# Reflexiones sobre Arquitectura y Clima

Jaime López de Asiaín  
Rafael González Sandino  
José María Cabeza Láinez

*Seminario de Arquitectura y Medio Ambiente  
Escuela Técnica Superior de Arquitectura  
Universidad de Sevilla*



# Arquitectura, energía y medio ambiente.

## La casa y la ciudad del futuro

### Introducción

"La forma y el tamaño de las ciudades demuestra claramente la cantidad de energía que una sociedad tiene a su disposición.

Existe actualmente una tendencia, a menudo de carácter sentimental, hacia todo lo que es antiguo o típico: las estrechas y apretadas calles de una ciudad medieval o el racimo compacto de tiendas, casas, bares, oficinas de Correos y biblioteca alrededor de una estación de Ferrocarril decimonónica tienen una intimidad y una escala humana que se echa en falta en bloques y conjuntos de edificios de pisos para viviendas u oficinas, con sus hectáreas de aparcamiento, típicas del desarrollo urbano moderno.

Pero hemos de reconocer que si las ciudades antiguas eran pequeñas y compactas, no se debe a que las anteriores generaciones fueran menos megalómanas que las actuales; probablemente lo fueron más. Las ciudades se construyeron de tal forma no porque prefirieran lo intrincado o lo pequeño en sí mismo, sino porque era la única posibilidad de conseguir un cierto confort, teniendo en cuenta la cantidad y el tipo de energía de que se disponía en aquel tiempo"<sup>1</sup>.

"Igualmente los edificios pueden considerarse según su disponibilidad de energía. El altísimo edificio para oficinas o para un gran hotel, con cerramiento de cristal, que desafía a la naturaleza, resultaría inhabitable si se abandonase a sí mismo. Absorbe calor como un invernadero cuando el sol brilla y lo pierde inmediatamente cuando éste se oculta. Pero una gran cantidad de energía se insufla en él para mantenerlo fresco en verano y caliente en invierno. Ha sido diseñado para ser independiente de lo que ocurra fuera; una cápsula aislada de las incidencias del clima exterior.

Estos edificios tienen, por otra parte, un aspecto idéntico en cualquier lugar donde se construyen, porque sus equipos de calor y frío los hacen capaces de superar las variaciones del clima entre un emplazamiento y otro. Para ello utilizan una gran cantidad de energía de tal forma que el consumo anual de un edificio de oficinas modernas con aire acondicionado sea aproximadamente diez veces mayor, por metro cuadrado, que el de una casa tradicional media"<sup>2</sup>.

La historia de la ciudad y de la arquitectura depende de la creciente habilidad del hombre para dominar y manipular la energía.

La Revolución Industrial es uno de los ejemplos históricos más característicos. En la Europa del 1900 la mayoría de la energía humana y de otros tipos se dirigía hacia el comercio, la manufactura, la construcción, el aprendizaje, el transporte, las artes, etc., de tal modo que sólo un 10% de la población activa se ocupaba de la agricultura. Para la mayoría de la gente, gracias al carbón y a la máquina de vapor, se había producido un divorcio casi completo con la biosfera, y la comida era algo que en vez de obtenerse directamente de la tierra se compraba en una tienda.

Con la producción de 200 toneladas/hombre/año en 1900, cada minero de carbón producía la energía equivalente a 500.000 km<sup>2</sup> de bosque.

Poco más tarde, debido a la comercialización del petróleo y sus derivados, que permiten el uso de la máquina diesel y del motor de gasolina, se confirma la evolución de la sociedad.

1. GERALD FOLEY. *The Energy Question*. Ed. Penguin. London, 1976.

2. *The Energy Question*.

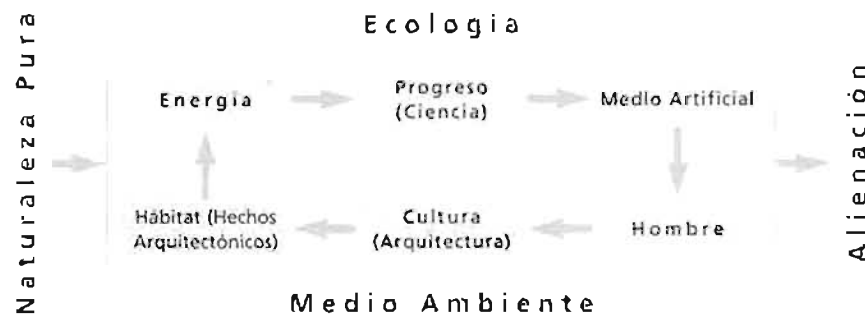
que puede disponer de una energía abundante, cómoda de manejo, y cuyo precio resulta insignificante. La producción de un pozo de petróleo por día equivalía al fruto del trabajo de 37.000 mineros del carbón.

Nace la era del petróleo y con ella la nueva ciudad y la nueva arquitectura. Las ciudades americanas primero y las nuevas ciudades europeas o sus renovaciones después, se hacen a la medida del automóvil. Y no olvidemos que el coche americano en 1930 consumía más energía por día que una legión romana y se utilizaba para bajar al *drugstore* a comprar un paquete de cigarrillos. La movilidad y la automoción hacen que la población obrera disminuya, aumentando los empleados en servicios y oficinas, a la vez que aumenta el tiempo para dedicar a la educación y al ocio.

Sobre estas bases pasamos a analizar el objeto principal de nuestro trabajo.

### El diseño arquitectónico como respuesta a las exigencias de habitabilidad

Para tratar de precisar las incidencias específicas en la totalidad integrante del diseño arquitectónico, de los aspectos, siempre parciales, que estamos considerando, cabría recurrir al planteamiento diferenciador que considera el diseño arquitectónico como respuesta, es decir, como satisfacción de unas necesidades de entorno, y como propuesta o modificación de un contexto que viene definido por un subsistema de necesidades socio-económico-culturales. Sin olvidar la interrelación que siempre se



Pero junto con el progreso y la proliferación de la producción artificial aparece el fantasma de la alienación y el desarraigo. La arquitectura y las ciudades se despersonalizan, se llenan de artificio y pierden su relación vital con el medio natural al que, poco a poco, van destruyendo y contaminando hasta crear algunas situaciones que en la actualidad nos parecen límites.

Es interesante expresar gráficamente la relación entre los factores principales que se interrelacionan en este proceso para poder apreciar con mayor claridad las causas y efectos del mismo:

En la línea superior podríamos enunciar teóricamente que el descubrimiento de nuevas energías, cada vez más potentes y económicas, desarrollarían un progreso ayudado por la ciencia que permitiera construir un medio artificial óptimo. Pero ese proceso viene limitado por la necesaria referencia del hombre al medio natural en sus dos grandes vertientes, lo biológico y lo cultural, de tal modo que un progreso limitado e incontrolado produce la deshumanización y la alienación. En la línea inferior del esquema se expresa cómo el hombre, a través de la asimilación cultural del progreso y del artificio, crea su hábitat, que de nuevo se constituye en relación con la energía disponible. Del equilibrio entre estos dos ciclos completos depende sustancialmente el equilibrio social y la historia de la humanidad.

produce entre todos y cada uno de los aspectos que configuran el problema arquitectónico y sus posibles soluciones, no cabe duda que el tema que nos ocupa, factores térmicos, acústicos y lumínicos en el hábitat, pertenece predominantemente a la respuesta que el diseño debe dar frente a un entorno físico en el que la obra de arquitectura se inserta.

Son, pues, las exigencias fisiológicas de habitabilidad las que predominantemente, repito, van a pedir una respuesta correcta del diseño a los condicionantes del entorno o preexistencias. Y es aquí donde podemos plantearnos algunas cuestiones básicas para enfocar el proceso de diseño y permitir la toma de decisiones a lo largo del mismo.

Por una parte, hemos de preguntarnos hasta qué punto y en qué grado las condiciones favorables del entorno pueden ser aprovechadas para obtener el confort buscado. Solamente en situaciones climáticas excepcionales, como pueden ser las de las Islas Canarias, en que las variaciones máxima y mínima de la temperatura oscilan dentro de un gradiente de confort a lo largo del año y el grado de humedad del ambiente permanece sensiblemente constante, contando además con un número de horas de radiación solar anuales muy elevado, podemos plantearnos el cubrir casi totalmente las exigencias de confort térmico genéricas

por medio del diseño mismo. Bajo estas condiciones se pueden utilizar los sistemas pasivos de aprovechamiento de la energía solar, con ausencia de calefacción o refrigeración mecánicas, calentamiento directo del agua sanitaria, iluminación natural diurna suficiente, etc.

Pero fuera de estas zonas, privilegiadas desde el punto de vista que consideramos, el aprovechamiento se plantea como la necesidad de combinar sistemas pasivos con sistemas activos, utilizando para estos últimos una amplia variedad de energía. Los problemas de diseño, pues, se diversifican entre aquellos que permiten la utilización directa de las condiciones climáticas o de entorno y aquellos otros cuya solución se produce a partir de la utilización de tecnología adecuada y que son indiferentes, propiamente dicho, a las condiciones de entorno. La mayoría de los problemas de diseño que se plantean al arquitecto vienen condicionados por la utilización mixta de medios naturales o directos y artificiales o tecnológicos para obtener los coeficientes de confort deseados.

Aunque no sea éste el lugar ni el momento para establecer una reflexión a fondo sobre este supuesto, podemos enunciar que los objetivos del diseño, a este nivel, se plantearán siempre como una optimización del aprovechamiento de los medios energéticos ambientales (sistemas pasivos) y una complementación, hasta alcanzar los coeficientes deseados, a través de los medios tecnológicos (sistemas activos) y de las diversas energías con que se cuente, sin olvidar los aspectos económicos y socio-políticos que afectan a estos últimos.

Podemos de este modo centrar nuestro estudio en los condicionantes del medio natural y en los sistemas pasivos que utilizan dicho medio para ofrecer soluciones de diseño adecuadas. En este caso se considera el hábitat como un espacio vivo, dependiente de los factores climáticos y de entorno, y el factor tiempo se introduce como uno más a tener en cuenta.

Pero la noción misma de pasivo es confusa. Muchos la interpretan como aplicable a todas las partes no móviles de la construcción, a los elementos del sistema constructivo, cuya inercia térmica conserva o distribuye las aportaciones exteriores de calor, mientras otros la entienden como un conjunto de sistemas estáticos y dinámicos susceptibles de captar y conservar no sólo la energía solar, sino también elementos externos como el viento o la luminosidad. Es prácticamente imposible trazar una frontera entre sistemas activos y pasivos y los dos se simultanean y complementan, generalmente, en las construcciones.

"Cuando se utilizan preferentemente los sistemas pasivos la casa no es ya una 'máquina para habitar', sino un espacio que se transforma a lo largo de las estaciones y del día, un mismo lugar siempre diferente y constantemente adaptado a las condiciones exteriores. La construcción terminada no es ya un

mero objeto estático al cual el usuario se adapta mejor o peor, sino un objeto vivo que el habitante modifica y transforma según sus necesidades, su experiencia y los sistemas de que dispone"<sup>3</sup>.

Para enunciar brevemente los factores condicionantes del diseño arquitectónico referidos al medio natural o entorno podríamos dividirlos en los siguientes apartados:

#### Clima

- Microclima.
- Radiación solar.
- Orientación solar.
- Vientos, direcciones.
- Ventilación e infiltración.
- Iluminación.

#### Lugar

- Emplazamiento. Estructura urbana.
- Topografía del terreno.
- Vegetación.
- Sonidos y ruidos.
- Contaminación.

Y los aspectos que el diseño puede controlar desde el punto de vista de la estructura serían:

- Forma del edificio.
- Diseño interior. Altura de techos y dimensiones.
- Características de las superficies de los materiales. Color.
- Aislamiento y capacidad calorífica.

Así como también, considerando los diferentes elementos que constituyen la edificación y sus distintas funciones, podríamos establecer los siguientes apartados:

- Muros.
- Cubiertas.
- Suelos.
- Ventanas y puertas.

Casi todos los esfuerzos del diseño arquitectónico se han dirigido, hasta el presente, hacia la protección frente a los agentes climáticos perturbadores con importantes aislamientos en zonas frías y húmedas y con defensas solares en zonas cálidas y secas. Vemos así la importancia del estudio de las técnicas y materiales de construcción en el primer caso, cuyo ejemplo más extremo y típico puede ser el iglú esquimal y, en el segundo caso, el diseño se ha volcado sobre el estudio de los ele-

3. SERGIO LOS. "Un cierto pasivo". En A.A., núm. 209, junio 1980.

mentos de protección solar tales como partesoles, viseras, dobles techos, patios, muros de defensa, etc.<sup>4</sup>.

En esta línea la energía solar era considerada como elemento perturbador, en general, y sólo se utilizaba esporádicamente, soleamiento invernal, cuando su efecto directo no dañaba al confort interior de la edificación y, en todo caso, las condiciones básicas de ese confort, temperatura, grado de humedad, iluminación, acústica, etc., se confiaban a procedimientos técnicos y mecánicos de toda índole que utilizaban energías diversas y casi siempre contaminantes.

Ha sido en los más recientes años cuando, por una parte, la crisis de los hidrocarburos ha encarecido gravemente el consumo de energía y, por otra, el uso masivo del petróleo o del carbón ha producido la preocupación general sobre sus efectos contaminantes. Es, pues, desde un nuevo punto de vista que empezamos a considerar los problemas del confort en el hábitat y de la energía disponible y adecuada para obtener dicho confort: el punto de vista del equilibrio entre ahorro energético y equilibrio ecológico.

Desde este planteamiento surge la investigación y la preocupación de utilizar lo más y mejor posible la energía solar.

Vamos a ocuparnos especialmente de lo que se refiere a esta clase de energía y de su aplicación en los sistemas llamados pasivos.

Los objetivos principales de estos sistemas serán:

- a) Captar la radiación solar que incide sobre el edificio para su aprovechamiento.
- b) Almacenar el calor captado para ser usado durante la noche o días fríos.
- c) Distribuir el calor captado a todo el edificio para obtener el confort deseado.
- d) Retener el calor en el edificio, reduciendo o eliminando las pérdidas.

Los tres primeros objetivos invierten su orden a veces, captando, distribuyendo y almacenando, y pueden conseguirse por medio de sistemas pasivos, mientras que el cuarto casi siempre depende del diseño y de la construcción del propio edificio.

Desde el punto de vista del aprovechamiento de la energía solar como iluminación natural se establece una dependencia directa entre el tamaño de los huecos de iluminación y los niveles exigidos. Igualmente, según la orientación de los huecos, ventanas, etc., los niveles luminosos serán más o menos confortables y el movimiento del sol en su ciclo diario nos obliga a estudiar los problemas de deslumbramiento o de variaciones excesivas del flujo luminoso para cada una de las habitaciones.

Por otra parte, la calidad y la uniformidad de la iluminación natural son aspectos importantes a la hora del diseño.

De un primer análisis de estas cuestiones y de su relación con los aspectos térmicos, podemos deducir:

- 1º La utilización de elementos y materiales aislantes para evitar ganancias o pérdidas de calor que permitan el confort térmico es, en líneas generales, contraria a las necesidades luminicas (materiales opacos de gran inercia térmica), y viceversa (grandes huecos permeables al flujo luminoso).
- 2º La orientación directa a la radiación solar produce deslumbramientos y variaciones excesivas de luminosidad que se suman a los problemas de control producidos por la incidencia de dicha radiación sobre el interior.
- 3º La calidad y uniformidad de iluminación que provienen fundamentalmente de orientación norte es contraria a la adecuación para el confort térmico de dicha orientación, en general.

En definitiva, debemos tener en cuenta que, aunque los problemas planteados para obtener un confort térmico sean los de mayor importancia, su estrecha relación, en ocasiones, con los aspectos acústicos y luminicos obligan a considerarlo conjuntamente y en sus interrelaciones a efectos de un diseño satisfactorio. Porque, aunque los aspectos acústicos no se relacionen de modo inmediato con el consumo de energía, no cabe duda de que los niveles sonoros actúan sobre las condiciones de confort para el desarrollo de las distintas actividades humanas y de que cualquier falta de control sobre los mismos produciría una incomodidad que haría inútil un equilibrio térmico perfecto.

En el confort acústico hemos de considerar los ruidos que provienen del exterior, muy perturbadores en gran parte del medio urbano, lo que nos lleva al estudio de los problemas de aislamiento. Por otro lado, hemos también de considerar los ruidos producidos en el interior del espacio habitable, a partir de las actividades desarrolladas en él, pero también, en grado no despreciable, producidos por los medios mecánicos utilizados para obtener el confort térmico deseado, máquinas, ventiladores, circulación de aire, etc., lo que nos llevaría al estudio de problemas de absorción y reflexión.

En un primer análisis de estos problemas y de su relación con los aspectos térmicos, podemos deducir:

- 1º La utilización de elementos y materiales aislantes para evitar ganancias o pérdidas de calor es adecuada y resuelve, en la mayoría de los casos, los problemas de confort acústico que se derivan de la defensa contra los ruidos exteriores al espacio habitado.

4. WLADIMIRO ACOSTA. *Vivienda y clima*. Nueva Visión, Buenos Aires.  
OLGYAY. *Solar control and shading devices*. Princeton, U.P., 1976.  
DANZ, E. *La arquitectura y el sol*. G. Gili: Barcelona, 1967.

2º La utilización de elementos y sistemas necesarios en muchos casos para regular el confort térmico es en general contradictoria con la defensa contra los ruidos externos.

3º La utilización de medios mecánicos para obtener el confort térmico deseado produce en numerosos casos una intensificación de los problemas para obtener el confort acústico necesario en el espacio habitado, aumentando los requerimientos de absorción y eliminación de ruidos y vibraciones producidas por dichos mecanismos.

### La arquitectura bioclimática

Vaya por delante nuestra convicción de que resulta erróneo el título de este epígrafe. No existe una "arquitectura bioclimática", sino la arquitectura, simple y llanamente.

El bioclima nos ofrece tan sólo un conjunto de datos, condicionantes o determinantes, que habrán de tenerse en cuenta en el diseño arquitectónico y requerirá soluciones adecuadas en la obra de arquitectura. Podemos, pues, hablar de un enfoque, de una concepción bioclimática de la arquitectura.

Esta concepción considera como fundamentos básicos de la arquitectura a tres grandes aspectos: el lugar, la historia y la cultura.

El lugar, origen y punto de referencia del hombre y de todo hacer humano, en sus dos concepciones clásicas de *locus* y *situs*, que hoy podríamos traducir como contexto y entorno, aparece como el gran condicionante del problema arquitectónico, aportando los valores climáticos y microclimáticos, por un lado, y los materiales de construcción, el paisaje y las formas constructivas, por otro.

A la vez, el microclima influye en una relación integradora de los aspectos térmicos, lumínicos y acústicos, inseparables en el espacio arquitectónico.

El paisaje, los materiales y las formas constructivas constituyen una fuente inagotable para la inspiración y, a su vez, una delimitación del campo de posibilidades para la adecuación de las formas arquitectónicas o urbanas.

La historia señala con precisión la constante adecuación del hombre a su entorno y nos revela la estructura de la evolución social, económica y política del hábitat humano, apuntando asimismo el riquísimo repertorio de lenguajes arquitectónicos que se hacen presentes y compatibles con la arquitectura en la ciudad.

La cultura, por último, nos muestra los mecanismos y recursos del hacer humano, de los hechos arquitectónicos que constituyen el espacio habitable y extrae, analiza y pondera los valores estéticos que han hecho y hacen posible que la edificación lleve a ser arquitectura.

No es, por tanto, la "arquitectura bioclimática" una nueva adjetivación. No es una nueva tendencia o "ismo" procedente de una elucubración intelectual, que como tal se agota en sí misma.

No es, tampoco, una invasión de nuevas tecnologías descubiertas y desarrolladas por científicos e ingenieros, a partir de la energía solar, lo que, más precisamente, podríamos denominar "helioingeniería". Es importante señalar aquí que, simplemente a través del propio diseño arquitectónico, sin otras consideraciones que las que se refieren al lugar, al clima, a las orientaciones, al soleamiento, etc., podemos mejorar las condiciones del hábitat, antes de recurrir a técnicas o sistemas tecnológicos. Por decirlo más elementalmente: bastaría con considerar por dónde sale el sol, por dónde se oculta y con qué inclinación incide en cada época del año, con todas sus consecuencias, para afirmar que estamos haciendo "arquitectura bioclimática".

Esta consideración ha hecho que, a nivel de diseño y construcción, se distinga entre sistemas pasivos de aprovechamiento de la energía solar y sistemas activos, siendo estos últimos los que hacen uso de tecnología y mecanismos industriales.

No es, por último, una confabulación económico-política que pretende establecer un nuevo colonialismo industrial imponiendo y vendiendo tecnología y equipamiento.

La consideración y el uso de los recursos locales, el sol, el viento, etc., la biomasa, las mareas, etc., como energías alternativas ofrecen más bien una perspectiva de ahorro energético y de autonomía e independencia que actualiza y recupera el viejo dicho romano: *sol omnibus lucet*, el sol luce para todos, sin distinción.

La arquitectura bioclimática, el enfoque bioclimático de la arquitectura es, por el contrario, una vuelta a la naturaleza y a la realidad; es una reconsideración de la relación del hombre con el medio ambiente; es una recuperación, a través de la historia y de la cultura, de las constantes y valores arquitectónicos que han estado siempre presentes y han sido patrimonio de la arquitectura y de la ciudad de los hombres.

Podríamos ampliar su significado llamando a la arquitectura bioclimática *arquitectura medioambiental*.

Es, por otra parte, un nuevo punto de partida para recuperar valores y constantes de la arquitectura que nos permite redescubrir a la arquitectura misma y plantear su conexión y adecuación al presente, a la vez que nos proporciona una perspectiva de futuro.

Como hemos señalado anteriormente, el diseño arquitectónico siempre ha tenido dos vertientes: la de respuesta y la de propuesta. Respuesta o satisfacción de necesidades de confort y de entorno y propuesta o modificación de un contexto definido por un subsistema de necesidades socio-económicas-culturales. Por ello, el enfoque bioclimático, tal como ha quedado definido, propone una nueva línea de actuación que ayude al arquitecto a responder y a encontrar soluciones para los pro-

blemas arquitectónicos que provienen de las exigencias actuales, de las aspiraciones de los usuarios, o incluso de las intenciones de los propios diseñadores.

Veamos cómo este nuevo enfoque del hacer arquitectónico viene definido por aquellos arquitectos que en todo el mundo están preocupados por ello y trabajando en esta línea.

"Principio de concepción arquitectural que pretende utilizar, por medio de la arquitectura misma, los elementos favorables del clima con objeto de satisfacer las exigencias del confort del hábitat"<sup>5</sup>.

Esta definición es algo escasa, y su autor se refiere principalmente a los aspectos del bienestar térmico.

"Elaboración de nuevos modelos, es decir, la composición de soluciones arquitectónicas a partir del conjunto de técnicas y de los materiales disponibles, con miras a conseguir el resultado de confort deseado, conforme a las exigencias del usuario y a partir del clima local"<sup>6</sup>.

Ya aparece aquí una creación de nuevos modelos, nuevas formas que supone también nuevos valores.

Pero hay otra definición que parece más comprehensiva y más enriquecedora, conforme a nuestros planteamientos.

"La concepción bioclimática es, ante todo, una especie de compromiso cuyas bases son:

- un programa de arquitectura;
- un paisaje;
- una cultura;
- unos materiales locales;
- cierta noción del bienestar y del abrigo;

y cuya síntesis es la envoltura habitable"<sup>7</sup>.

Y este es el momento de poner el énfasis en el cual sea realmente el objetivo que se persigue al utilizar el enfoque bioclimático de la arquitectura, que no es otro que el de mejorar la calidad de vida.

El enraizamiento con el lugar, la recuperación de nuestra historia y nuestra cultura y la proyección hacia un futuro energético y ecológico más equilibrado, no hacen sino promover un

hábitat cualitativa e integralmente superior al alcanzado en la actualidad y abrimos perspectivas, ciertamente optimistas, en el campo de la arquitectura y de la ciudad.

### La arquitectura bioclimática en España

Se hace preciso aquí hacer una especial mención al Mediterráneo. La historia y la cultura de la humanidad se originan en torno a él y en su entorno se genera la arquitectura y la ciudad que hemos heredado y a la que formas o abstractos planteamientos modernos no han podido sustituir.

España, especialmente Andalucía y el Levante, es crisol y cuna de culturas mediterráneas y posee toda la sabiduría de la arquitectura bioclimática histórica. Desde la Alhambra o Medina Azahara, hasta sus pueblos arracimados en las laderas orientadas al sur de las colinas y cerros, y los barrios de estrechas calles protegidos del calor, del viento y de los fríos; hasta las típicas casas burguesas con patio y dos plantas, una para verano y otra para invierno, o provistas de amplios miradores acristalados que captan el sol a modo de invernadero.

Esta arquitectura es, en primer lugar, consecuencia de un peculiar modo de vida en el que el sol, particularmente, y el clima, en términos más amplios, juegan un importantísimo papel. Es característico de este modo de vida la participación activa del usuario en el control climático y del confort, tanto en el ciclo solar diario como a lo largo de las estaciones del año, zonificando las partes habitables de la casa, utilizando la vegetación, los toldos y las persianas, cerrando y abriendo ventanas, etc., y valiéndose de elementos concretos que constituyen invariantes arquitectónicas, tales como porches, emparrados, patios, galerías, muros de cal, azoteas, torreones, etc.

Todos ellos constituyen por sí elementos de la arquitectura bioclimática y merecen un estudio detallado y profundo que nos permita reutilizarlos de acuerdo con las características y modo de vida del presente, con lo que se integrarán en la nueva arquitectura y adquirirán nuevas formas, constituyendo también nuevos modelos arquitectónicos y mejorando la calidad de vida del hábitat español.

Jaime López de Asiain

5. BARDOU, P., AZOUMANIA, V., *Sol y arquitectura*. G. Gili, Barcelona, 1980.

6. IZARD, J.L., GUYOT, A., *Arquitectura bioclimática*. G. Gili, Barcelona, 1980.

7. *Sol y arquitectura*.

# Metodología del análisis bioclimático

## Aspectos configuradores

Es inmediato advertir que en el análisis bioclimático de la arquitectura se consideran los aspectos biofísicos referidos a la geografía y al clima, entre los cuales se encontrarán datos, más o menos relevantes según los casos, en cuanto a temperatura, humedad, vientos, lluvias y nieve, etc...

Ciertamente estos factores son muy significativos y pueden estudiarse con gran objetividad y detalle, utilizando los sistemas avanzados de medición y codificación de datos. De su conocimiento y estudio, tanto en sus aspectos parciales como en sus interrelaciones, se obtendrán conclusiones muy manejables y aplicables directamente a valoraciones de bienestar en las condiciones que ofrece el edificio a analizar.

Sin embargo, puede resultar menos inmediato y generalmente sorprende a los profanos en el tema, la necesidad de considerar otros aspectos de la arquitectura que habitualmente se omiten en los análisis técnicos y quedan sujetos a elaboraciones más teóricas o intuitivas: nos referimos a los aspectos *psicológicos y estéticos* de la forma arquitectónica referidos al lugar y a la arquitectura que se analiza.

Son estos aspectos absolutamente fundamentales para el análisis bioclimático porque de ello se deduce la manera específica de manejar los volúmenes, las simetrías, los elementos ornamentales y decorativos, los colores y texturas, etc., así como las peculiaridades formales que se constituyen como significativas en el entorno y en el contexto a que nos referimos en cada caso.

Por último, no podemos olvidar la necesidad de incorporar al análisis bioclimático el estudio de los aspectos antropológicos-culturales puesto que toda la arquitectura se refiere necesaria-

mente a un espacio concreto y a un tiempo histórico en los que se inserta y configura y, sobre todo, a un hombre determinado poseedor de una cultura específica.

Podríamos calificar estos aspectos como bioculturales por analogía con el término utilizado anteriormente (biofísicos) para el análisis del lugar.

## Metodología sistemática

Aceptando a priori que cualquier metodología de análisis requiere no perder de vista nunca la totalidad de lo analizado frente a los diversos aspectos parciales considerados en el desarrollo del análisis y, por tanto, es necesario continuamente poner en relación todos los factores en juego y retroalimentar el discurso con continuas operaciones de vuelta atrás, proponemos una sistemática para abordar el análisis bioclimático que pretende reconocer toda la diversidad de los factores a considerar y establece unos niveles de relación entre ellos suficientemente operativos.

En términos generales la operación consiste en:

- a) Información y toma de datos referidos al entorno y al contexto.
- b) Ordenación e interrelaciones entre los datos. Contradicciones, ajustes y valoración de los mismos.
- c) Interpretación y elaboración de las conclusiones del análisis: parciales y globales.

A partir de todo lo expuesto procederíamos del modo siguiente:

### Información y toma de datos referidos al entorno

#### Factores climáticos

Debemos señalar aquí que el objetivo consiste en definir el *microclima* que estamos estudiando, pues los aspectos climáticos generales de un área resultan poco significativos.

Radiación solar. Intensidad y duración. Ciclo diario y estacional.  
Temperaturas extremas y medias.  
Humedad relativa. Extremas y medias.  
Orientaciones.  
Vientos y brisas. Velocidad, duración y calidad.  
Precipitaciones. Lluvias y nieve.  
Luminosidad ambiental. Intensidades, Niveles lumínicos medios. Ciclo diario y estacional.

#### Factores de lugar

Se trata de definir con precisión el *situs*, es decir el entorno próximo concreto.

Emplazamiento. Geología-sismo.  
Topografía.  
Vegetación.  
Sonidos y ruidos.  
Contaminación.  
Materiales locales de construcción.

A partir de los datos obtenidos debidamente clasificados y valorados, podemos abordar la:

#### 1ª Fase del análisis. Factores biofísicos

Se consideran preferentemente los siguientes

##### Aspectos térmicos:

Temperatura húmeda y seca.  
Diagrama psicrométrico.  
Diagrama bioclimático.  
Ventilación-volumen y velocidad de renovación del aire.

##### Aspectos acústicos:

Focos y niveles de producción de ruidos internos y externos.  
Niveles de bienestar medios.

##### Aspectos lumínicos:

Niveles lumínicos medios.  
Ciclo diario y estacional.

En esta primera fase hemos de establecer las relaciones entre los factores biofísicos obtenidos y las condiciones medias del bienestar humano.

La interrelación de los factores térmicos, acústicos y lumínicos arroja unas consideraciones previas que pueden reunirse del modo siguiente:

##### Compatibles:

Aislamiento térmico.  
Aislamiento acústico.

##### Contrapuestos:

Aislamiento térmico.  
Iluminación.

##### Semicompatibles:

Aislamiento acústico.  
Iluminación.

De las interrelaciones establecidas y de la valoración de los datos podemos extraer unas primeras conclusiones que nos definan las condiciones de bienestar del edificio analizado, así como ciertas condiciones de uso que conviene estudiar con detalle, pues un uso adecuado o inadecuado de los elementos que constituyen el espacio habitable puede modificar grandemente el nivel de bienestar que se obtiene.

Naturalmente, influye en gran manera la participación del usuario y la sabia costumbre que indica a cada época del año en cada hora del día cómo debe habitarse la casa y cómo deben usarse los elementos de control climáticos, ventanas, persianas, etc., para conseguir el bienestar buscado según las actividades que se desarrollan.

### Información y toma de datos referidos al contexto

Establecidas las relaciones, ajustes y contradicciones entre los factores biofísicos y las condiciones medias del bienestar humano pasaríamos a analizar otro tipo de factores, es decir a la:

#### 2ª Fase del Análisis. Factores de la Edificación

Se trata de analizar los elementos constructivos y los modos de construir para reconocer y evaluar un comportamiento físico (aislamiento, capacidad térmica, permeabilidad lumínica, etc.) y su comportamiento formal psicológico (sensación de abrigo, apertura y comunicación, relación interior-exterior, etc.).

Se consideran los siguientes aspectos:

Forma constructiva:

- Forma global del edificio.
- Diseño interior.
- Compartimentación.
- Altura. Dimensiones. Proporciones y escalas.
- Características de los materiales y técnicas locales.
- Aislamiento. Térmico y acústico.
- Textura y color.

Elementos de la edificación:

- Muros.
- Cubiertas.
- Suelos.
- Ventanas y puertas.
- Galerías, porches, accesorios.

Obtenidos estos datos y codificados convenientemente estableceríamos las interrelaciones posibles y deduciríamos determinadas condiciones de habitabilidad y bienestar.

A continuación estableceríamos también las relaciones posibles entre estos factores de la edificación y los factores biofísicos obtenidos anteriormente.

De todo ello pueden deducirse una serie de conclusiones parciales en nuestro análisis que nos dan un primer nivel de conocimiento de la arquitectura analizada.

Se produce, por otra parte, una primera síntesis al considerar relacionadamente factores que se refieren al entorno y factores referidos preferentemente al contexto, con lo que ya aparece la influencia de aspectos culturales además de los puramente físicos.

Por último, pasaríamos a considerar otro tipo de factores, fundamentales para la comprensión del espacio arquitectónico y urbano, que hemos llamado "bioculturales" y que aportarán, en definitiva, la explicación más profunda de la arquitectura analizada, con lo que pasaríamos a la:

### 3ª Fase del análisis. Factores antropológicos-culturales

Se trata aquí de establecer razones profundas de la concepción y asimilación por parte del habitante y de la sociedad, de la arquitectura o del espacio urbano analizado; de la formalización última y de la apropiación o desarraigo que el espacio habitable analizado produce en el momento del análisis, pero referido naturalmente a su proceso histórico de producción, remodelación y asimilación.

Debemos pues considerar lo siguiente:

Aspectos estéticos-culturales:

- Conformación del espacio.
- Volúmenes, masas.
- Direcciones, ejes, modos.

Simetrías.

- Elementos ornamentales y decorativos.
- Elementos simbólicos-representativos.
- Fachadas, umbrales, patios, etc.

Aspectos históricos-antropológicos:

- Características históricas.
- Costumbres y tendencias.
- Necesidades y usos.
- Modos de vida. Actividades.
  - Industrial.
  - Urbana.
  - Rururbana-Rural.
- El habitante.
- Concepto del bienestar y del abrigo.
- Participación operativa y de control.

Obtenidos estos datos y ponderados convenientemente podemos establecer la hipótesis referente al modo de vida y al concepto del espacio habitable que dio lugar a la arquitectura analizada o que la ha transformado hasta su estado en el momento del análisis.

Establecidas las interrelaciones entre estos factores y los anteriormente obtenidos, biofísicos y edificatorios, así como entre las conclusiones parciales obtenidas en cada fase del análisis, pasaremos a deducir las conclusiones globales del análisis arquitectónico propuesto.

### Conclusiones del análisis

Estas conclusiones, naturalmente, nos darán un conocimiento y una explicación global de la arquitectura analizada, donde se integran todos los aspectos que la propia arquitectura integra, pero, a la vez, nos facilitarán conclusiones y explicaciones parciales, en los diversos aspectos, que vendrán determinadas por su explicación y valoración concreta, en sí misma, pero también por su explicación y valoración en relación con todos y cada uno de los demás aspectos.

Creemos así que el resultado del ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO tal como ha quedado expuesto y sistematizado debe ser el de un conocimiento profundo e integral de la arquitectura o el espacio urbano, así como de sus aspectos parciales o concretos.

Y todo ello nos conduce a la posibilidad de establecer *clases de edificios bioclimáticos* así como *tipos y tipologías bioclimáticas*, lo que sería el objetivo último del análisis propuesto y el punto de partida para una propuesta de metodología de proyectación arquitectónica que integraría el *enfoque bioclimático de la arquitectura*.

Jaime López de Asiain



## El sol, en la arquitectura y el espacio urbano

### El Sol como herencia de la humanidad. El Sol como fuente de energía.

Los rigurosos estudios realizados por Vitrubio en su libro VI, Capítulo I, "El clima como determinante del estilo de la casa" y la legislación del emperador Justiniano sobre "El derecho del sol" se produjeron en una situación histórica y cultural que se repite hoy, veinte siglos más tarde, en una inflexión cíclica que debe hacernos reflexionar: en la era nuclear y de exploración del espacio exterior la humanidad vuelve la vista al sol y a sus efectos sobre la naturaleza.

Desde el punto de vista de la vivienda del hombre y del medio ambiente arquitectónico, este nuevo sentimiento puede denominarse "sensibilidad ecológica". Se establece un nuevo argumento: "Queremos, dice Jeffrey Cook, capturar el sol y ponerlo en el lugar del fuego del hogar". Se ha producido una transposición: el hogar es el lugar más íntimo e interior de la casa, la casa es el cobijo del fuego que permite la vida y ahora el sol ha ocupado este papel.

La naturaleza, el exterior, está ahora interiorizándose y se convierte en nuestro hogar, el más íntimo, interno y hospitalario cobijo. Queremos introducir la naturaleza, el cosmos, en nuestra casa, pero no simplemente como algo que nos pertenece, que controlamos y dominamos, sino como algo a lo que pertenecemos y a lo que deseamos pertenecer incluso más íntimamente.

Pero la nueva poética que tiene sus raíces en el Ronchamp de Le Corbusier o en Upper Lawn de los Smithson, no posee necesariamente una "inteligencia bioclimática", es decir, un conocimiento científico y tecnológico del tema.

Sensibilidad ecológica e inteligencia bioclimática no sólo pueden sino que deben interactuarse de la misma manera que arte y técnica han interactuado siempre en la arquitectura. De este modo, la arquitectura puede servir, una vez más, como un mediador ejemplar entre el control y el dominio de los fenómenos naturales y la apertura a incluir el sol –el medio ambiente natural– como símbolo y realidad de la vida humana.

La identidad cultural perdida con el Movimiento Moderno no se recupera solamente a través de lo vernáculo o del regionalismo crítico, cuyos argumentos son frecuentemente banales, sino integrando la arquitectura en el contexto, en el medio natural y cultural. Este es el verdadero enfoque bioclimático.

A modo de introducción al tema que nos interesa, vamos a reflexionar sobre lo que Vitrubio pretendía transmitirnos:

### El clima como determinante del estilo de la casa

*"Si nuestras casas particulares han de ser correctas, debemos, desde el comienzo, tomar nota y considerar las circunstancias de países y climas en los que se construyen. Un estilo de casa parece apropiado si ha de ser construida en Egipto, otro en España, otro diferente en el Ponto, otro también diferente en Roma y así sucesivamente en terrenos y países de otras características. Esto es debido a que una parte de la tierra se encuentra directamente bajo la trayectoria del sol, otra se*

Ponencia plenaria presentada en el Congreso Mundial del I.S.E.S., International Solar Energy Society, bajo el tema "Harmony with Nature" Agosto de 1993. Budapest.

*encuentra más alejada, mientras que otra se encuentra a mitad de camino de las dos. De aquí que, como la posición del cielo en relación a un sitio determinado de la tierra resulta naturalmente de diferentes características, debido a la inclinación del círculo del Zodíaco y la trayectoria o curso del Sol, es evidente que los diseños de las casas deben también ajustarse a la naturaleza del país y a las diferencias del clima.*

*En el norte, las casas deben ser totalmente techadas y protegidas todo lo más posible, no al aire libre, aunque tengan una orientación favorable. Pero donde la fuerza del sol es grande, en los países meridionales que padecen mucho calor, las casas deben construirse más descubiertas y orientadas al sur o sudeste. Porque por medio del arte podemos corregir lo que la naturaleza, si se la dejara sola, vendría a estropear. Y así, en otras situaciones y circunstancias también debemos hacer las modificaciones que correspondan a la posición del cielo y a los efectos del clima."*

#### La orientación de las habitaciones

*"Explicaré ahora cómo los propósitos especiales de las diferentes habitaciones requieren diferentes orientaciones, adecuadas al uso a que se destinan según las partes del cielo. Los comedores de invierno y los cuartos de baño deben tener orientación sudoeste porque necesitan la luz del atardecer y porque el sol poniente, alumbrándolos con todo su esplendor, pero con calor menos fuerte, da una temperatura agradable a estos cuartos al comenzar la noche. Los dormitorios y las bibliotecas deberían orientarse al este, porque los fines a que se destinan requieren la luz de la mañana y también para que los libros de las bibliotecas no se estropeen. En las bibliotecas con orientación hacia el mediodía, los libros son devastados por la humedad, la carcoma y los gusanos, porque los vientos que soplan del sur hacen proliferar los gusanos y destruyen los libros, difundiendo sobre ellos su húmedo aliento.*

*Los comedores de primavera y otoño deben orientarse al este porque cuando las ventanas se abren a ese cuadrante, el sol, conforme sigue su trayectoria desde encima de ellas hacia el oeste, les da la temperatura adecuada a las horas en que se usan. Los comedores de verano deben dar al norte, porque ese cuadrante no está, como los demás, ardiendo de calor durante el solsticio, ya que no está expuesto a la trayectoria del sol, y de aquí que siempre se mantenga fresco y haga que el empleo de esas habitaciones sea en verano saludable y cómodo. Lo mismo ocurre con las galerías con cuadros, las habitaciones de talleres de tejer y bordar y los estudios de pintura, porque la luz sin variaciones permite que los colores permanezcan inalterables.*

También, una frase incisiva del código de Justiniano (Roma, siglo VI) dice:

*"Si algún objeto se coloca de modo que quita el sol en su camino (heliocaminus)... se considera una violación del derecho del sol".*

Vamos a tratar de relacionar este pensamiento con el del filósofo alemán contemporáneo, Hans-Georg Gadamer, en su libro "VERDAD Y MÉTODO".

*"Una estructura arquitectónica se refiere más allá de sí misma en una doble dirección. Está determinada tanto por el objetivo al que ha de servir como por el lugar que ha de ocupar en un contexto espacial definido. Todo arquitecto debe tener en cuenta ambos factores. Su proyecto debe ser diseñado para servir a una conducta vital definida y para someterse a condiciones previas naturales y arquitectónicas.*

*Esta es la razón por la que decimos que un diseño acertado representa una 'solución feliz', significando que cumple con su objetivo y que su construcción contribuye con algo nuevo al contexto espacial urbano o al paisaje. Este diseño arquitectónico representa, debido a su doble determinante, un verdadero incremento de ser, es decir, es una obra de arte".*

Por otro lado, parece evidente que en la era nuclear y de la exploración espacial, la humanidad vuelva a mirar al sol y a sus efectos directos sobre la naturaleza. Hay una cada vez más profunda conciencia humana de la necesidad de preservar el medio natural y de detener la destrucción a que está sometido el planeta Tierra y, por consiguiente, la ciencia se aplica intensamente a obtener un máximo aprovechamiento de la energía solar, intentando restablecer el equilibrio ecológico perdido sin renunciar a todas las comodidades y servicios de una civilización que depende del consumo de energía.

También resulta evidente que se producirá un nuevo equilibrio. Paso a paso, la naturaleza ha sido domesticada por el hombre que promueve aquellos aspectos más favorables para la vida humana y reduce aquellos que puedan resultar dañinos o inútiles. El sol, la luz, el agua, la vegetación e incluso los animales se acomodan a ciclos controlados, que modifican su conducta primitiva, y se constituyen en fuerzas y elementos que sirvan a la vida humana.

Lo que la vida humana llegue a ser en el futuro es el gran problema que el hombre debe afrontar y será considerado en otro momento de nuestra reflexión.

Pero volvamos a la arquitectura: inteligencia bioclimática y sensibilidad ecológica aparecen como dos vías concurrentes que pueden conducirnos a un nuevo tipo de arquitectura y a un nuevo tipo de ciudad. La primera como un cuerpo de conocimiento científico, –un instrumento práctico cada vez más adecuado y eficiente–, y la segunda como una poética, –una real conciencia del habitar humano en la tierra–.

Un ejemplo de inteligencia bioclimática puede ser el producir una simbiosis entre la arquitectura y el medio ambiente, es decir, la arquitectura que se alimenta, se sirve y se enriquece del medio que la rodea y, al mismo tiempo, alimenta, sirve y enriquece a ese medio.

La sensibilidad ecológica es el signo de nuestros tiempos: una característica o carácter sustancial de la civilización venidera. En ciertos aspectos, delimita lo porvenir e incluye contradicciones y resonancias que hoy en día se perciben con dificultad, confirmando un perfil –la relación con el entorno–, que difícilmente se encontraba en el viejo concepto de naturaleza, cuando la naturaleza era el puro objeto de la mimesis artística. Puede llegar a funcionar literalmente como un nuevo y distinto suelo sobre el que caminar y establecerse.

Se establece un nuevo argumento: "Queremos, dice Jeffrey Cook, capturar el sol y ponerlo en el lugar del fuego del hogar". Se ha producido un cambio en lo que ancestralmente el fuego significaba para la vida civilizada, para los humanos y para la casa concebida como cobijo y custodia de ese fuego. El lugar del fuego, el hogar, es el más íntimo y profundo de la casa, de la vivienda, de la residencia. La casa como cobijo del fuego que permite la vida, y ahora, el sol asume este papel.

Ha habido muy importantes momentos en la historia reciente de la arquitectura, como por ejemplo "Ronchamp" de Le Corbusier o "Upper Lawn" de los Smithson, que significan el anuncio de la nueva poética, que llenan de significado el discurso funcionalista, –culturalmente átono–, de inteligencia bioclimática, restableciendo su carácter como un medio y no como un fin en sí mismo.

*...el momento en el cual Le Corbusier, en Ronchamp, deja el espacio vacío ante el altar, de tal modo que mientras el sol penetra, la luz se convierte en Dios...*

*...Upper Lawn, un pabellón inerte, sin especial significación, que registra el discurso de la naturaleza a lo largo de las diferentes estaciones como un organismo vivo, como un paisaje que cambia continuamente, como un espacio que se forma y se disuelve de continuo...*

El objetivo de medir la trayectoria del sol para calcular las necesidades de calor o de luz en una habitación es trascendido por la poesía de la luz que se refleja en los muros o que configura espacios y texturas. El discurso inocuo se llena de significado, el instrumento se restituye a su carácter de instrumento. Esto es posible gracias al control del medio ambiente. Lo que equivale a decir que el desarrollo tecnológico que permite un control riguroso del medio y el conocimiento científico que facilita calcular con precisión el comportamiento de la naturaleza, permiten también que el hombre se abandone a su medio natural.

Sin embargo, es muy importante señalar ahora la "alteridad" de ambos discursos para que aparezcan como horizontes irreductibles; el conocimiento científico del tema o el tratamiento tecnológico del mismo pueden producir desarrollos que no tengan nada que ver con la sensibilidad ecológica, de la misma manera que las consecuencias de esta sensibilidad ecológica, –la nueva comprensión de la naturaleza–, no necesariamente provienen de la perspectiva,

–siempre reductiva–, de la inteligencia bioclimática. Esto explica cómo arquitectos sensibles a estos ideales, como Mario Botta, Juan Navarro Baldeweg o Tadao Ando, pueden cometer serios errores en aspectos relativos al soleamiento, confort lumínico o térmico o a la habitabilidad del espacio y que, por otra parte, la búsqueda a toda costa del aprovechamiento de la energía solar o de las condiciones climáticas lleve a muchos arquitectos, principalmente aquellos que pretendían hacer "arquitectura solar" en los años 70, a producir extraños artefactos tecnológicos que tienen poco que ver con el siempre profundo sentido de demanda de espacio habitable de la arquitectura.

Pero, como consecuencia de su interrelación, estas dos redes de criterios o ideales, –sensibilidad ecológica e inteligencia bioclimática– deben interactuarse de la misma manera que arte y técnica se han interactuado siempre en la arquitectura. En consecuencia, la arquitectura puede, una vez más, servir como mediador ejemplar entre el control y el dominio de los fenómenos naturales y la apertura a incluir el medio ambiente natural, el sol, como símbolo y realidad de la vida humana.

La identidad cultural perdida con el Movimiento Moderno no se recupera solamente a través de lo vernáculo o del regionalismo crítico, cuyos argumentos son frecuentemente banales, sino integrando la arquitectura en su contexto, en el medio natural y cultural.

Es cierto que el Movimiento Moderno, inhibiendo los medios de expresión de diferentes culturas, intentó retrotraer la arquitectura otra vez al punto cero de la creatividad, pero es indudable también que al intentar devolver a las culturas el derecho y la obligación de definir su propia arquitectura de acuerdo con sus peculiaridades, los resultados no fueron muy brillantes. La identidad cultural perdida en el Movimiento Moderno se busca en la historia, en la trayectoria del pasado, y de ahí la importancia trascendental que el regionalismo crítico y la vernacularidad tuvieron en ciertos momentos, aunque sus propuestas han sido a menudo banales cayendo en el formalismo historicista.

Sin embargo, algunas miradas locales o regionalistas significan hoy nuevos enfoques. Queda lejos la noción de nuestra formación clásica de que la arquitectura puede delimitarse como un fenómeno único, uniforme y con leyes inmutables y como consecuencia ha nacido la consideración de que cualquier periodo que contemplemos o cualquier arquitectura que consideremos es tan sólo un instante de la realidad y de la arquitectura.

La fecundidad no proviene solamente de la concentración en las partes sino de las posibilidades disponibles hoy, –muy vivas y muy reales–, de apropiarnos no sólo de la cultura y de las tradiciones más próximas a nosotros, sino también de otras distantes herencias, e incorporarlas a nosotros mismos. La actitud bioclimática, en este sentido, ha funcionado con un tacto exquisito. No hay paradigmas, recetas o modelos a seguir. Existe una incitación constante a tener en cuenta el

medio natural y el cultura, para comprender su diversidad y su significado, para aceptar su variedad e incluso sus contradicciones y, también, existe la convicción de que el horizonte limitado por la propia región necesita abrirse más y más a la incorporación de otras culturas, otras tradiciones y otras formas arquitectónicas.

**Inteligencia bioclimática y sensibilidad ecológica**, de tal modo que la arquitectura se inserte en microistemas naturales y culturales sin destruirlos; esfuerzos para comprender un lugar y sus condiciones climáticas y físicas pero incorporando al mismo tiempo sus aspectos históricos, culturales y estéticos para desarrollar en él la acción arquitectónica. Esta es la auténtica actitud bioclimática.

Rafael González Sandino  
Jaime López de Aslaín

## La radiación solar como fuente de enfriamiento pasivo. Nuevas tendencias en la simulación arquitectónica

La crisis energética de 1973 marcó el fin de una era de combustibles fósiles baratos. Esta realidad, junto con el reconocimiento de que las reservas de dichos combustibles eran finitas, provocó la reconsideración de las estrategias mundiales sobre sistemas energéticos. En esta línea se han realizado esfuerzos en muchas áreas y, dentro de ellas, la arquitectura no ha sido una excepción. Desde esa misma década de los 70, la normativa de construcción en numerosos países ha incrementado progresivamente las exigencias de aislamiento global que se consideraban apropiadas para los cerramientos en el ámbito residencial y no residencial.

La tendencia actual, que con toda probabilidad continuará, es no sólo la de mejorar la envolvente del edificio sino que también está orientada a la reducción del consumo de energía, ya sea en refrigeración, iluminación, calefacción o en otros aspectos. Esto ha provocado, a su vez, una nueva demanda de reducción adicional del consumo energético. Uno de los factores que más influyen en esa nueva reducción es, sin duda, el de las ganancias solares, factor que ha provocado una mayor atención al "diseño solar pasivo" y, de manera más sutil aunque no menos importante, a la refrigeración pasiva.

Los sistemas de refrigeración pasiva dependen en su mayor parte de las aperturas existentes en la envolvente del edificio, de su dimensión y su orientación. Estos parámetros no pueden establecerse, sin embargo, sin conocer las ganancias solares que dichas aperturas recibirán y los niveles mínimos (para iluminación, refrigeración o calefacción) y máximos (para refrigeración) que serán necesarios. Esta situación es la que algunos autores han definido como *la complejidad y contradicción de la arquitectura mediterránea* (y, por extensión, de la arquitectura propia de los climas cálidos). En otras palabras, no resulta lógico diseñar aperturas para la refrigeración cuando en otros

momentos sirven igualmente para admitir una excesiva ganancia solar, lo cual anularía el efecto anterior. El método de trabajo debería ser justamente el opuesto: primero controlar las ganancias solares y luego introducir la refrigeración.

La conclusión reveladora es que la necesidad de controlar la energía es a menudo más importante que la propia necesidad de producirla. Este fenómeno, en apariencia tan simple y con tanta frecuencia repetido como fundamento ecológico en numerosos procesos de eficiencia energética, ha llevado, en nuestra opinión, a situar la refrigeración pasiva en un "impasse" durante los últimos diez años. Sin el beneficio de los métodos de simulación, resultaba muy difícil controlar la refrigeración pasiva. Sólo poseíamos conocimientos sobre su capacidad, lo cual no es muy relevante desde el punto de vista arquitectónico.

En las zonas septentrionales, la ausencia de radiación, especialmente durante el invierno, junto con la disponibilidad de cristal, ha hecho necesario el diseño de aperturas relativamente grandes, asegurando la penetración luminosa por medio de techos altos y configuraciones de planta diáfanos.

En los países del sur, la necesidad dominante, como ya hemos expuesto, es la de controlar el sobrecalentamiento y a la vez obtener una iluminación adecuada; esto lleva a unos diseños de ventanas y plantas muy diferentes. Se destaca, entre estos diseños, el que consiste en una distribución alrededor de patio central, ya que es una de las soluciones más satisfactorias para los usuarios: la luz natural es reflejada hacia el interior por medio de superficies colocadas adecuadamente, sin que se permita su penetración directa. Desde este punto de vista, el patio puede considerarse como un gran componente o elemento de protección exterior de la ventana.

La vegetación que solía cubrir el patio se empleaba con frecuencia para regular el deslumbramiento veraniego que de otro modo pudiera resultar excesivo. Además, se lograba controlar el sobrecalentamiento mediante la creación de sombras y la evaporación de agua. En el invierno, tras la caída de las hojas, se conseguía una mayor iluminación y ganancia solar. De esta manera, se producía una integración de la refrigeración con la radiación solar y la iluminación.

En las zonas cálidas se produjeron otras innovaciones en el diseño que integraban las necesidades relativas a la refrigeración con las de la radiación solar. Estas innovaciones encontraban su expresión en contraventanas, persianas venecianas, celosías y demás elementos.

Resulta de todo punto ridículo, como ya señalaba S. Szokolay (PLEA '84), diseñar aperturas pensando sólo en cielos nublados o contemplando la iluminación o climatización eléctricas permanentes, cuando en el sur tenemos a nuestra disposición una enorme fuente de energía gratuita y renovable. Las nuevas tendencias hacia la refrigeración pasiva y, por extensión, su aplicación en la arquitectura, deberían impulsarnos hacia el uso de la iluminación natural y, a su vez, formas de evitar el sobrecalentamiento y el deslumbramiento.

Firmes en esta intención, no debemos caer en la habitual trampa de proponer soluciones que excluyan el uso de vidrio simple transparente, ya que éste permite la máxima penetración de radiación solar y proporciona la necesaria conexión visual con el exterior, un contacto muy deseable en la creación de una coherencia tanto arquitectónica como ecológica y fisiológica. Los problemas de naturaleza acústica pueden resolverse mediante el estudio e incremento de los espesores del vidrio.

A este nivel de investigación, por tanto, afirmamos que si queremos buscar mejores condiciones medioambientales de una manera efectiva, tenemos que fomentar un tratamiento más inteligente de las aperturas acristaladas, concibiéndolas como verdaderos elementos de conexión medioambiental que no se encuentran aislados de otras características arquitectónicas o constructivas. Una gran parte de esta tarea puede llevarse a cabo por medio de unas recomendaciones y estándares de diseño que reconozcan los distintos potenciales y posibilidades de cada zona climática, con especial referencia a los climas cálidos.

Lo anteriormente expuesto es especialmente aplicable en estas regiones y pensamos que existe una desesperada necesidad de reconocer esta diferencia climática, extremo que hasta la fecha no ha alcanzado la Comisión de las Comunidades Europeas. Hemos manifestado en demasiadas ocasiones que las soluciones que son correctas en el norte, en términos medioambientales, no son siempre aplicables en el sur. A pesar de ello, los manuales europeos producidos con fondos comunitarios son de poca o dudosa aplicación en la mitad sur del continente. La consecuencia predecible de ello, intencionada o no, es que estas zonas se encontrarán siempre ante grandes obstáculos para el desarrollo sostenible si no se produce un cambio en la mentalidad actual.

Aún no se ha comprendido el uso "frio" de la radiación solar, por lo que no existen ni los medios ni los recursos para su desarrollo a pesar de que resulte vital para el segmento de humanidad que, como acierta en señalar B. Givoni, habita en las zonas más necesitadas del planeta.

Es justo reconocer, sin embargo, que cuando se carece de métodos adecuados de simulación, los procesos de cuantificación y análisis son más complejos en los climas cálidos (debido al problema de máximos y mínimos), que en los climas fríos, donde solamente preocupan los niveles mínimos.

Concentrándonos en lo antedicho, este artículo nos brinda la posibilidad de superar dicha dificultad. Describiremos una herramienta arquitectónica que por primera vez no es sólo ideológica, pero puede emplearse en climas cálidos y funciona subrayando la identidad regional por medio de las características locales y el medio ambiente particular.

Se proponen así espacios cuya cualidad arquitectónica se beneficia del medio exterior sin necesidad de perjudicarlo. Para ello, introduciremos el método propuesto.

#### El nuevo Método de Factores de Configuración

En el campo de la física tradicional han existido métodos para obtener la transferencia de energía entre superficies y puntos exteriores a las mismas. El autor de uno de los primeros intentos fue el físico alemán Helmholtz, quien postuló (sin que haya podido demostrarse a nivel experimental) que teniendo en cuenta todas las posibles pérdidas, la transferencia de energía entre el punto A y el punto B era la misma que entre B y A. Para extender este principio a elementos superficiales simples, fue necesario aplicar el teorema de reciprocidad de Lambert, según el cual y para superficies perfectamente difusoras, la transferencia entre la superficie A y B es la misma que entre B y A cuando ambas tienen la misma intensidad y área. Se infiere que si las superficies son desiguales, deberán establecerse unos factores de corrección que tengan en cuenta la relación existente entre las diferentes dimensiones angulares de las superficies. Estos factores se denominan factores de forma o, con más exactitud, factores de configuración.

La propiedad antes expuesta puede enunciarse como:

$$A_1 \cdot F_{12} = A_2 \cdot F_{21}$$

y, para generalizar:

$$A_i \cdot F_{ij} = A_j \cdot F_{ji}$$

donde  $A_{ij}$  representa el área de las superficies difusoras y  $F_{ij}$  representa los citados factores de configuración.

Otra característica de todos estos métodos es la generalización de la expresión diferencial de la transferencia energética que se extendía a la superficie emisora A, teniendo en cuenta los fac-

tores angulares que intervienen (seno y coseno), y la posición relativa del punto o superficie receptora B. A partir de aquí, podemos entender intuitivamente, aún antes de haberlo demostrado analíticamente, gráfica y experimentalmente, que el resultado de esta operación es necesariamente proporcional a una superficie aunque con un tamaño y una orientación que difiere del original. Es más, si trazamos un cono que tiene como base la superficie emisora A y como vértice el punto receptor B, podremos demostrar que la transferencia entre A y B es proporcional a la proyección sobre el plano que contiene a B de la superficie de intersección entre dicho cono y una esfera de radio unidad. Este principio ha sido expuesto parcialmente en algunas ocasiones como la ley de proyección del ángulo sólido.

Los factores de configuración se identifican con estas proyecciones, por tanto, con dos consecuencias fundamentales para la arquitectura:

1. A igualdad de intensidad energética, el intercambio de flujos depende solamente de los factores geométricos (posiciones relativas y tamaño de superficies). Estos factores geométricos se denominan factores de configuración.
2. Por aplicación de los procedimientos habituales en la geometría descriptiva (intersección de cuádricas), puede determinarse en cualquier caso el valor de dichos factores de configuración.

La primera consecuencia nos dice que la transferencia de energía (térmica, acústica o luminosa) depende exclusivamente de la geometría de los intercambiadores o, en el caso de los edificios, de la forma arquitectónica de los intercambiadores. La segunda consecuencia es, que la transferencia siempre puede determinarse por medio de unos procedimientos simples, conocidos por el arquitecto, y por consiguiente de aplicación inmediata en el diseño.

Como resultado de la discusión, anterior, nos encontramos ante un nuevo concepto de forma arquitectónica que se ajusta a lo siguiente: "el conjunto de modos o valores de relación geométrica entre una superficie cualquiera y los puntos exteriores a esa superficie".

Y tenemos también la subsiguiente definición de espacio arquitectónico como: "el conjunto de posiciones que adoptan los puntos exteriores a la forma arquitectónica".

La subsiguiente definición del espacio arquitectónico es: "el conjunto de posiciones que adoptan los puntos exteriores con relación a la forma arquitectónica".

Vemos así con mayor claridad que a cada uno de estos puntos pertenecientes al espacio arquitectónico corresponde un cúmulo de intercambios escalares, vectoriales o tensoriales que, si fueran eliminados, transformarían el espacio en un "vacío"; y, de la misma manera en que los cabalistas explicaban el origen del mundo sobreponiendo al concepto de "espacio ilimitado" el de "luz ilimitada", haciendo así que el anterior vacío existiera, o, en términos metafóricos, fuera visible, así nosotros diseñamos para poder modificar a nuestro arbitrio las magnitudes de los puntos del espacio en un intento fructífero de mejorar nuestro entorno sin dañarlo.

De ahora en adelante, la arquitectura se fusiona con la teoría de campos y se concibe como una generadora de funciones de transferencia; este procedimiento, al ser válido para cualquier sistema, constituye un principio de invariancia según el cual, aunque las primitivas puedan ser aleatorias, las transformadas se hallarán siempre dentro de un rango determinado. O bien, en un sentido más literal, las arquitecturas opuestas tenderán a la creación de un ambiente unívoco.

Jaime López de Asiain  
José María Cabeza Lainez



## Diseño de arquitectura bioclimática: El nuevo método de simulación ambiental

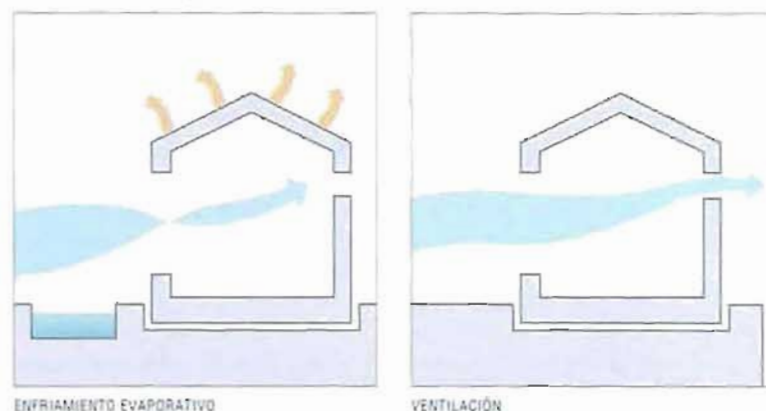
El diseño de edificios bioclimáticos ha estado mediatizado, hasta ahora, por la problemática que suponía el concebir proyectos con ayuda de modelos ambientales poco realistas que luego tenían en la realidad un comportamiento muy deficiente, y, por el contrario, los proyectos de buen comportamiento real (como ocurre con la arquitectura vernácula y en algunos ejemplos históricos), no superaban los análisis científicos, con lo que la causa de su bondad no podía aislarse y mucho menos extrapolarse.

En algunos extremos, esa incorrección de los modelos ha puesto de manifiesto una cierta incapacidad científica para ayudar en la producción de arquitectura ambientalmente correcta.

La propia refrigeración pasiva, tan necesaria en nuestra zona andaluza, se encontraba en un cierto "parón", al no poder simular correctamente el comportamiento del sistema edificatorio en su conjunto, puesto que los métodos de cálculo de ventilación, iluminación, refrigeración... se realizaban separadamente de modo que, por ejemplo, un hueco adecuado para la correcta iluminación provocaba un excesivo calentamiento y su reducción podía acarrear problemas de ventilación.

Además existe la cuestión, siempre obviada pero siempre presente, de la forma arquitectónica, factor éste que había impedido, hasta ahora, la aplicación de los modelos de simulación existentes, al no poder emplear la mayor parte de las reducciones y simplificaciones que se utilizaban en otros campos en los que la forma no era relevante.

Sin embargo, hoy ya se puede contar con un método de simulación real y operativo, fruto de la investigación del autor, en el seno del Seminario de Arquitectura y Medio Ambiente.

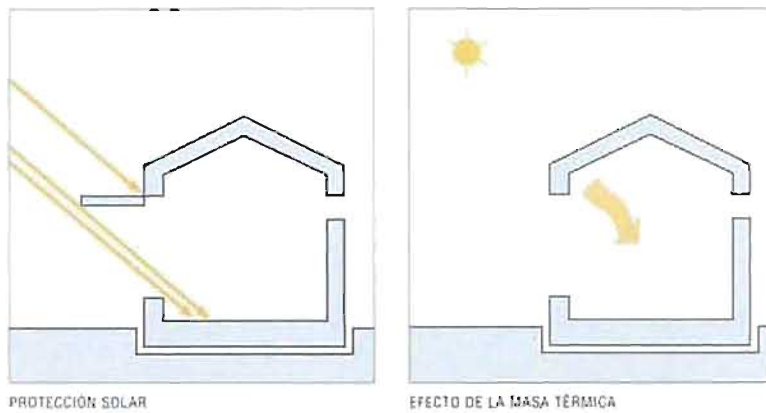


Para conocer sus fundamentos, identifiquemos primeramente la problemática y analicemos los principales sistemas pasivos de control ambiental conocidos.

El problema dominante en el clima de la zona que nos ocupa, Andalucía, es el exceso de calor que se produce en las edificaciones en el período comprendido entre mayo y septiembre con temperaturas superiores a los 40° en gran parte de las zonas.

Sin embargo, en los meses que van de noviembre a febrero, aunque estadísticamente no se alcancen temperaturas muy inferiores a 0° será preciso algún tipo de calentamiento para mantener las condiciones de confort idóneas. Experimentos realizados por el SAB demuestran que es posible conseguir este calentamiento por medios completamente naturales.

Analizaremos entonces los sistemas de equilibrio natural que permiten el control del excesivo calor; estos son los llamados de acción directa, que en nuestro clima son fundamentalmente del tipo evaporativo, radiante y subterráneo.



El sistema evaporativo es el más simple y el de mayor efectividad, consiste en incorporar agua micronizada al paso del aire y posteriormente reconducir ese aire a las zonas de trabajo. En este proceso se eliminan del aire 2.400 Kj por litro de agua evaporada. Dicha reconducción, si es eminentemente vertical descendente, se realiza de forma natural debido al aumento de la densidad del aire frío. El inconveniente es que el exceso de agua debe recircularse y por lo tanto debe haber dispositivos para tal fin. Por otra parte, puede darse un aumento de la humedad que será necesario controlar. Este sistema ha sido experimentado por el SAB en Expo'92 con excelentes resultados. Tales sistemas pueden incorporarse a las chimeneas de ventilación por diferencia de temperatura; sin embargo este efecto debe conseguirse fundamentalmente en los jardines y patios, y en todo caso la relación con la edificación dependerá de las conexiones con el exterior, fundamentalmente huecos verticales y horizontales.

El sistema radiante emplea el principio de cesión nocturna de calor a la bóveda celeste por parte de las superficies calentadas durante el día, de modo que por la noche emiten radiación calorífica de onda larga con el consiguiente enfriamiento.

El enfriamiento subterráneo indirecto consiste en circular algún fluido (agua, aire) por el interior del terreno aprovechando así su temperatura constante debido a la inercia térmica. Este fluido debe introducirse posteriormente en los recintos mediante conductos. El sistema puede saturarse al cabo de un cierto tiempo de funcionamiento y es necesaria una regeneración del terreno mediante riego, por lo que es más recomendable para exteriores.

El caso más extremo de este mismo sistema es cuando el propio edificio se inserta en el terreno a fin de beneficiarse de su temperatura estable; entonces dependemos, también de aberturas acristaladas para garantizar la adecuada relación con el exterior en términos energéticos, visuales y psicológicos.

Las conclusiones de la revisión son obvias, estos tres sistemas, para su aprovechamiento, necesitan de un número

muy preciso de canales de contacto con el exterior, luego es fundamental el dimensionado de los huecos.

Veamos, a continuación, qué ocurre con los sistemas de protección o sistemas de "evitación de calor".

### Protección solar

Se trata de la primera estrategia que conduce a disminuir la temperatura de los espacios interiores y anexos al edificio proyectado.

En un primer nivel nos encontramos con la necesidad de proteger contra el excesivo soleamiento. Surge aquí un problema clásico, dado que los momentos de máxima temperatura ambiente en el clima cálido no son simétricos respecto del eje de simetría solar, y por tanto las protecciones geométricas fijas no son perfectas puesto que si protegen durante el período sobrecalentado también lo hacen en el final del invierno y principio de la primavera cuando no es deseable.

Esta dificultad sólo puede superarse mediante el empleo de protecciones móviles o cambiantes, y de entre ellas la más efectiva suele ser la protección vegetal con plantas de hoja caduca.

Cuando no es posible utilizar la vegetación porque no se puede realizar un control y seguimiento adecuado de la misma, tendríamos que optar por una protección fija que, aunque no perfecta, es sin duda la más fiable. Para realizarla, es preciso conocer con exactitud en qué momentos del tiempo será verdaderamente necesaria.

El método más aceptado para determinarlo es el de las líneas de temperatura o isofletas, consistente en integrar las temperaturas medias diarias mensuales en una matriz anual y establecer regiones en las que se da como media una cierta temperatura.

Conocidas estas regiones para cada caso, será preciso determinar cuáles de entre las mismas son perjudiciales para el desarrollo de actividades humanas. Es evidente que a partir de los 30° de temperatura seca en sombra debe existir protección solar.

Una vez decidida la temperatura a partir de la cual se pretende evitar el soleamiento directo, es preciso representar la región dentro de la cual se alcanzan dichas temperaturas en un diagrama solar para estudiar la geometría de la protección. Sobre la carta estereográfica se realizan dos tentativas hasta determinar la protección más adecuada. Como ejemplo mostramos la carta estereográfica de Sevilla: encontramos que en la fachada sur una protección de 60° puede ser suficiente. Por el contrario, en la cara oeste es más desfavorable y hasta un ángulo de 30° deja parte de la mancha sin cubrir, aunque es aceptable. En la fachada norte se necesitan 65° y en la este bastaría con una protección de 65°.

Debe hacerse notar que no es fácil conseguir una protección mayor; proteger, por ejemplo, hasta el fin de septiembre supone estar limitando la entrada del sol en un periodo frío como puede ser marzo. Por otra parte, en casos como la fachada oeste, ángulos menores sólo podrían conseguirse con una densidad de lamas que, además de antiestética, impediría casi totalmente la visión del cielo y, lógicamente, la iluminación natural.

### Materiales de protección

La ejecución de la protección es importante por dos razones básicas: primero, porque térmicamente va a estar sometida a un fuerte soleamiento y por tanto a un gran calentamiento que si no es debidamente reirradiado puede redundar negativamente sobre el edificio. En segundo lugar, con la presencia de las protecciones se reduce el campo de iluminación directa del edificio y por ello debe procurarse una correcta reflexión para mantener unas adecuadas condiciones de iluminación. Es preciso destacar que, de nuevo, es dominante el dimensionado de huecos.

### Aislamiento térmico

La segunda fase de disminución de temperaturas es la disposición del adecuado aislamiento, que puede ser del tipo reflexivo, resistivo o capacitivo.

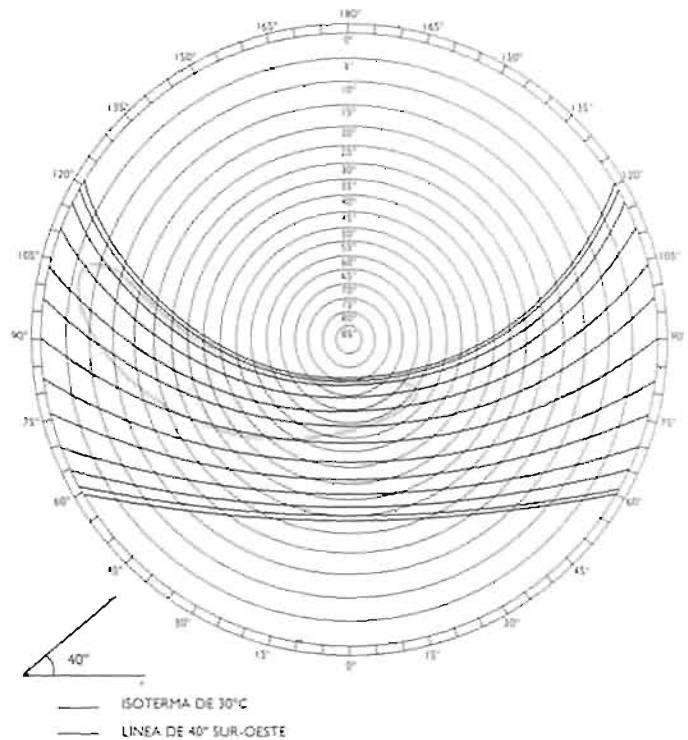
El aislamiento reflexivo es aquel que actúa impidiendo la penetración del calor por reflexión de la onda térmica.

El aislamiento resistivo es el empleado comúnmente y consiste en incrementar el parámetro de resistencia térmica de los cerramientos, para lo cual se utilizan elementos que encierran gran cantidad de aire en su interior, en celdillas lo más estancas posible.

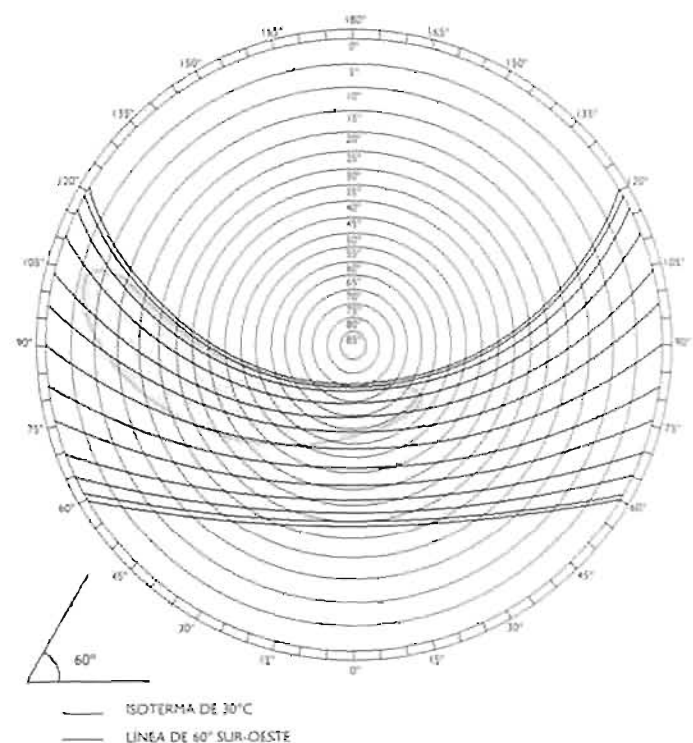
Este tipo de aislamiento es el más regulado por nuestra normativa de condiciones térmicas CT-79, que habrá de cumplirse tanto para los valores globales (KG) como en los límites establecidos para los coeficientes de transmisión térmica de los cerramientos.

El aislamiento capacitivo es el que incrementa la masa térmica de los espacios y en general es coincidente con la masa física, aunque existen materiales que no verifican esta relación. La masa térmica es fundamental para moderar oscilaciones de la onda térmica aproximándola lo más posible a la temperatura media. Por lo tanto, no puede pensarse en una reducción efectiva de las temperaturas sin la presencia de este elemento.

En general puede conseguirse, a través de un correcto diseño, una masa térmica adecuada, pero deberá cuidarse su disposición y su relación con otros tipos de aislamiento según las características del clima. Los cerramientos, en lo referente a la disposición, son los más preocupantes, porque una colocación demasiado interior del aislamiento resistivo puede anular la efi-



CARTA SOLAR ESTEREOGRÁFICA. CIUDAD DE SEVILLA. LATITUD 37° 38' = 37° 23' 10" NORTE



CARTA SOLAR ESTEREOGRÁFICA. CIUDAD DE SEVILLA. LATITUD 37° 38' = 37° 23' 10" NORTE

encia de la inercia térmica (es conveniente, desde este punto de vista, dejar siempre en trasdosados al menos 7 cm de ladrillo [tabicón] y nunca utilizar rasilla).

### Ventilación natural

Tras establecer los niveles de aislamiento apropiados y con los que se pueden conseguir importantes cambios favorables sobre la temperatura exterior (hay que hacer notar que en ausencia de estas medidas los cambios son, no sólo poco importantes, sino que pueden ser hasta desfavorables, es decir, que pueden empeorar las condiciones del clima inicial), la siguiente fase sería la de establecer la provisión de ventilación y, especialmente, de ventilación nocturna mediante un adecuado dimensionamiento y orientación de aperturas, procurando que ello no perjudique al entorno. Podemos utilizar simples ventanas o bien elementos que enfatizan el efecto chimenea.

Los mecanismos que inducen el movimiento del aire en los edificios son de dos tipos: por acción del viento y por diferencia de temperatura (microcambios en la densidad del aire). Para los primeros se tendrá en cuenta la distribución de los vientos dominantes, tanto para aprovecharla como para que ésta no sea alterada. Así, por ejemplo, en el verano de Sevilla, el viento tiene componente oeste-suroeste, con predominio de la suroeste durante la noche. Esto significa que las fachadas sudeste, oeste y suroeste tendrán un buen nivel de ventilación, pero para ello es necesario que al menos una proporción de su superficie sea practicable. En las fachadas opuestas, para conseguir la salida, dicha proporción puede reducirse.

La referencia a la componente nocturna se debe a que es realmente de noche cuando podemos utilizar la ventilación, puesto que de día las temperaturas son demasiado altas como para poder obtener resultados apreciables.

Teniendo en cuenta las prescripciones anteriores en cuanto a la dimensión de la masa térmica y tamaño de aperturas, según la fórmula de Givoni y Evans, desarrolladas experimentalmente por el SAB, tendremos reducciones de la máxima interior diurna de 3 a 4°C en Julio y Agosto, y de 2 a 3°C en Junio y Septiembre. Es decir, si la máxima interior diurna típica de Julio, Agosto es de 31°C, con este procedimiento podemos obtener valores de al menos 27°C, con la consiguiente reducción de la carga de refrigeración y por tanto de los consumos energéticos.

De lo anterior se deduce que es más importante que las aperturas (de ventilación) se coloquen a la altura de la masa térmica (forjados) que a la de los ocupantes, con los que se eliminan los problemas funcionales de las turbulencias a media altura.

En cuanto a la ventilación inducida por diferencia de temperatura, su interés radica en que no necesita de la concurrencia del viento para actuar, con lo que puede convertirse, en ciertos casos, en un substitutivo del primer método.

Si por alguna causa no pudieran aplicarse estas dos medidas, habría que recurrir a la ventilación mecánica, bien mediante simples extractores o colocando el sistema de acondicionamiento en modo ventilación; el sobre coste sería irrelevante comparado con la reducción de consumo energético. De todos modos la ventilación natural de los edificios suele ser perfectamente viable en nuestra zona andaluza.

En resumen, lo que vemos que está ocurriendo con los sistemas de refrigeración pasiva es que dependen en su mayor parte de los huecos, de su dimensión y disposición. Sin embargo, esos parámetros no pueden fijarse ni tener en cuenta el ingreso energético que dichos huecos van a producir, pues será necesario un mínimo (por iluminación, refrigeración o calentamiento, según la estación) y un máximo (por refrigeración). Esta situación es la que algunos autores han definido como *complejidad y contradicción* de la arquitectura mediterránea.

En otras palabras, no es coherente diseñar aperturas de refrigeración que en otros momentos admitan cantidades incontroladas de energía, anulando el primer efecto.

En estas regiones mediterráneas, lo anterior es especialmente cierto y creemos que se necesita un reconocimiento del hecho climático diferencial. Con demasiada frecuencia hemos constatado cómo las soluciones ambientales correctas para el "norte" suelen convertirse en nefastas para el "sur" y no sólo en sentido figurado o indirecto. A pesar de ello se confeccionan, con fondos comunitarios, manuales de referencia "europeos" de dudosa o nula aplicación en la mitad más meridional del continente.

Sin embargo, hasta ahora no hemos dispuesto de procesos de cálculo y diseño que superaran la problemática anteriormente reflejada del dimensionamiento y colocación de huecos, de forma que se controlara unitariamente la iluminación (con el aporte energético que supone), la refrigeración o calentamiento y la ventilación, en definitiva, el ambiente interior en su globalidad.

Atendiendo a este punto, pensamos que la oportunidad de la investigación desarrollada por el equipo del autor, radica en haber planteado un reto capaz de superar esa dificultad, al generar un instrumento arquitectónico, un método operativo de simulación ambiental que soluciona los problemas anteriores y permite, a nivel de prediseño, conocer la calidad ambiental del espacio arquitectónico concebido, cuyo ambiente puede mejorar el del entorno sin necesidad de dañarlo.

Es, de este modo, como nació el método de simulación ambiental, conocido matemáticamente como el Nuevo Método de los Factores de Configuración, desarrollado a partir de haber conseguido aislar (a finales de 1989) los factores de configuración para superficies rectangulares y circulares y poder así generalizar la ley de proyección del ángulo sólido.

Las claves descubiertas han sido varias: la primera y principal podría ser el conocimiento de la existencia y unicidad de las soluciones motivado por la generalización de la ley de proyección del ángulo sólido. Pero no sólo esto, sino que, además, la proyección geométrica es un procedimiento familiar para el arquitecto y es compatible con la representación arquitectónica que también suele ser geométrica.

Estas dos primeras razones nos llevan a otros dos corolarios:

1. Que los intercambios de energía radiante, sea cual sea su naturaleza (térmica, lumínica, acústica) son proporcionales a los factores de configuración.
2. Que puesto que los factores de configuración dependen sólo de la geometría de los intercambiadores, también las transferencias energéticas radiantes de cualquier naturaleza dependen proporcionalmente de la geometría, en otras palabras, de la forma arquitectónica.

Una posterior consecuencia derivada, de gran importancia, es que, al tener todas estas operaciones un carácter geométrico, permiten un enlace directo con la geometría solar, primer

estándar de la arquitectura bioclimática y, hasta ahora, situada injustamente en vía aparte por la dificultad de conectar los análisis térmicos y lumínicos. Esta conexión es ahora elemental y es una de las bases de la simulación temporal.

En definitiva, estamos en disposición de afirmar que es posible, gracias al Nuevo Método de Simulación (con el apoyo de instrumentos CAD), resolver de una forma asequible al arquitecto el problema de la simulación medioambiental, utilizando además el concepto de la forma arquitectónica (no se comporta igual una superficie curva que una plana), siempre obviado.

Ahora estaríamos, por fin, en condiciones de conocer la adecuación medioambiental de los edificios desde la etapa de pre-diseño y su comportamiento en su globalidad en los aspectos de iluminación, ventilación, refrigeración y acústica por métodos pasivos, en cualquier hora, día y periodo del año. Todo ello supone, a nuestro entender, una importante aportación para el diseño científico de edificios.

José María Cabeza Láinez



## Lucernario en viviendas unifamiliares

*El autor del texto ha ideado y diseñado un método de simulación que permite conocer las condiciones lumínicas y térmicas de los espacios arquitectónicos, en los distintos periodos horarios y ambientales y según las condiciones climáticas del entorno donde se ubican.*

Por su interés para conocer el alcance del método de simulación descrito y extraer consecuencias de diseño, trataremos a continuación el caso de un lucernario de reducidas dimensiones –apenas 3m de diámetro– pero de cierta complejidad, aparentemente oculta por el hecho de ser una solución habitual del repertorio arquitectónico. El lucernario en cuestión, consta de siete ventanas de 0'50 x 0'50m convenientemente orientadas al arco sur (cubriendo de este a oeste) y dejando el arco norte ciego pues razones térmicas indican que en esta zona apenas se presentan ganancias solares y sí abundantes pérdidas.

Por otra parte, se esperaba equilibrar –y así ha sido– la iluminación proveniente del sur con la reflexión interior en la zona norte del tambor del lucernario, con lo que hipotéticas ventanas al norte serían en todo caso redundantes. Por lo demás, dada la dirección de vientos dominantes (oeste-suroeste) las siete ventanas se consideran adecuadas para ventilación.

A fin de cubrir los escasos días de cielo nuboso (20% de enero y 15% de diciembre) se ha proyectado, como solución de compromiso, una pequeña claraboya cónica de 75cm de diámetro, compensándose la ganancia térmica que produce en verano con la ventilación por diferencia de temperaturas en la cúspide.

El lucernario viene a coronar el espacio en que se desarrolla la escalera que a su vez parte del estar de la vivienda, de dimensiones mínimas. Este espacio, en el centro de la casa, se consi-

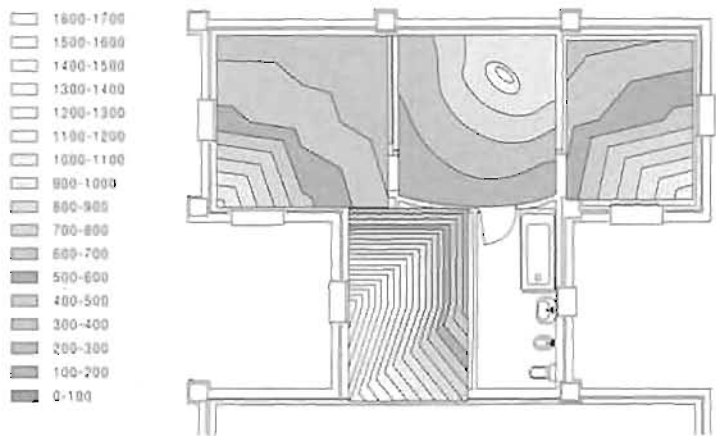
tituye en zona de iluminación, ganancias solares y ventilación para todo el núcleo interior, que de otra forma sería un área muerta desde el punto de vista ambiental.

La cubrición en forma de cono achatado responde, por una parte, a motivos de resistencia estructural –cerámica armada– y ventilación inducida por la sección en peralte y, por otra parte, a consideraciones sobre las arquitecturas del paisaje tanto vernáculas como industriales, especialmente los silos de aceite y de grano.

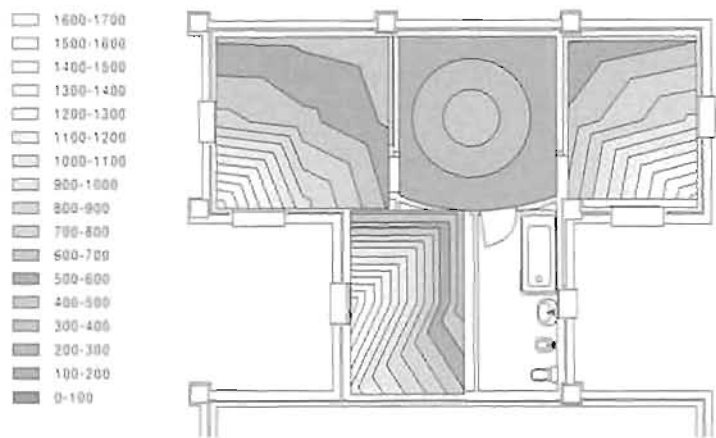
Las restantes dependencias de la vivienda se organizan en torno al núcleo del atrio, procurando en todo caso una orientación sur para las estancias principales a través de patios abiertos a fachada. Dado que la orientación del solar presenta alguna dificultad (eje alargado norte-sur), no siempre será posible una insolación óptima de las estancias en invierno, pero la simulación revela que al menos es suficiente para mantener las condiciones de confort, mientras que, en verano, la situación se ve muy mejorada gracias a estos patios.

Analizando ya los niveles de iluminación (ver figuras) en el mes de enero, encontramos que a las 8:00 horas los niveles van de 390 a 270 lux, mientras que si hubiéramos considerado cielo nublado o las ventanas estuviesen en posición contraria (norte), no se superarían los 75 lux (insuficiente).

Esto demuestra en primer lugar el problema que se deriva de la utilización de modelos irreales, pues si nos guiásemos por ellos, sería preciso cambiar el tamaño o la posición de las ventanas cuando en realidad se comportan adecuadamente. En segundo lugar, observamos cómo decisiones de diseño (colocación de ventanas sobre un mismo elemento), dan lugar a que en esa hora crítica sea o no necesario utilizar iluminación artificial, sin mencionar el consiguiente ahorro energético en



21 ENERO 12:00 HORAS



21 JULIO 12:00 HORAS

electricidad o calefacción. Por último comprobamos que en el caso norte, la iluminación es muy constante pero insuficiente y sin variedad.

A las 10:00 del mismo mes, con cielo despejado y sol, encontramos valores de 400 a 750 lux en el caso de orientación sur, pero en orientación norte o cielo nublado, estaríamos entre 120 y 160 lux, aplicándose los mismos comentarios que en el caso anterior.

A las 12:00, pasamos de 350 lux a un máximo de 1.400, mientras que en el caso opuesto, el máximo es de 200 lux (diferencia de 700%). Puede observarse cómo cuando hacemos intervenir soleamiento directo, las distribuciones luminosas giran por el tambor siguiendo la posición solar, y ello dará lugar a las especulaciones formales que a continuación mencionaremos.

Por la tarde, al depender fundamentalmente los resultados de la geometría solar, encontramos valores cuasi-simétricos respecto a las 12 horas (14h = 10h, 16h = 8h).

También por razones de geometría solar (tamaño de aperturas y voladizos), en los meses de verano, los niveles corresponderían fundamentalmente a la radiación difusa, con lo que serían más bajos y constantes (300 a 500 lux) y no tan distintos de los del caso norte, excepto a la salida y puesta del sol. Sin embargo, en verano sí interesa una mayor uniformidad en baja pues no son deseables las ganancias solares tanto para el confort térmico y visual, como para el ahorro de energía.

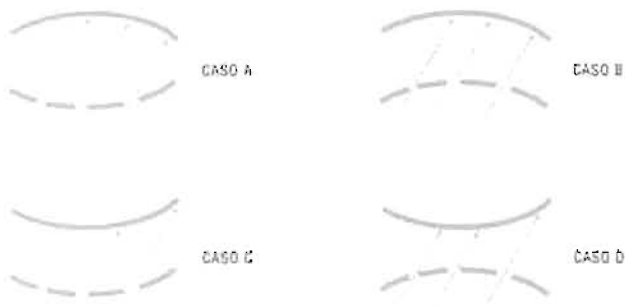
Se comprueba entonces como, contrariamente a la creencia arquitectónica convencional, la orientación sur adecuadamente controlada, provoca distribuciones de iluminación ricas y variadas, de contrastes moderados y susceptibles de producir ahorro energético, mientras que la norte, que económicamente y en horas de diseño cuesta lo mismo, es fuente de gasto de energía, sin cambios apreciables en la calidad ambiental del espacio, que se percibe como bastante monótono.

Pero es más, esta utilización consciente de la geometría solar, está creando tensiones espaciales en el proyecto de gran interés, hasta el punto de que ya algunos teóricos las habían destacado en la obra de los maestros de la arquitectura, sin que los conocimientos científicos hasta la fecha, permitieran su reproducción o imitación, más allá de la copia literal.

A este respecto, es notorio el comentario de R. Wittkower sobre Sant'Andrea al Quirinale de Bernini, en el que se destacan las virtudes de la luz para crear efectos arquitectónicos, así: "las capillas son oscuras y quedan de este modo totalmente aisladas del espacio central, brillantemente iluminado; el coro constituye también una entidad independiente no sólo por las columnas que lo separan del resto del edificio sino también porque está bañado en una luz intensa". De la misma manera, al separar, por ejemplo, el centro geométrico de un volumen, del centro de atención visual, mediante el empleo premeditado de la radiación solar, creemos estar avanzando en una vía de producción estética similar a la "transparencia fenomenológica" descrita por H. Fraker. Esta vía se está revelando, al día de hoy, como fructífera.

En el mismo sentido, el estudio de esta pequeña torre de iluminación nos permite dar respuesta a un interrogante largamente formulado en arquitectura ambiental: la controversia entre espacios cóncavos o convexos. En efecto, dado un espacio compuesto por una pared captadora y una pared reflectora de la energía antes captada, existen cuatro combinaciones de concavidad y convexidad, que por fin ahora podemos ordenar de más a menos en función de sus virtudes ambientales (ver figura).

En primer lugar estaría el caso A (plantas centralizadas), en el que la pared captadora es convexa y la receptora cóncava; tal como acabamos de analizar, éste sería el caso más favorable pues se captan todas las posiciones solares y todo lo que se recibe beneficia al espacio común por la concavidad mencionada; además, las distancias recorridas por las trayectorias solares son equiparables. Posteriormente está el caso B, la pared receptora y la captadora son ambas cóncavas (casa



RELACION ENTRE ESPACIOS CÓNCAVOS Y CONVEXOS

Jacobs II de Frank Lloyd Wright), es un poco menos favorable que el anterior porque la pared captadora arroja sombra sobre sí misma disminuyendo las ganancias, también las distancias recorridas por la trayectoria solar son algo más largas y puede que no alcancen al receptor.

En tercer lugar tenemos una estructura doblemente convexa (edificio de Consejerías en Triana de F. Sáenz de Oiza), es desfavorable porque lo que se capta no redundá en el espacio común que queda oculto por la curvatura; los recorridos de las trayectorias pueden ser excesivamente largos. Finalmente, el caso D (capilla de Ronchamp) con una pared captadora cóncava y la interior convexa es el más desfavorable pues acumula todos los inconvenientes antes enumerados.

Para S. Giedion, los espacios centralizados y cupulados eran un fenómeno típico de la segunda concepción del espacio en arquitectura, la de radiancia del espacio interior; el espacio

ensimismado sin relación con su entorno. Los espacios centrífugos propios del Movimiento Moderno alcanzaban para él una tercera fase, la radiancia interior-exterior que ejemplifica la escultura de Archipenko. Con la operación antes realizada podemos poner en tela de juicio el concepto de Giedion, pues algunos espacios geoméricamente centrales no lo son desde un punto de vista fenomenológico y además parecen estar íntimamente ligados con su medio.

Con toda esta discusión y la del ejemplo A, esperamos haber profundizado en el estudio de edificios de planta centralizada, aquellos que según Burckhardt revelaban "visiones de lo inalcanzable"; una vez más Wittkower aclara: "estos edificios son la medida de sí mismos; no tienen igual ni en Italia ni en el extranjero".

Queremos destacar, finalmente, el cuidado que ha exigido esta simulación debido al gran número de componentes en distinta orientación (7 ventanas más lucernario), la coexistencia de elementos circulares y cuadrados, y la diversidad de posiciones solares, todo lo cual hace imposible, en la actualidad, el análisis por otro procedimiento diferente. El principio de superposición que es una consecuencia más de la ley de proyección del ángulo sólido generalizada, se ha revelado de extraordinaria validez en esta ocasión. A pesar de todo, confiamos en que con la divulgación del método y la difusión de los resultados, este tipo de casos, por otra parte habituales en el diseño arquitectónico, se simplifiquen progresivamente.

José María Cabeza Lainez



# Criterios y datos básicos para el diseño de arquitectura bioclimática en Andalucía

Margarita de Luxán García de Diego

Flavio Celis D'Amico

Fernando Da Casa Martin

Ernesto Echeverría Valiente

Isidro de Villota Rocha

*Seminario de Arquitectura Integrada en su Medio Ambiente  
Universidad Politécnica de Madrid*



## Consideraciones preliminares

### Clima y arquitectura

En muchas ocasiones, la Arquitectura se ha desarrollado sin tener como uno de sus conceptos prioritarios la integración medioambiental; sin embargo, las condiciones del medio natural influyen básicamente en ella, y radica en la voluntad de la sociedad que debe habitarla y de los profesionales que la crean, la posibilidad de aprovechar, hacer caso omiso o destruir, las capacidades que este medio proporciona.

Podemos plantearnos la obra arquitectónica como algo que suma, a todas sus posibilidades intrínsecas, la de adecuarse y responder a un reconocimiento del medio en el que, lo desee o no, se encuentra inmersa. Un universo dinámico, de ciclos cerrados a la materia y abiertos a la energía. Un medio natural, sometido a un conjunto de procesos activos que lo van configurando constantemente.

Este conjunto de procesos naturales actúan sobre el hombre y sus cobijos, y de él depende que la relación sea de acuerdo o de enfrentamiento. En el primer caso se dará una arquitectura que aprovecha lo que le beneficia de las condiciones de la naturaleza y se protege de sus inclemencias, y en el segundo habrá que mantener una lucha constante para mantener en las arquitecturas unas condiciones de vida aceptables para el hombre, lucha que en definitiva se convertirá en aporte de energía externa al nuevo sistema creado.

La arquitectura ha de entenderse, por tanto, como un elemento modificador del sistema natural e interactuante con él, de modo que aunque puede incluso crear un nuevo sistema con funcionamiento propio, con procesos propios, como resulta en el caso de las grandes aglomeraciones urbanas, se entiende que en ningún caso es independiente del conjunto de las variables medioambientales.

Estas variables y, en general, factores de muy diversos órdenes, son los que intervienen en la relación de integración entre arquitectura y medio ambiente. En realidad existen tantos como parámetros del medio pueden intervenir en la actividad humana.

Básicamente el hombre, en su relación con el entorno necesita tres cosas: que el territorio tenga capacidad de acogida para él prestándole recursos para su subsistencia; que le proporcione una cierta seguridad, en cuanto a una perduración de los asentamientos, tanto frente a los procesos geológicos activos como ante los riesgos de catástrofes naturales; y que se puedan obtener las condiciones de temperatura-humedad necesarias para el mantenimiento de la vida humana.

La consecución de estos tres factores, puede hacerse aprovechando las cualidades que la naturaleza brinda, y es en ese caso cuando se hace una arquitectura integrada con ella, produciéndole un impacto mínimo que además conlleva un gasto también mínimo de recursos de otro orden.

Con estas premisas, para hacer una actuación de ocupación de un territorio para distintos usos humanos de un modo integrado con él, será necesario primero el estudio de todos los aspectos relativos al mismo: el de los recursos naturales de la zona en orden a primar las actividades para las que está más dotada, el del aprovechamiento de la capacidad del terreno en base al mejor planeamiento de distribución de las diversas actividades humanas, y el de los procesos naturales activos para considerar cuales de ellos pueden ser un impedimento para la actividad que pretende realizarse.

Verificar si los procesos naturales son asumibles y/o modificables, y cuando esa modificación va a traer consecuencias perturbadoras de las que pueda derivarse un riesgo, bien en la propia zona, bien en zonas adyacentes. Un ejemplo típico es la obstrucción de vaguadas por una carretera con insuficiente paso para las aguas, que puede convertirse en presas con embolsamientos periódicos de agua de consecuencias nefastas para la agricultura de la zona, cuando no destructoras de la propia carretera.

Así mismo de estos análisis se pueden derivar actitudes de prevención frente a procesos habituales que entrañan un determinado riesgo, como pueden ser los desprendimientos de rocas, el deslizamiento de terrenos, los fenómenos sísmicos, vol-

cánicos o meteorológicos, vientos huracanados, lluvias torrenciales etc., para bien situarse fuera de su campo de acción o bien procurarse las medidas técnicas necesarias para impedir o minimizar las consecuencias del proceso.

Por último, comprobar que se puedan crear en él las condiciones de temperatura-humedad necesarias para el mantenimiento de la vida humana. Cuando esto se hace a través de intercambios con la energía natural del medio en el que se va a enclavar el asentamiento, entramos en los planteamientos de la arquitectura bioclimática.

### La arquitectura bioclimática

El concepto de arquitectura bioclimática es complejo, y a pesar del hecho de ser una disciplina relativamente reciente en el campo de la arquitectura, su estudio en profundidad requiere de unos conocimientos que tienen un determinado tiempo de aprendizaje, derivado del gran número de materias que hay que conocer y relacionar para una correcta comprensión del fenómeno. La existencia de bibliografía especializada, así como de programas de simulación por ordenador muestra hasta que punto se trata de una disciplina desarrollada y con posibilidades objetivas de aplicación.

De las investigaciones en marcha y de las observaciones sobre las soluciones que van apareciendo, surgen recomendaciones generales, pero si hay algo claro en el campo de las respuestas medioambientales para la arquitectura, es su especificidad para cada caso, para cada lugar, para cada ambiente.

El principio esencial del bioclimatismo es, utilizando las palabras de Jean-Louis Izard, "construir con el clima", siendo este concepto indisoluble de la idea de lugar como circunstancia singular en la que se desarrolla la arquitectura y con la que ésta se relaciona.

Las capacidades del medio natural, las condiciones climáticas y las distintas posibilidades de aprovechamiento de las mismas, marcan soluciones particulares que habrá que estudiar en cada opción concreta.

Es por lo anterior por lo que no puede tenderse a la búsqueda de una estandarización de modelos, es decir, es contradictoria y no recomendable la búsqueda de prototipos que fueran aplicables en cualquier localización.

En la actualidad se está iniciando en el campo de la arquitectura una etapa de replanteamientos teóricos desde nuevos puntos de vista; de rediseños de elementos con la aceptación de nuevas prioridades medioambientales; de aparición de nuevos materiales, nuevas soluciones con distintos modos de producción y nuevas solicitaciones sociales.

Los edificios bioclimáticos o energéticamente conscientes, no son tanto el resultado de una aplicación de técnicas especiales, como del sostenimiento de una lógica, dirigida hacia la ade-

cuación y utilización positiva de las condiciones medioambientales y materiales, mantenida durante el proceso del proyecto y la obra, sin perder, en absoluto, ninguna del resto de las implicaciones: constructivas, funcionales, estéticas, etc., presentes en la reconocida como buena arquitectura.

La eco-lógica arquitectónica, debe extenderse a todo el desarrollo de propuesta y construcción de los edificios: ubicación, forma general, aprovechamiento de características climáticas estacionales, estudio de condiciones derivadas del entorno construido, elección de materiales según las necesidades de adaptación por zonas y orientaciones, diseño de elementos constructivos, costo energético de la fabricación de los materiales y sistemas técnicos y su transporte, etc.

El grado de integración de la arquitectura en su medio ambiente y el aprovechamiento de energías naturales con la edificación puede ser muy variado: desde edificios autónomos, con consumo absolutamente resuelto con energías renovables, aprovechamiento del agua de lluvia, imagen ligada al paisaje, materiales autóctonos, etc., hasta edificios con adecuaciones muy simples en cuanto a forma y elementos constructivos; en todo caso la adopción de medidas de mejora en este campo, hasta las que pudieran parecer mínimas, serán beneficiosas para el usuario y para el entorno.

Estos conceptos, aparentemente sencillos, han sido sin embargo obviados en gran parte de la producción arquitectónica del último siglo. El desarrollo de las tecnologías constructivas e industriales unido al abaratamiento de los costos de producción gracias a la estandarización, ha llevado a la creencia, aún demasiado poco discutida, de que la arquitectura, especialmente aquella más vinculada a la especulación comercial, puede ser un hecho aislado de su entorno, que es posible ejecutar una construcción en un emplazamiento independientemente de los problemas ambientales, pues éstos son corregibles mediante la utilización de las tecnologías energéticas habituales.

Planteamientos de estas características, avalados intelectualmente por una lectura superficial de vanguardias, están afortunadamente cediendo paso a una nueva sensibilidad en la que arquitectura y medio ambiente han de relacionarse de un modo muy estrecho para permitir tanto el aprovechamiento como la protección de las cualidades del lugar sin un disparatado gasto de recursos, y este modo de ver resulta cada vez más incorporado a las producciones, incluso de esas mismas Vanguardias, aunque a veces aún no se expresen de manera explícita, en las publicaciones culturales al uso.

La arquitectura energéticamente consciente, en contra de algunos prejuicios existentes, no obliga en absoluto a adoptar unas soluciones de diseño predeterminadas, ofreciendo, al contrario, nuevas vías abiertas y sugerentes a la imaginación e investigación formal.

La arquitectura bioclimática no debe entenderse como un fundamentalismo funcionalista, sino como un soporte del diseño

que debe adaptarse a las necesidades del individuo, muchas veces marcadas por factores extraños a la racionalidad ambiental. La flexibilidad del proyecto bioclimático reside, precisamente, en enriquecer situaciones no ideales, por muy difíciles que parezcan.

### Intenciones

Esta sección del libro ha sido concebida con el objetivo de ser una herramienta útil de aproximación para el arquitecto que esté interesado en las posibilidades de la arquitectura bioclimática dentro del ámbito de la Comunidad Andaluza. En este sentido hay que entender la presente publicación, advirtiendo que el conocimiento exhaustivo de la arquitectura bioclimática como disciplina y de todos los factores que en ella intervienen, excede ampliamente los límites de la misma, como no podía ser de otra manera en una materia que es objeto de cursos especializados, tiene una vasta bibliografía y se encuentra en constante investigación por equipos pluridisciplinarios.

Los planteamientos expuestos en el libro tienen dos acotaciones claras: por un lado la delimitación geográfica, que reduce su ámbito de aplicación a un contexto determinado, y por otro el nivel científico-técnico desarrollado, relativo al grado de intensidad con el que se encuentran tratados tanto los comentarios teóricos, la presentación de datos y las recomendaciones de actuación.

Estos criterios se han desarrollado pensando en las condiciones de Andalucía, y a ellas se refiere; no tiene, por lo tanto, comentarios o consejos para otros tipos de climas o situaciones que no existen en este territorio.

Lo cierto es que las características del medio natural y climáticas en Andalucía, se acercan en muchas localizaciones y en una buena parte del año a las condiciones de confort, como iremos comprobando a lo largo de este libro, por lo que las posibilidades de encontrar soluciones arquitectónicas con sistemas de adecuación sencillos y globalmente económicos son muchas y en ellas se incide preferentemente.

Dentro del ámbito geográfico al que se ciñen las exposiciones aquí contenidas, se ha optado por la presentación de los datos y del material que se ha considerado necesario para una correcta evaluación del mismo. En los límites de lo científicamente admisible, se han presentado aquellas informaciones, valores, relaciones y variables considerados imprescindibles.

Las exposiciones, datos y cuadros que en él se muestran son el resultado de un trabajo previo de elaboración para hacerlos más accesibles a un público no excesivamente familiarizado con la terminología y las variables empleadas. Así mismo se han intentado reducir lo más posible las fórmulas matemáticas que resuelven las relaciones entre variables, de modo que éstas se presenten de la manera más directa posible y permitan una aproximación fácil y suficiente.

Uno de los trabajos más complejos que ha supuesto parte de su redacción, ha sido analizar, reestructurar y "traducir" a nuestros condicionantes muchos datos y recomendaciones apropiados para otros climas, que aparecen en textos, sobre todo anglosajones, centroeuropeos y estadounidenses pero que aplicados tal y como aparecen en ellos resultarían contraproducentes en nuestro caso.

El nivel de las exposiciones teóricas que se muestran es el que se ha considerado necesario para un conocimiento básico suficiente de todos los factores que intervienen en la arquitectura bioclimática y que conviene conocer para poder disponer de criterios a la hora de evaluar situaciones específicas.

Al ser la arquitectura bioclimática una disciplina que liga una gran cantidad de factores a tener en cuenta, algunos cuantificables y otros de muy difícil estimación, se ha seguido en su exposición un doble propósito: utilizar una secuencia cronológica similar a la que se realizaría realmente en un análisis bioclimático, partiendo de lo general a lo particular, y por otro primar la asimilación de criterios frente a la mera cuantificación de parámetros.

En cuanto a este último aspecto, creemos que lo más interesante para el profesional es tener claros los factores que intervienen en el campo del análisis bioclimático, su repercusión y su posible respuesta desde la arquitectura. El dar una prolijo desarrollo teórico de complejas relaciones entre variables interdependientes excedería, complicaría y dificultaría el propósito de acercamiento básico que guía este libro.

En cualquier caso, quien esté interesado en ampliar en detalle aspectos de cálculo más complejos, puede remitirse a la bibliografía existente en este sentido, a los programas informáticos que se encuentran comercializados o a los institutos de investigación en energías renovables y arquitectura bioclimática que se encuentran trabajando sobre el tema.

La sección del libro tiene dos posibles lecturas, una lineal, en la que se van exponiendo secuencialmente todos los pasos necesarios y los conocimientos imprescindibles para poder iniciar al profesional en el desarrollo de un proyecto de arquitectura bioclimática, y otra lectura práctica, en la que cada cual podrá utilizar los datos expuestos y las recomendaciones de uso que más se adapten a cada circunstancia.

En el aspecto organizativo, este capítulo se estructura en apartados sucesivos que siguen la metodología operativa necesaria para proceder a la aplicación de criterios bioclimáticos en el diseño de arquitectura. Cada profesional deberá de evaluar, según sus propias condiciones de diseño, cuáles de los aspectos aquí recogidos le son más coincidentes.

Se inicia con una primera parte dedicada al análisis climático, pues sin éste no puede existir la arquitectura bioclimática. Este análisis se divide en cuatro apartados.

En el primer apartado se estudia el clima en relación a la influencia que ejerce según la extensión geográfica considera-

da, dividiéndose en clima regional, mesoclimas y microclimas, exponiendo las características propias de cada uno.

En el apartado segundo se trata de la relación entre clima y hombre. Esta relación se expresa mediante los diagramas bioclimáticos de Olgay y Givoni, que relacionan los parámetros bioclimáticos (temperatura, humedad, viento, y radiación) con la sensación de confort.

En el tercer apartado se trata detalladamente de los parámetros bioclimáticos que influyen en la sensación de confort. Tomando como variable dependiente la temperatura, se pasa a analizar el viento, la humedad y la radiación solar.

En el cuarto y último apartado de la primera parte se recogen los parámetros bioclimáticos en las áreas prioritarias de construcción en Andalucía. Dichos parámetros se presentan ya elaborados en las cartas bioclimáticas correspondientes de Olgay y Givoni, comentadas específicamente en cada zona para su aplicación a soluciones constructivas.

La segunda parte se encuentra dedicada a las estrategias de diseño que desde la arquitectura se pueden utilizar para procurar alcanzar la sensación de confort en las edificaciones cuando ésta no existe de modo natural.

En primer lugar se definen los valores de los parámetros bioclimáticos entre los que se sitúa la zona de confort, para después pasar a analizar como es posible su variación, cuando éstos no son aceptables, utilizando medidas correctoras desde la arquitectura.

Progresivamente se tratará de definir los sistemas utilizables para conseguir estas variaciones: calefacción por ganancias internas, calefacción por aprovechamiento pasivo de la energía solar, calefacción por aprovechamiento activo de la energía solar, humidificación, calefacción convencional, protección solar, refrigeración por alta masa térmica, enfriamiento por evaporación, refrigeración por alta masa térmica, aire acondicionado y deshumidificación convencional.

Se termina con tres apartados de gran importancia, relativos al aislamiento, a la transmisión de calor en muros y forjados y a las características de los vidrios.













Tras el desarrollo, el epílogo aporta unas conclusiones generales en las que se analizan las posibilidades de la arquitectura bioclimática en el marco de la Comunidad Andaluza.

Cierra el libro un anexo en el que se incluyen los mapas y datos climáticos de la Comunidad Andaluza en orden a facilitar la elaboración de los diagramas bioclimáticos de cualquier punto dentro de ella.

Esperamos que este trabajo resulte útil y sugerente, porque su vocación es la de ofrecer una visión de un campo lleno de opciones y cargado de creatividad y posibilidades para el progreso de la arquitectura.

**Código gráfico**

Para las ilustraciones de este libro se ha diseñado un código gráfico común a todas ellas que, con el fin de facilitar la lectura, se ha procurado sea muy simple y lo suficientemente expresivo de los distintos parámetros que intervienen en cada una de las situaciones descritas.

	Humedad
	Aire frío húmedo
	Aire caliente húmedo
	Corriente de aire
	Corriente fría
	Corriente cálida
	Masa de agua
	Lluvia
	Radiación directa
	Emisión de calor
	Sombra
	Contaminación y partículas en suspensión

## El análisis bioclimático. El clima

El acuerdo entre los términos del binomio arquitectura-naturaleza depende de que las relaciones entre las cualidades de una y otra sean las apropiadas y de que el diseño de la primera haya tenido en cuenta las propiedades de la segunda.

Si la arquitectura bioclimática es aquella que optimiza sus intercambios energéticos con su entorno, a través de su propio diseño, el acuerdo se conseguirá cuando el objeto arquitectónico haya sido estudiado de modo que, analizadas las condiciones del medio, aprovecha unas, modifica otras y se protege de unas terceras en orden a la obtención del confort humano.

Se dice que el hombre está en situación de confort térmico cuando se da el equilibrio entre las pérdidas y ganancias energéticas del cuerpo humano de modo que el gasto de energía para adaptarse al medio ambiente es mínimo.

Para la evaluación del efecto combinado de los valores ambientales sobre las respuestas fisiológicas y sensoriales del hombre, se han desarrollado diferentes índices térmicos. En la elaboración de estos índices térmicos se han usado distintos parámetros y combinaciones de ellos, pero de un modo general se puede decir que, de esas variables, hay unas que dependen del medio y otras del individuo.

Los parámetros que intervienen en la sensación térmica agradable, dependientes del medio básicamente son: temperatura, humedad o presión de vapor, la radiación y el movimiento del aire, que son factores climáticos.

Dependientes del individuo son los parámetros internos debidos a su metabolismo y aclimatación y los externos de actividad física y vestido.

Todas las escalas del quehacer arquitectónico tienen una componente bioclimática. Desde la ordenación urbana hasta la selección de los materiales pasando por el diseño de los espacios, pueden tener en cuenta las condiciones climáticas y desde la perspectiva del intercambio energético con el medio, modi-

ficar éste para crear mesoclimas y microclimas, en los que los valores de los parámetros bioclimáticos se aproximen o coincidan a los que producen para el hombre una sensación térmica agradable.

Lógicamente el planteamiento de un proyecto de arquitectura como bioclimático pasa por el estudio pormenorizado de los parámetros citados.

Resulta evidente la dificultad de obtener estos datos de un modo completo en cada lugar, tanto por el tiempo que sería necesario para realizar el trabajo, (un estudio fiable debe abarcar un espacio de tiempo de cincuenta años, o como mínimo de diez), como por el costo de los recursos materiales y humanos que ello supondría.

Esto no significa que estas condiciones sean imprevisibles. Las condiciones climáticas generadas por factores locales tienen unas características definidas: tienen lugar dentro de espacios geográficos determinados, son regulares y por tanto predecibles y son cíclicas estacional y diariamente.

Así, en el estudio de los parámetros bioclimáticos habrá que contar con las condiciones regionales del lugar, que normalmente pueden obtenerse a través de los datos climáticos dados por los observatorios meteorológicos corregidas según las características generales de la zona, las modificaciones de estas condiciones debidas a las cualidades del medio próximo y, por último, las variaciones puntuales debidas a las cualidades específicas del entorno inmediato.

En las páginas siguientes se va a hablar de los elementos que regulan los factores climáticos en cada una de las escalas:

- A nivel amplio, de ámbito de región natural, las condiciones climáticas generales.
- En la escala del ambiente próximo, con las condiciones particulares de la zona, el mesoclima.

- En los espacios inmediato e interior al objeto arquitectónico, el microclima.

Los términos que se señalan pueden ser mirados desde las dos perspectivas:

- Desde el punto de vista del conocimiento y diagnóstico del microclima existente para ver su influencia en las arquitecturas existentes.
- Desde las posibilidades proyectuales, utilizándolos como variables en el diseño para crear, cuando sea posible, nuevas condiciones microclimáticas.

El proyectista no puede influir de un modo directo en las condiciones generales y en las del medio próximo. Sólo en los casos de ordenación territorial de una determinada escala (Planes Comarcales, Planes Generales de Ordenación Urbana, etc.), podrá influir en el mesoclima, pero normalmente, si puede actuar el entorno inmediato y en las cualidades de la edificación propiamente dicha, y con ello las condiciones térmicas específicas de los espacios vivideros de la arquitectura.

## Clima regional

### DATOS CLIMÁTICOS GENERALES

Para llegar al conocimiento de las cualidades bioclimáticas de un determinado lugar hay que partir de los datos que pueden obtenerse y que corresponden normalmente a grandes áreas geográficas.

Básicamente hay tres elementos de fácil obtención que dan las condiciones bioclimáticas generales del lugar:

#### Datos de los observatorios

A través de los valores de temperatura, humedad, precipitaciones, vientos y radiación que se miden en los observatorios, se pueden obtener los valores de los parámetros bioclimáticos de la zona geográfica en la que se encuentra el lugar en estudio.

Los observatorios completos en los que se dan todos los datos antedichos son muy pocos. Normalmente los que se encuentran en las zonas próximas a la de estudio son incompletos y dan exclusivamente la ficha de temperaturas, pluviosidad y dirección de los vientos, las frecuencias de días calurosos y de helada y las de distintos meteoros: nieblas, nieves, vientos huracanados, lluvias torrenciales, etc. Hay que tener en cuenta que muchas veces, al hacer una arquitectura adecuada al clima, son más interesantes estas frecuencias de valores extremos que los valores medios de cada parámetro.

Otro factor a considerar sobre todo en las regiones áridas y semiáridas es el rocío. Su importancia viene dada porque impide la evaporación de agua del suelo, con lo que mejoran las condiciones de humedad.

En general en los registros climatológicos sólo se toma en consideración la presencia o ausencia de rocío y niebla, y se contabilizan las frecuencias; el número de días por mes en los que se da.

Estos datos vienen siempre influidos por los parámetros geográficos de latitud y altitud que se expresarán a continuación.

#### Latitud

Establece la relación entre el lugar y el sol. Influye directamente en la radiación solar tanto directa como difusa, y por lo tanto en las condiciones más generales del clima. En particular señala la posición del sol con respecto al punto de estudio a lo largo del tiempo y establece los ciclos anuales con las estaciones y los ciclos diarios con la variación día noche.

#### Altitud

Indica el volumen de atmósfera que han de atravesar los rayos solares. Influye directamente en la radiación y en las condiciones generales del clima. Al aumentar, la presión del aire disminuye, la radiación solar es más intensa al tener que atravesar una capa atmosférica menor y la radiación nocturna es también mayor. Ello da origen a oscilaciones diurnas de temperatura mayores que en los lugares de menor altitud, y por tanto a temperaturas medias más bajas.

### CORRECCIONES A LOS DATOS GENERALES

Normalmente la zona en la que hay que actuar se encuentra en el interior de una red de observatorios y no coincide exactamente con ninguno de ellos, por lo que será necesario inferir los valores de la zona a través de la ejecución de medias ponderadas de los distintos datos.

La interpolación de los datos de los distintos observatorios no puede ser lineal. Si se dispone de un mapa general de isolinias de los distintos factores climáticos, el valor podrá tomarse ana-

lizando los gradientes entre ellas, pero lo más normal es dar un coeficiente de ponderación a los valores de cada observatorio para deducir cada uno de los valores en la zona de estudio.

La ponderación de los datos se hace por comparación de las cualidades geográficas generales del área de estudio, en especial latitud y altitud, con la que corresponde a los distintos observatorios aumentando el valor de los que corresponden a zonas más parecidas o que no están separadas por accidentes geográficos representativos, y menor valor, aunque su distancia sea inferior, a los que cuentan con unas cualidades geográficas más dispares o cuenta con algún elemento que pueda dar significación distinta a los factores en estudio.

Una de las correcciones más frecuentes es la de la temperatura por la diferencia de altura del lugar. En general se admite un gradiente térmico de altura entre 0,4 y 0,8°C, con una media de 0,55°C cada 100m de altitud.

Básicamente las cualidades geográficas que intervienen en esta ponderación, además de las citadas anteriormente, son la forma del territorio y el grado de continentalidad.

### Forma general del territorio

La forma general del terreno, área llana, zona de montaña, depresión, etc, es una de las cualidades que modifica los valores climáticos produciendo una primera zonificación de los valores de temperatura, humedad, etc.

Otro accidente que suele separar dos zonas climáticas diferentes son las cordilleras. En ellas, se produce una fuerte asimetría con respecto al viento en cada una de sus vertientes. El viento, al no poder contornear el obstáculo horizontalmente, crea grandes diferencias entre las zonas de barlovento y sotavento, y en ocasiones, el aire puede quedar estancado, prácticamente inmóvil a sotavento.

Si el aire es húmedo o trae precipitación, también se pueden crear diferencias importantes entre las dos zonas. Los procesos hidrodinámicos se pueden complicar con los procesos de vaporización y condensación según sean los vientos fríos o cálidos.



EFECTO DE CORDILLERA

La asimetría de las situaciones se acusa más cuanto más alto sea el obstáculo interpuesto al viento.

Las precipitaciones son más frecuentes en los puntos más altos del relieve: el aire, al remontar una cordillera disminuye su temperatura, con lo que, junto al mecanismo hidrodinámico de frente-cordillera, origina precipitaciones prematuras que son la causa de sombras pluviométricas, es decir, áreas en las que normalmente no se dan precipitaciones porque las condiciones de la ladera contraria hacen que la condensación se produzca antes de llegar a ellas.

### Grado de continentalidad

El clima de un lugar se ve muy afectado por su mayor o menor proximidad al mar (grado de continentalidad), que debido a su carácter de regulador térmico estabiliza la temperatura, y como productor de vapor de agua que modifica el grado de humedad y la turbiedad del aire y como consecuencia de ello la cantidad de radiación directa y global.

La mayor o menor proximidad a grandes masas de agua crea también regímenes de vientos propios que alcanzan una mayor o menor profundidad tierra adentro dependiendo de la forma del terreno hacia el interior. De ello se hablará más detenidamente al analizar los mesoclimas, aunque en ocasiones el territorio al que afectan es muy considerable.

## Condiciones de la zona. Mesoclimas

Los valores de los parámetros atmosféricos obtenidos del estudio climático de nivel regional serán modificados por las características del entorno geográfico del lugar, que en muchos casos pueden crear mesoclimas propios con condiciones bastante separadas de las del sector general en el que se enclava.

Hay que hacer notar, como ya se ha indicado antes, que en las actuaciones arquitectónicas a nivel de ordenación territorial, en

la mayor parte de sus escalas, se puede prever la modificación de algunos de los factores geográficos, como la vegetación o la conservación de suelos, en orden a aproximar las cualidades mesoclimáticas a las de confort humano.

En este apartado se incluyen también los diferentes mesoclimas típicos de algunos conjuntos geográficos especiales, como valles, bosques, montañas, etc.

**FACTORES DETERMINANTES**

Los factores cuya influencia modifica las condiciones climáticas antes obtenidas son: la forma del terreno con sus peculiaridades topográficas, el tipo de superficie, la vegetación, la presencia de agua y la naturaleza del área y de sus alrededores.

**Forma del territorio**

El conjunto de formas que constituyen el área de estudio influyen en la distribución de la radiación y de las temperaturas de la zona, dejando unas zonas más cálidas y otras más frías; asimismo y dependiendo de su sistema de orientaciones con respecto a la dirección principal del viento, puede modificarlo en dirección, régimen e intensidad e incluso crear corrientes propias.

Con respecto a la radiación solar hay que tener en cuenta las formas geométricas del área en dos niveles: las orientaciones y valor de sus pendientes, que afectan al grado de insolación de las distintas superficies y por tanto a su temperatura creando gradientes térmicos entre lugares próximos.

En el cuadro siguiente (DULLO 1974), se dan los coeficientes de insolación, con respecto a la obtenida para el plano horizontal, correspondientes a los valores de pendiente y orientación de cada unidad de terreno. Estos valores pueden ser utilizados nivel de mesoclima y de microclima. En el primer caso se utilizarán las pendientes generales medias de la zona a estudiar. En el análisis microclimático, se usa a la escala de cada superficie en particular.

De otro lado, las distintas formas, dependiendo de su magnitud y orientación, pueden formar obstrucciones a los rayos solares dejando unas áreas en sombra y otras soleadas cuyas temperaturas serán distintas, señalando aún más los gradientes de temperaturas entre puntos muy próximos, en las que varían el número de horas de insolación. Es necesario tener en cuenta la variación estacional y diaria de la trayectoria solar pues de ella dependen algunos procesos zonales de tipo cíclico.

La diferencia de radiación en las distintas superficies de una misma área influye en la distribución de las temperaturas dentro de ella interviniendo en la formación de brisas. Las áreas sobrecalentadas crearán corrientes de aire de tipo ascendente,

**Coefficiente de insolación**

PENDIENTE %	ORIENTACIÓN								
	N	N.NO 0 N.NE	NO 0 NE	O.NO 0 E.NE	O 0 E	O.SO 0 E.SE	SO 0 SE	S.SO 0 S.SE	S
0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5	0.95	0.95	0.96	0.98	1.00	1.02	1.04	1.05	1.05
10	0.98	0.90	0.92	0.95	0.99	1.03	1.06	1.08	1.09
15	0.84	0.85	0.89	0.93	0.99	1.05	1.09	1.13	1.14
20	0.78	0.80	0.84	0.90	0.98	1.06	1.12	1.16	1.18
25	0.73	0.75	0.80	0.88	0.97	1.06	1.14	1.19	1.21
30	0.67	0.69	0.76	0.85	0.96	1.07	1.16	1.23	1.25
35	0.61	0.64	0.71	0.81	0.94	1.07	1.17	1.25	1.27
40	0.56	0.58	0.67	0.79	0.93	1.07	1.20	1.29	1.32
45	0.50	0.53	0.62	0.75	0.91	1.07	1.20	1.29	1.32
50	0.45	0.48	0.58	0.77	0.89	1.06	1.21	1.30	1.34
55	0.39	0.43	0.54	0.69	0.88	1.06	1.22	1.32	1.36
60	0.34	0.38	0.50	0.66	0.85	1.05	1.22	1.33	1.37
65	0.29	0.34	0.45	0.63	0.84	1.05	1.22	1.34	1.38
70	0.24	0.29	0.41	0.60	0.82	1.04	1.23	1.35	1.39
75	0.20	0.25	0.38	0.57	0.85	1.03	1.22	1.35	1.40
80	0.16	0.21	0.34	0.54	0.78	1.02	1.22	1.36	1.40
85	0.11	0.16	0.30	0.51	0.76	1.01	1.22	1.36	1.41
90	0.07	0.12	0.27	0.48	0.74	1.00	1.21	1.37	1.41
95	0.04	0.08	0.24	0.46	0.72	0.99	1.21	1.36	1.41
100	0.00	0.05	0.21	0.44	0.71	0.98	1.20	1.36	1.42

y los gradientes de temperatura provocarán brisas en el sentido de conseguir el equilibrio.

Las formas geográficas pueden variar las características de los vientos de modo que los vientos dominantes en el sector no coinciden en dirección e intensidad con los generales de la zona. Las características topográficas pueden crear áreas protegidas en las que la velocidad es prácticamente nula y otras sobre-expuestas en las que el valor de la velocidad del viento es superior a la de los datos ofrecidos por el observatorio meteorológico. Por ejemplo, la velocidad del viento en lo alto de una colina se acelera por compresión de las corrientes de aire.

Las condiciones generales de la zona influyen mucho en la velocidad del viento. La intensidad aumenta al disminuir las obstrucciones, incrementándose progresivamente desde los terrenos con protección, pasando por los espacios abiertos en los que las superficies rugosas como monte bajo o matorral disminuyen más la velocidad del viento que superficies más lisas como páramos, estepas o campos de cultivo, a las costas, llegando al mar abierto en que la intensidad no sufre variación.

Los distintos tipos de material de que están formados los terrenos son otro factor a tener en cuenta pues las distintas cualidades termofísicas, especialmente la capacidad calorífica y porcentaje de reflexión de los rayos solares (albedo), de unos y otros intervendrán en la distribución de las temperaturas superficiales y por tanto en los movimientos locales de aire.

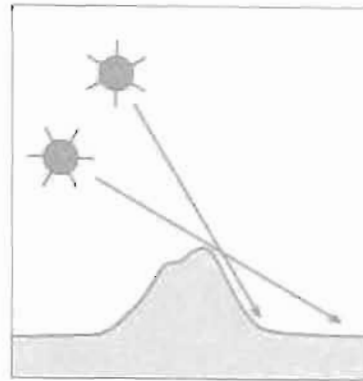
Hay que tener en cuenta en esta escala de mesoclima, y antes de pasar al estudio puntual, que en un terreno muy complejo, se puede dar un sistema de microclimas con muchas variaciones dentro de él.

Tipo de Cubierta	Albedo
Nieve	20-70
Dunas	30-60
Suelo arenoso	15-40
Praderas	12-30
Áreas urbanas (alta densidad de construcción)	15-25
Bosque de coníferas (verano)	13
Bosque caducifolio (verano)	18
Suelos de cultivo	7-10
Superficies de agua	3-10

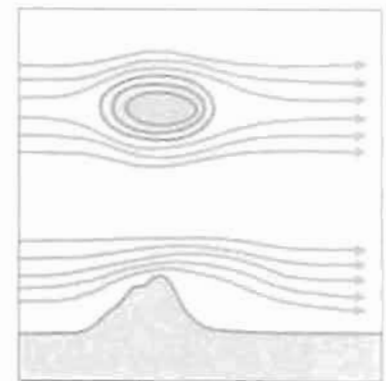
Niveles de albedo (Geigar, 1965) según el tipo de cubierta de la superficie del terreno. Los valores se expresan en tanto por ciento de radiación solar reflejada.

## Agua

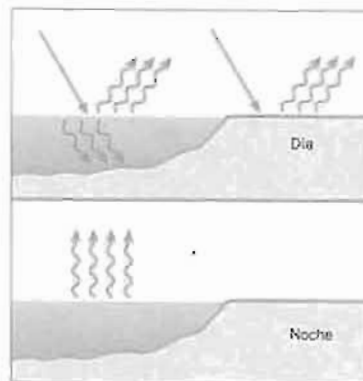
La presencia de agua, tanto superficial como subterránea, influye en las cualidades climáticas del área próxima. En general su acción es la de modificar las condiciones de humedad y las de temperatura.



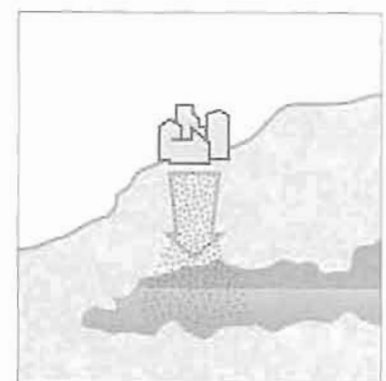
OBSTRUCCIONES SOLARES



ACCIÓN DEL VIENTO EN UNA COLINA



ACCIÓN REGULADOR TÉRMICO MASA AGUA



RIESGO DE CONTAMINACIÓN

## Aguas superficiales

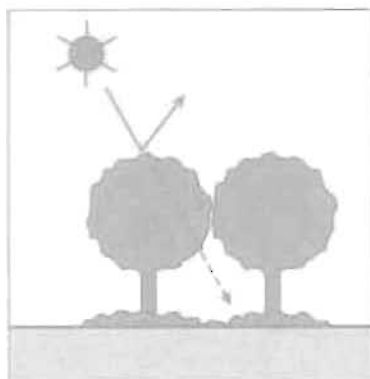
Las masas de agua, modifican las temperaturas medias de su área de influencia disminuyendo la oscilación diaria y anual de temperaturas, e incrementan la humedad relativa.

Lagos y estanques pueden fácilmente almacenar gran cantidad de calor con un aumento de temperatura muy bajo. En razón de que las masas de agua no se calientan mucho cuando están sometidos a radiación ni se enfrían demasiado durante la noche es por lo que actúan como reguladores térmicos. La temperatura superficial, bastante estable, influye en la temperatura del aire adyacente produciendo un enfriamiento durante el día y templándolo durante la noche.

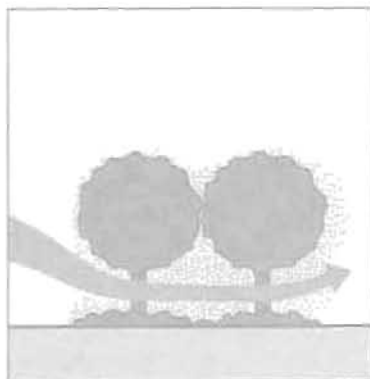
Los cursos de agua, por su carácter de aguas corrientes, tienen en general un efecto de enfriamiento sobre su zona de influencia incrementando a la vez el contenido de humedad.

## Aguas profundas

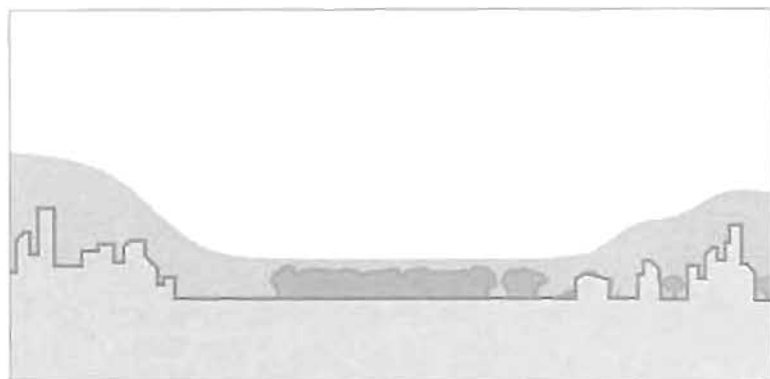
Los acuíferos subterráneos no producen en sí mismos alteraciones a las constantes climáticas. Su presencia, sin embargo, puede ser definitiva para la existencia de otros elementos, como la vegetación, que sí intervienen. En este sentido un aprovechamiento bien estudiado de estos acuíferos sí puede influir en las condiciones medioambientales de un terreno.



ABSORCIÓN SELECTIVA RADIACIÓN SOLAR



HUMECTACIÓN POR EVAPOTRANSPIRACIÓN



TURBIEDAD DEL AIRE EN ZONAS URBANAS

Muchas veces son también un factor determinante de la capacidad de un territorio para albergar determinados usos humanos, entre ellos el urbano.

Dentro de este factor es necesario tener en cuenta la vulnerabilidad, riesgo de contaminación, de los acuíferos, pues un mal proyecto de desarrollo de las actividades puede eliminar absolutamente la capacidad de acogida de la zona para los usos previstos.

### Vegetación

La vegetación es un elemento modificador del clima en todos sus aspectos y en todas las escalas. Desde las grandes selvas que intervienen en las cualidades atmosféricas a nivel global, a los bosques que crean meso y microclimas y a las pequeñas plantaciones que modifican puntualmente su entorno.

La capa vegetal interviene en la modificación de la temperatura de la zona por su condición de absorber la luz solar, por el efecto de sombra y por la humedad de su transpiración, que modifica la temperatura del aire, corrigiendo las temperaturas medias y la oscilación máximas-mínimas.

Las áreas cubiertas de hierba y matorral bajo son ejemplos de zonas cubiertas de vegetación donde la temperatura de la superficie es enfriada por la evaporación del agua transpirada

a través de las hojas. Como las superficies de las hojas no se calientan mucho por el sol, este proceso reduce la temperatura del aire sobre la vegetación a lo largo del día.

La evapotranspiración, es el conjunto de pérdidas de agua en forma de vapor por la superficie del suelo (evaporación) y por la vegetación (transpiración), está influenciado por factores que dependen del tipo de suelo, de las condiciones climáticas y del tipo de vegetación, (hay periodos en que las plantas necesitan mucha agua mientras en otros son poco sensibles a ella).

La humedad relativa del aire queda modificada por el fenómeno de evapotranspiración, además de por la fijación de humedad que producen las plantas en sí mismas.

Dependiendo del tipo de cubierta vegetal, los vientos se modifican en cuanto a su intensidad y en función de su densidad y altura pueden convertirse en obstáculos que en determinadas zonas cambien además su dirección.

Por otra parte, la vegetación cambia los contenidos del aire fijando el polvo, enriqueciendo su contenido en oxígeno y reduciendo la cantidad de anhídrido carbónico.

La vegetación es uno de los elementos importantes a ser integrados en el diseño bioclimático, aprovechando sus efectos generales, sus posibilidades por especies (tamaño, contenido en agua, captación de radiación, tipo de sombra) y sus distintos comportamientos estacionales (caduca o perenne, cambio de color, etc.)

### Obstrucciones por turbiedad del aire

El estado de la atmósfera en cuanto a su limpieza es un factor importante con respecto a las condiciones de radiación en una determinada área.

Siendo un factor que se puede dar en muchos tipos de mesoclima, se ha decidido incluirlo en las cualidades mesoclimáticas del entorno próximo.

La turbiedad consiste en la acumulación en el aire de partículas en suspensión, como gotas de vapor o de polvo, que parcialmente absorben o reflejan la radiación solar que penetra a través de la atmósfera.

Generalmente, y en situaciones geográficas con poca densidad de actividad humana, es mayor la acumulación de dichas partículas en verano que en invierno, debido tanto a la escasez de precipitaciones que limpien la atmósfera como a la cantidad de partículas de vapor de agua levantadas por evaporación.

### MESOCлимAS ESPECÍFICOS CREADOS POR CONDICIONES GEOGRÁFICAS ESPECIALES

Como se ha indicado antes, las características del entorno próximo al proyecto pueden variar de tal modo las condiciones climáticas, que se creen mesoclimas cuyas características se encuentran muy separadas de las del clima general obtenido en los observatorios.

En la mayor parte de las ocasiones estas transformaciones climáticas son consecuencia de determinadas configuraciones geográficas que forman un sistema.

La extensión de estos sistemas es muy variable y puede desde ocupar áreas muy considerables de carácter regional, a ser pequeños accidentes dentro de un territorio.

Las variaciones climáticas debidas a los sistemas muy extensos como grandes valles y grandes bosques estarán incluidas normalmente en los datos climáticos que se recogen de la red de observatorios. Sin embargo, en sistemas de relativamente poca extensión habrá que contar con ello, porque los datos de los observatorios no los contemplan salvo que estén situados en ese punto preciso, y habrá que hacer las modificaciones pertinentes a los datos en función de las condiciones del lugar en que se enclavan.

Se comentan aquí algunos, considerando la escala de entorno próximo, usando el término de mesoclima para ellos y se deja el término microclima para las transformaciones que se producen en el entorno más inmediato, tanto si se trata de acondicionar un área de regular extensión, como se hizo en la EXPO de Sevilla, como cuando se trata de una edificación o una intervención urbana a nivel de barrio.

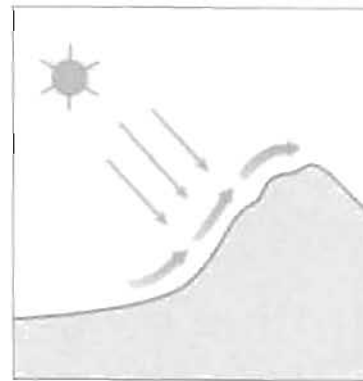
Caso particular se produce en las áreas urbanas de un cierto tamaño en las que se crean mesoclimas especiales dependiendo de la densidad y altura de la edificación, de la proporción de zonas verdes y su distribución, pudiendo incluso tener zonificaciones internas en las que las variaciones de los parámetros climáticos son importantes.

#### Mesoclima de montaña

Las condiciones climáticas de las áreas montañosas son significativamente diferentes de las de los vecinos terrenos planos. La radiación y la dirección de los vientos dependen de la topografía y por ello, cada vertiente tendrá distintas características.

En una montaña aislada se aprecian procesos de calentamiento y enfriamiento más rápidos que en una planicie. Las oscilaciones de temperatura en la cima de una montaña son mayores que en el llano.

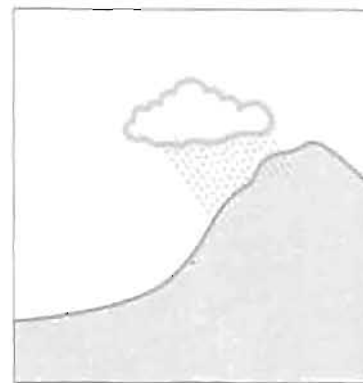
En las laderas de las montañas, dependiendo de su orientación, el sol puede incrementar la temperatura y las superficies recalentadas generan una corriente de aire superficial ascen-



ACCIÓN VIENTO Y LLUVIA EN MONTAÑA. DÍA



ACCIÓN VIENTO Y LLUVIA EN MONTAÑA. NOCHE



ACCIÓN VIENTO Y LLUVIA EN MONTAÑA. MAYOR FRECUENCIA DE PRECIPITACIONES

dente por la ladera durante el día. Por la noche, cuando las superficies se enfrían el gradiente de temperatura decrece y finalmente se invierte y el aire circula en dirección contraria, es decir, descendente.

El viento, en su interacción con el relieve ejerce una influencia notable. Al incidir sobre una montaña, el viento se desvía vertical y horizontalmente. Las presiones son mayores en la zona de barlovento que en la de sotavento apareciendo aquí incluso depresiones. Las mayores velocidades se alcanzan en la cumbre y las menores en las zonas más bajas a sotavento.

Las lluvias son más frecuentes en las zonas de montaña. Este efecto se produce porque al ascender el viento va a zonas de menor presión atmosférica con lo que se produce un enfriamiento por expansión, con lo que el agua atmosférica se condensa.

Las vertientes expuestas al viento son más susceptibles de experimentar lluvia que las que se encuentran a sotavento.

#### Mesoclima de valle

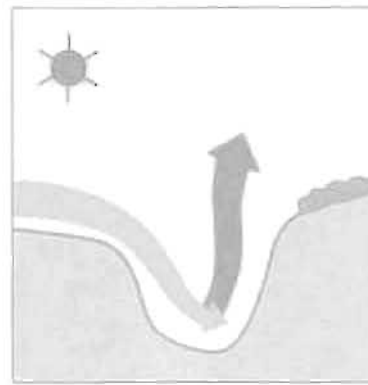
Debido a los gradientes de temperatura que se producen en las ladera, el aire tiene movimientos de ascenso (diurno) y descenso (nocturno) en laderas de colinas o valles. A estos efectos, se añade el movimiento longitudinal en el fondo del mismo debi-



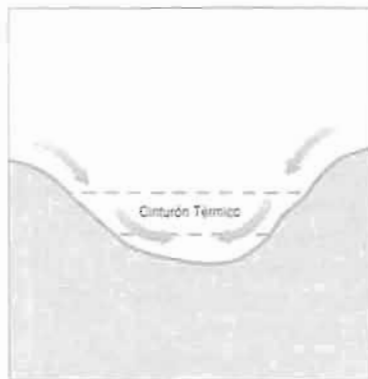
CIRCULACIÓN DE BRISAS EN VALLES. DÍA



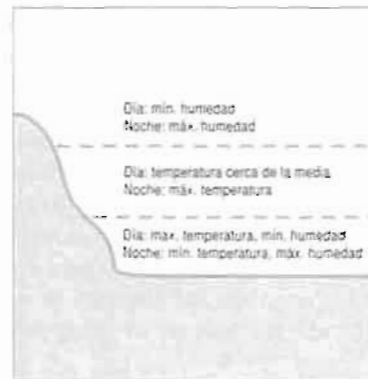
CIRCULACIÓN DE BRISAS EN VALLES. NOCHE



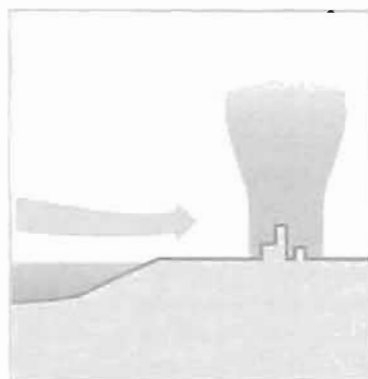
CORRIENTES DE AIRE EN VALLES E-O



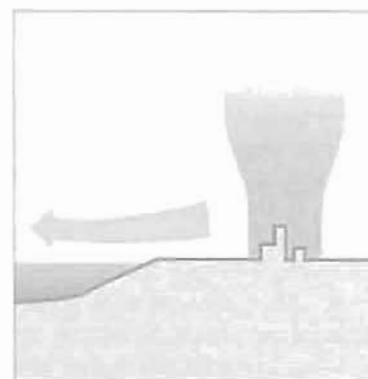
ZONA TÉRMICA EN VALLES



ZONA TÉRMICA EN VALLES



ACCIÓN TÉRMICA MASAS DE AGUA. DÍA



ACCIÓN TÉRMICA MASAS DE AGUA. NOCHE

do a los efectos de compresión-descompresión producidos por los desplazamientos laterales.

Estos movimientos pueden verse incrementados o disminuidos por la posición del valle con respecto a los vientos dominantes. Una situación paralela a los mismos aumentará el efecto de corriente longitudinal en el fondo del mismo, una posición perpendicular disminuirá dicho efecto y dará más protección a las zonas inferiores del valle.

Una particularidad de los movimientos del aire en los valles viene determinada por el embalsamiento nocturno del aire frío en el fondo del mismo, mientras que en la zona alta se concentra la mayor carga de humedad, acumulada durante el día. Como consecuencia se deriva que en un valle la mejor sensación de confort se establece en las zonas intermedias de ladera, denominadas cinturones térmicos, en donde por el día y debido a la radiación incidente se encuentran temperaturas cercanas a la media y por la noche, las máximas temperaturas.

La orientación con respecto al sol confiere al valle características distintas. En los orientados E-O, las laderas solana y umbría tendrán gran diferencia de radiación, con temperaturas muy distintas y corrientes de aire desde la primera a la segunda.

Por eso en los climas con mayores problemas de calor, los pueblos suelen colocarse en las zonas de umbría, y en los fríos en la solana.

### Mesoclimas por proximidad a masas de agua

La influencia general del mar en zonas costeras, grado de continentalidad, ha quedado señalada anteriormente y, normalmente, su influencia se refleja en los datos de los observatorios próximos a la zona de trabajo.

Ahora bien, dentro de una franja relativamente estrecha a lo largo de la costa, el mar tiene un efecto modificador en la variación diaria de temperaturas.

En los días claros de invierno, por ejemplo, la temperatura del aire en la costa es más alta que la del interior, mientras que en verano es más fresca y más húmeda.

La ausencia de obstáculos como árboles o edificios y la baja fricción sobre la superficie del mar, causa vientos mar adentro mucho más fuertes que los del interior. En un tiempo moderadamente soleado, la tierra está más caliente que el mar, lo que puede hacer que exista una brisa marina que fluye desde el mar a la tierra. Este efecto es mayor por la tarde y puede ser un significativo rasgo en las áreas costeras. La dirección del viento tiende a hacerse contraria durante la noche. Este efecto es más notorio en las épocas de primavera y verano.

Existe además un gradiente de temperatura dirigido perpendicularmente hacia el mar, que se extiende a una franja relativamente estrecha y que varía de sentido al pasar del día a la noche.

Un efecto semejante se produce en las cercanías de otras zonas limítrofes con masas de agua, como lagos. Los cambios de densidad del aire producidos por calentamientos y enfriamientos en su contacto con el terreno crean corrientes de aire que cambian su dirección alternativamente según haya o no radiación solar.

En estos movimientos es importante también el efecto de refrigeración que se produce por el enfriamiento del aire debido a la evaporación de agua. La masa de aire seco en contacto con una superficie de agua pierde calor por evaporación mientras se satura de vapor de agua. La temperatura final de la mezcla (temperatura de saturación adiabática), con el aire saturado, es inferior a la temperatura inicial.

### Mesoclima de bosque

En un bosque pequeño las distintas características climáticas sufren las siguientes modificaciones:

- El bosque tiende a formar su propio sistema de circulación de aire, desempeñando el papel de islote frío, que obliga a las corrientes de aire a desviarse y a sobrevolarlo.
- En su interior, la humedad relativa es grande debido a la transpiración continua y a la dificultad de transporte hacia el exterior.
- Se crea, de día, un segundo suelo efectivo, formado por la unión de las copas de los árboles en contacto.
- Entre los dos suelos disminuye la temperatura media diurna y la oscilación diurna.

Es decir, el bosque posee un clima más templado y húmedo que el que existe en el área que le rodea.

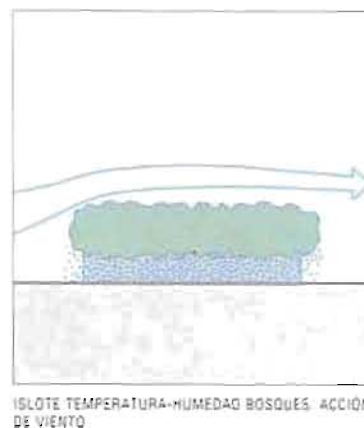
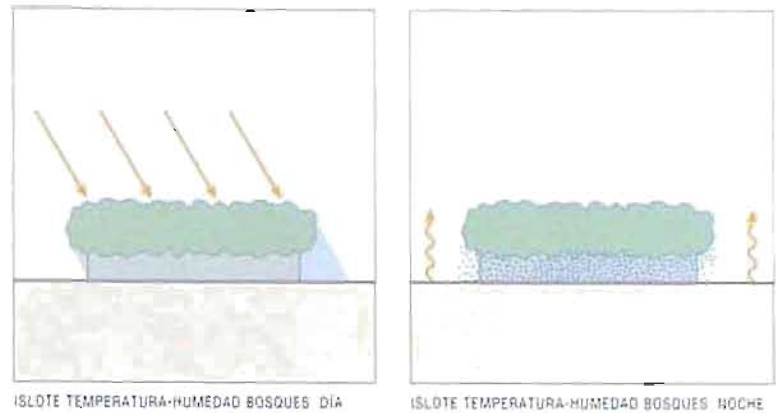
También se produce una modificación de la luz que penetra en el bosque. Los bosques de coníferas debilitan fuertemente la luz solar, pero no la modifican cualitativamente. Los de frondosas, además de debilitarla, realizan una gran absorción selectiva.

### Núcleos urbanos

El clima de las ciudades constituye un ejemplo de mesoclima artificial. El clima urbano está modificado fundamentalmente en características como la temperatura, la velocidad del viento, la contaminación del aire y la visibilidad.

Uno de los condicionantes más influyentes a este nivel es la situación de la arquitectura en proyecto, según sea más o menos dispersa o bien se encuentre formando parte de núcleos urbanos y la extensión de los mismos.

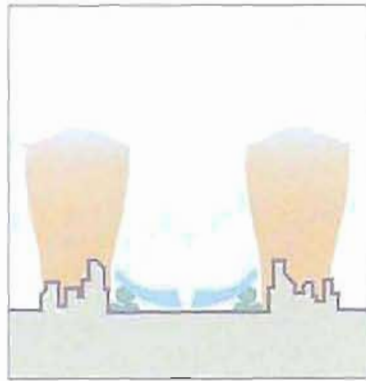
Los grandes núcleos urbanos crean verdaderos microclimas independientes de su entorno. Los factores más importantes a tener en cuenta son los siguientes:



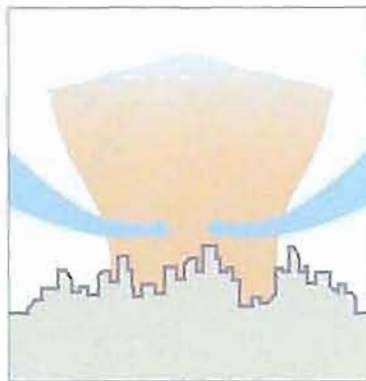
- La rugosidad del conjunto, que disminuye la convección natural del suelo.
- La disminución del albedo medio de las superficies, que conduce a fuertes calentamientos bajo el sol.
- La emisión de contaminantes, que aumentan la concentración de partículas sólidas en suspensión y modifican la transparencia de la atmósfera produciendo efecto invernadero.
- Las emisiones de calor debidas a la circulación de vehículos y a los sistemas de calefacción en invierno y refrigeración en verano.
- La reducción del porcentaje de cubierta vegetal y la impermeabilización de los suelos que alteran los procesos hidricos, modifican su balance y privan a la ciudad de un factor natural de enfriamiento por consumo de calor latente.
- La complejidad en la determinación de la dirección y velocidad del viento y por tanto de los flujos y corrientes de aire en el interior de la ciudad. Esta característica es consecuencia de las turbulencias que se generan en el interior de las urbes a causa de los múltiples fenómenos físicos debidos a las formas y disposiciones relativas de los edificios que actúan como sistema de barreras.



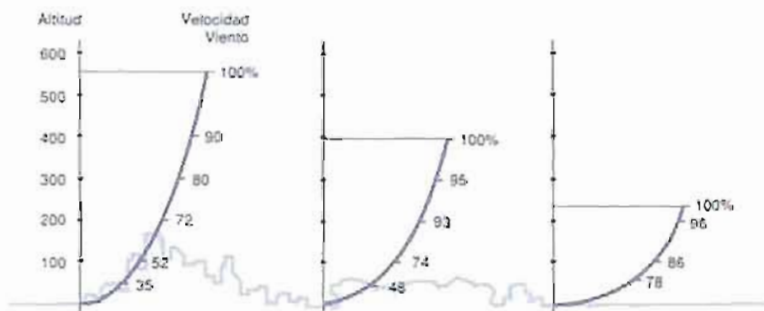
CIRCULACIÓN DE AIRE EN NÚCLEOS URBANOS



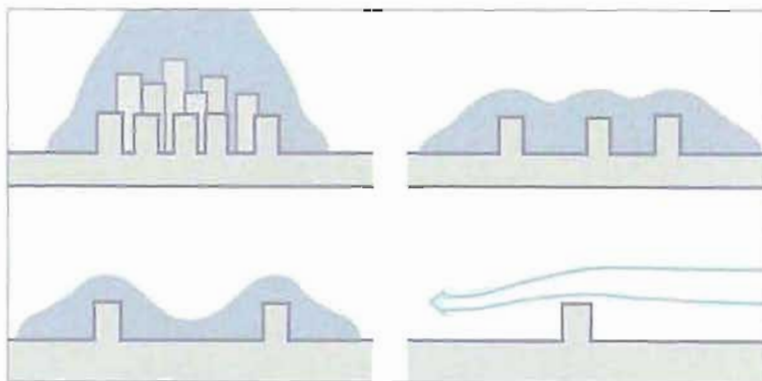
CIRCULACIÓN DE AIRE EN NÚCLEOS URBANOS



CIRCULACIÓN DE AIRE EN NÚCLEOS URBANOS



INFLUENCIA DE LA TEXTURA DE LAS SUPERFICIES EN LA DISTRIBUCIÓN DE LOS VIENTOS



INFLUENCIA DE LA DENSIDAD DE LA EDIFICACIÓN EN LAS CONDICIONES AMBIENTALES

Elemento	Comparación con medios rurales
<b>Contaminantes:</b>	
Núcleos de condensación y partículas	10 veces más
Gases	5 a 25 veces más
<b>Nubosidad cubierta</b>	
Nubosidad cubierta	5 a 10 % más
Niebla (invierno)	100% más
Niebla (verano)	30 % más
<b>Precipitación total</b>	
Precipitación total	5 a 10 % más
Días con menos de 5 mm	10 % más
Días con nieve	14 % menos
<b>Humedad relativa</b>	
Invierno	2 % menos
Verano	8 % menos
<b>Radiación</b>	
Global	15 a 20 % menos
Ultravioleta (invierno)	30% menos
Ultravioleta (verano)	5 % menos
Horas de sol	5 a 15 % menos

<b>Temperatura</b>	
Media anual	0,5 a 1º C más
Mínima invernal (media)	1 a 2º C más
<b>Velocidad del viento</b>	
Media anual	20 a 30 % menos
Ráfagas extremas	10 a 20 % menos
Calmas	5 a 20 % más

(LANDSBERG 1970)

En general todos estos factores contribuyen a elevar de forma sensible la temperatura media y a disminuir la oscilación diaria de temperaturas máxima y mínima en las grandes aglomeraciones en todas las estaciones, lo cual puede conducir a situaciones insostenibles en los meses de verano.

Movimientos de aire particulares son los que se crean en los núcleos urbanos. A la producción artificial de calor generada por la actividad humana se une la inercia térmica de los materiales de construcción. La diferencia de temperaturas con el entorno produce desplazamiento de aire hacia el interior de los núcleos urbanos desde las periferias en un movimiento de circulación por convección.

Este mismo fenómeno ocurre en menor escala también en el interior de las ciudades, entre los espacios urbanizados y los parques o zonas verdes, por lo que dependiendo de la extensión y distribución de éstas puede haber en la propia ciudad microclimas distintos bastante diferenciados entre ellos.

Condicionantes particulares de todos estos desplazamiento de masas de aire son tanto el tipo de superficie sobre el que se produce el rozamiento como la cantidad y naturaleza de los obstáculos (efecto barrera) que se encuentran a su paso.

En las ciudades, la polución producida por agentes contaminantes como escapes automovilísticos o sistemas de calefacción por combustión aumenta la turbiedad del aire, de modo que disminuye la radiación directa, si bien aumenta la indirecta, como puede apreciarse en los días nublados.

De la unión entre los problemas derivados de la polución atmosférica y de la acumulación de partículas en suspensión en la época estival se deduce que las peores condiciones de limpieza de aire se pueden producir en las ciudades y en los meses de verano.

La suciedad del aire, aparte de las medidas que se deban de adoptar para la disminución de la polución producida por el hombre, puede ser reducida por la presencia de vegetación.

Las partículas en suspensión quedan atrapadas en su follaje hasta que su acumulación las hace caer al suelo por su propio peso. Por ello es importante la creación y conservación de espacios verdes en el interior de los núcleos urbanos.

El nivel de partículas sólidas puede ser reducido por la presencia de árboles. El aire en el centro de un espacio verde urbano con plantación de árboles es más puro que el aire cerca del perímetro.

Estas influencias son mayores cuanto la densidad y amplitud de la urbe es mayor. La estabilidad térmica del conjunto va aumentando con la concentración urbana, mientras que la ventilación, la iluminación y la posibilidad de intercambios energéticos disminuye. En el caso de concentraciones urbanas de un cierto tamaño, se crean mesoclimas específicos dentro de la zona cuyas condiciones son bastante distintas de las de los campos circundantes, de los que se habla más adelante.

Cuando no se poseen datos directos, se pueden establecer comparaciones con el clima de zonas rurales que rodean al núcleo urbano.

En el cuadro anterior se presentan los promedios de los cambios que la urbanización impone en las distintas características del clima respecto de las áreas rurales próximas.

## Condiciones del entorno inmediato. Microclima

Dentro de cualquiera de los mesoclimas citados puede haber distintos puntos en los que las condiciones sean diferentes. Un ejemplo de ello se ve en el mesoclima de valle, en el que la distribución de las temperaturas y vientos crea zonas diferenciadas perfectamente definidas. Dentro de cada uno de los mesoclimas existentes, si su forma es muy compleja, habrá áreas más o menos expuestas a los factores climáticos que crearán dentro del sistema zonas con cualidades distintas, pudiendo darse dentro del mesoclima un serie de microclimas diferenciados.

En las actuaciones arquitectónicas puntuales, será necesario descender hasta el nivel de microclima del entorno más inmediato para poder adaptar las condiciones del medio a las de confort humano. Una cuestión importante es que, en muchos casos, las condiciones de ese microclima pueden ser variadas por el proyectista creando espacios de cualidades intermedias que atemperan las condiciones mesoclimáticas del lugar, creando microclimas propios.

Del mismo modo que en el estudio mesoclimático las variables geográficas modificaban el clima, aquí, la fisonomía propia del punto establecerá una nueva variación.

### Condiciones topográficas

Hay tres elementos importantes en el estudio de las condiciones topográficas del lugar: La topografía propia, la posición relativa del punto de actuación con respecto a las colindantes y las obstrucciones materiales debidas a las formas del terreno.

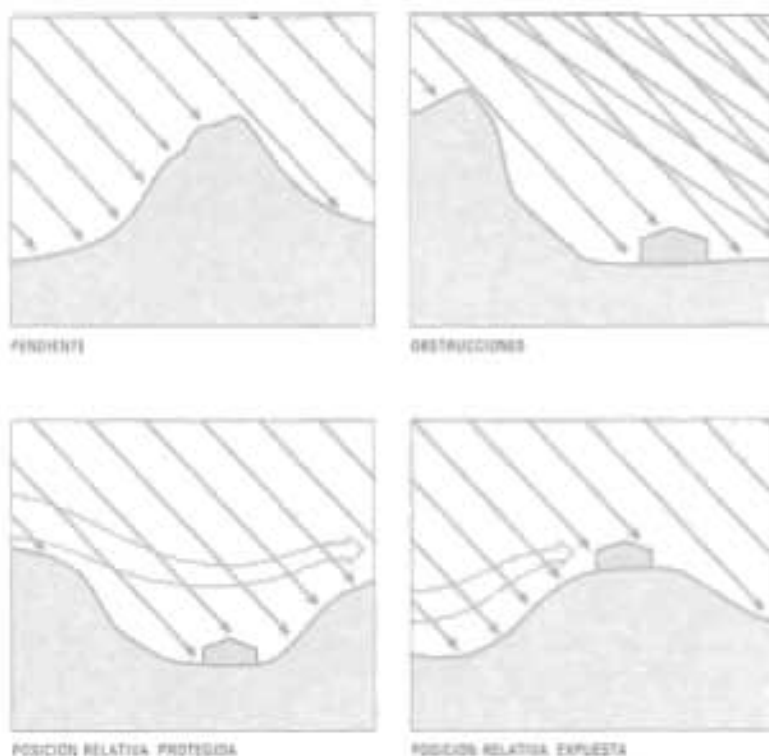
#### Pendiente

Del mismo modo que se vio en el apartado del entorno, la pendiente, en su valor y orientación influyen directamente en la cantidad de radiación que puede recibir.

La pendiente interviene en otros factores no bioclimáticos pero sí muy importantes, como son la estabilidad, (dependiente también del tipo de suelo) y la accesibilidad. La orientación de la pendiente será también importante en cuanto a los vientos, según se encuentre a barlovento o sotavento de los vientos principales en el lugar.

#### Posición relativa

La posición relativa con respecto a las formas adyacentes le dará su condición de protegida o expuesta con respecto a



los agentes atmosféricos. Normalmente se puede decir que cuanto más expuesta esté una edificación, tendrá oscilaciones térmicas más acentuadas y temperaturas ligeramente más frías, y mayores posibilidades de ventilación e iluminación.

**Obstrucciones**

Las magnitudes relativas de determinados accidentes geográficos muy próximos y en las orientaciones precisas, pueden suponer obstáculos para la radiación y/o la ventilación. Lógicamente habrá que hacer el estudio pormenorizado de las obstrucciones solares contando con las trayectorias diaria y estacional del sol para conocer en cada una de ellas cual es el número de horas de soleamiento con que cuenta el punto.

**Agua**

La proximidad al agua es un factor de enorme importancia. Como siempre ocurre su presencia modifica las condiciones de humedad del aire y por medio de procesos de evaporación absorbe calor enfriando el ambiente.

Por otra parte, el alto valor del calor específico del agua la convierte en un elemento estabilizador de la temperatura disminuyendo la oscilación de la misma.

La presencia de agua superficial es siempre definitiva para el binomio temperatura-humedad del que básicamente depende el bienestar humano.

**Tipo de terreno**

El tipo de terreno de los alrededores del proyecto arquitectónico y su respuesta energética tienen gran influencia en las posibilidades de obtención de confort dentro del espacio arquitectónico proyectado.

Afecta por un lado a la reflexión de los rayos solares (albedo) y por tanto a la radiación incidente sobre el edificio, por otro su capacidad de recoger agua y devolverla lentamente influye en la humedad ambiental, y de un modo indirecto, influye en el tipo de vegetación que se encuentra o puede ser plantada en las proximidades.

Dependiendo de su relación con el edificio puede afectar en mayor o menor grado a la inercia térmica del mismo y con ello a la respuesta interior a las oscilaciones y valores de la temperatura exterior.

El siguiente cuadro de valores de influencia del suelo está tomado del libro 'Clima, Lugar y Arquitectura': (Ciemat 1989)

- a) Terrenos silíceos: Albedo medio bajo y menor incidencia en la radiación, humedad baja y alta inercia térmica en el contacto edificio-terreno.
- b) Terrenos calcáreos: Albedo alto y mayor incidencia en la radiación; humedad baja e inercia térmica menor en el contacto del edificio con el terreno.
- c) Terrenos arcillosos: Albedo medio o bajo y menor incidencia en la radiación, humedad alta con variaciones e inercia térmica relativamente elevada en el contacto edificio-terreno.
- d) Terreno de areniscas: Albedo alto y mayor incidencia en la radiación, humedad baja e inercia térmica media en el contacto edificio-terreno.
- e) Terrenos volcánicos: Albedo bajo y poca incidencia en la radiación, humedad baja dependiendo del substrato, inercia térmica alta en el contacto edificio-terreno si su densidad es elevada.

Hormigón, ladrillos, grava, empedrados y otros materiales con una alta inercia térmica, cuando se encuentran colocados sobre un substrato de terreno son todos ellos ejemplo de cubierta seca. La subida de temperatura de esas superficies depende de su color. El calor es almacenado durante el día y re-emitido por la noche. Esta emisión de calor radiante puede ser muy notoria en condiciones de calma que a menudo ocurren en verano.

**Vegetación**

Como ya se ha dicho, la vegetación es un elemento que interviene en los factores climáticos a todas las escalas.

La vegetación modifica la radiación solar, tanto directa formando pantallas, como la global por absorción de parte del espectro de la luz solar. En este sentido, las coníferas debilitan fuertemente la luz solar pero no la modifican cualitativamente. Las frondosas, además de debilitarla realizan una gran absorción selectiva.

Por otra parte, si las especies son de hoja caduca será estacional, y en invierno no ejercerá ningún efecto sobre la radiación.

Dependiendo del tipo de vegetación, densidad y disposición con respecto a las direcciones de los vientos, puede formar pantallas de diferente permeabilidad.

La evapotranspiración de las plantas, especialmente de las frondosas, aumenta la humedad relativa del aire y disminuye la temperatura.

Su efecto a pequeña escala, puede crear diferencias de temperaturas entre dos zonas próximas creando ligeras corrientes de aire que tenderán a equilibrarla.

El edificio, cuando está rodeado de vegetación, es más estable energéticamente, en general algo más frío y húmedo y más protegido del viento.

### Construcciones

Hay que considerar los tipos de construcciones, según el emplazamiento del proyecto.

Si está en zona de baja densidad, las construcciones próximas pueden hacer el efecto de pantalla tanto a la radiación solar como al viento. Como influencia general, el edificio de proyecto tendrá un menor aporte energético externo, menor luminosidad y disminuirá a su vez las posibilidades de ventilación.

Cuando el proyecto a realizar se encuentre en un entorno urbano de una cierta densidad, además de las consideraciones señaladas en el apartado de mesoclima urbano, habrá que tener en cuenta las condiciones próximas.

La densidad de la zona, interviene en los intercambios energéticos entre la edificación y el ambiente, de modo que a mayor densidad disminuyen las posibilidades de intercambio. La tem-

peratura será normalmente más estable disminuyendo la oscilación de la misma, y dificultando la ventilación.

Del mismo modo que en el estudio a nivel de clima se ve que interviene la posición relativa de la edificación respecto a los accidentes geográficos, dentro de la ciudad, la posición y altura relativa con respecto a los edificios colindantes podrá favorecer o disminuir las posibilidades de aporte energético y ventilación. En casos de mayor altura relativa del edificio, se favorecerán los citados efectos.

La dirección de la trama urbana es otro factor a tener en cuenta, pues interviene en las posibilidades de radiación y ventilación del edificio considerado.

Las alineaciones de dirección coincidente con los vientos dominantes producirán mayor exposición del edificio al viento, bajarán las temperaturas en invierno y disminuirán el grado de humedad.

Con respecto a la radiación, las alineaciones E-O, facilitan una mayor radiación en la fachada sur, mejoran la radiación indirecta y disminuyen la directa en la fachada norte, y en general pueden obtenerse en el interior del espacio arquitectónico mayores temperaturas en invierno y menores en verano.

Las alineaciones N-S, dan fachadas a este y oeste. Proporcionan mayor insolación en verano y menor en invierno con lo que las temperaturas en verano serán más altas y las de invierno más bajas, y darán mayor variabilidad de las mismas.

La continuidad de la trama es otro aspecto a tener en cuenta. El viento tendrá menor turbulencia y una mejor canalización, con lo que las edificaciones tendrán una mayor exposición a este meteoro.

Aspecto de la mayor importancia es la sección de la calle en la que se encuentra el proyecto, pues a mayor proporción altura/anchura van disminuyendo las posibilidades de intercambio energético, tanto de captación solar como de iluminación y disminuyen las posibilidades de ventilación. El edificio tendrá menor temperatura interior, mayor humedad y peor ventilación.

Otro factor a considerar es la existencia de zonas verdes próximas, que como ya se ha visto crean islotes dentro del ambiente de la ciudad en los que las condiciones climáticas son más favorables.

## El análisis climático. Resumen

### CLIMA REGIONAL

#### Datos climáticos generales:

#### Datos de observatorios los próximos. Clima general

Los valores climáticos de la zona, los regímenes de, temperatura, humedad, viento, precipitaciones y radiación son los valores básicos de los que partir para el conocimiento de las condiciones del lugar desde el punto de vista bioclimático.

#### Latitud

Influye directamente en la radiación tanto en la radiación solar directa como en la radiación global.

#### Altitud

Influye directamente en la radiación tanto en la radiación solar directa como en la global.

#### Correcciones a los datos de los observatorios:

Los valores climáticos de la zona en general se obtienen de los datos de observatorio matizándolos según las características geográficas de la zona.

#### Forma general del territorio

Influye en la distribución dentro de una zona de los valores climáticos. En particular regula la distribución de temperaturas, la distribución de lluvia, la humedad, la frecuencia, dirección e intensidad de los vientos.

#### Grado de continentalidad

Modifica las condiciones de temperatura, tanto de temperaturas medias como de oscilación diaria y anual de las mismas.

Varía las condiciones de humedad.

Puede crear regímenes de viento propios.

### CONDICIONES DE LA ZONA. MESOCLIMA

Las condiciones del entorno de la zona de trabajo modifican los valores de las variables climáticas.

### Factores determinantes

#### Forma del territorio

Su influencia es tal que puede llegar a crear mesoclimas dentro de una zona climática general, como ocurre en los valles.

En general influye en la distribución de las temperaturas dentro de la zona, modifica el régimen de los vientos en dirección e intensidad, pudiendo en algunos casos crear corrientes propias.

La pendiente general en valor y orientación, condiciona la cantidad de radiación de la zona específica, en la dirección y velocidad del viento, y para ambos parámetros señala sombras debidas a las obstrucciones.

El tipo de material del suelo interviene por el albedo en la temperatura sol-aire de la zona.

#### Agua

Las aguas superficiales modifican las temperaturas medias de su área de influencia y disminuyen la oscilación de diaria y anual de temperaturas, e incrementan la humedad en el área.

Las aguas profundas es conveniente tenerlas en cuenta, tanto por las condiciones de capacidad de absorción de ciertos usos, como por los riesgos de contaminación a que pueda llevar un mal proyecto de desarrollo de las actividades.

#### Vegetación

Interviene en la modificación de la temperatura de la zona, tanto por efectos de sombra y absorción de los rayos solares como por enfriamiento adiabático, corrigiendo las temperaturas medias y la oscilación máxima-mínima.

La humedad de la zona queda modificada por el fenómeno de evapotranspiración, además de por la fijación de humedad que producen las plantas en sí mismas.

Dependiendo del tipo de cubierta vegetal, los vientos se modifican en cuanto a su intensidad y en función de densidad y altura pueden convertirse en obstáculos que en determinadas zonas cambien además su dirección.

#### Construcciones

Crean mesoclimas distintos dependiendo de su densidad, en general, se crean influencias debido a la disminución de albedo, la emisión de contaminantes, la emisión de calor, la rugosidad del conjunto, que interviene en la temperatura, la radiación, la dirección y velocidad del viento.

---

## CONDICIONES DEL ENTORNO INMEDIATO. MICROCLIMA

A nivel de entorno inmediato las características generales del terreno influyen en la creación del microclima en el que se va a enclavar la actuación arquitectónica.

### Condiciones topográficas

La topografía en general, y particularmente la pendiente en valor y orientación influirán en la cantidad de radiación y viento.

La pendiente influirá también en la estabilidad de las construcciones y en la accesibilidad a la mismas.

La altura relativa con respecto a los accidentes más próximos interviene en la exposición a los agentes atmosféricos.

Los accidentes del terreno próximos a la edificación pueden formar también obstrucciones, sea a la radiación, al viento o a ambos.

### Agua

Las aguas superficiales modifican las temperaturas (medias y oscilación), el grado de humedad y pueden establecer brisas.

Con respecto a las aguas profundas hay que tener en cuenta los riesgos de contaminación.

### Vegetación

Modifica la humedad, y puede actuar sobre la cantidad de radiación y el régimen de viento por formación de pantallas. Pantallas que pueden ser fijas o estacionales.

### Construcciones

Las construcciones aisladas próximas pueden formar pantallas fijas a la radiación y al viento.

Dentro de los núcleos urbanos, la densidad, altura relativa, dirección de la trama, continuidad de la trama, y la sección de las calles influyen en estabilidad térmica, las posibilidades de intercambio energético y las posibilidades de iluminación y ventilación.



## El análisis bioclimático. El hombre: 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 suben o bajan 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, 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 psicrométricos, relación de temperatura-humedad, 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 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".

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 es la correspondiente a Andalucía, válida en regiones templadas (latitud 40°, altitud 300m), en condiciones de exterior. Si se quiere utilizar esta carta en otras regiones de menor latitud habrá que elevar el perímetro inferior de la zona de confort 0,5°C por cada disminución en 4° de latitud, subiendo proporcionalmente el perímetro superior hasta un máximo de 30°C.

En esta carta se representa el clima anual de una zona conociendo las condiciones de temperatura y humedad. Suelen utilizarse las condiciones medias de temperatura y humedad mensuales, aunque se obtiene una mejor imagen si se utilizan, como se ha hecho en este libro, las medias de máximas y mínimas de los días medios de cada mes, pues señalan las oscilaciones diarias de temperatura y humedad 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 temperatura que se dan en cada momento y su desviación con respecto a la zona de bienestar.

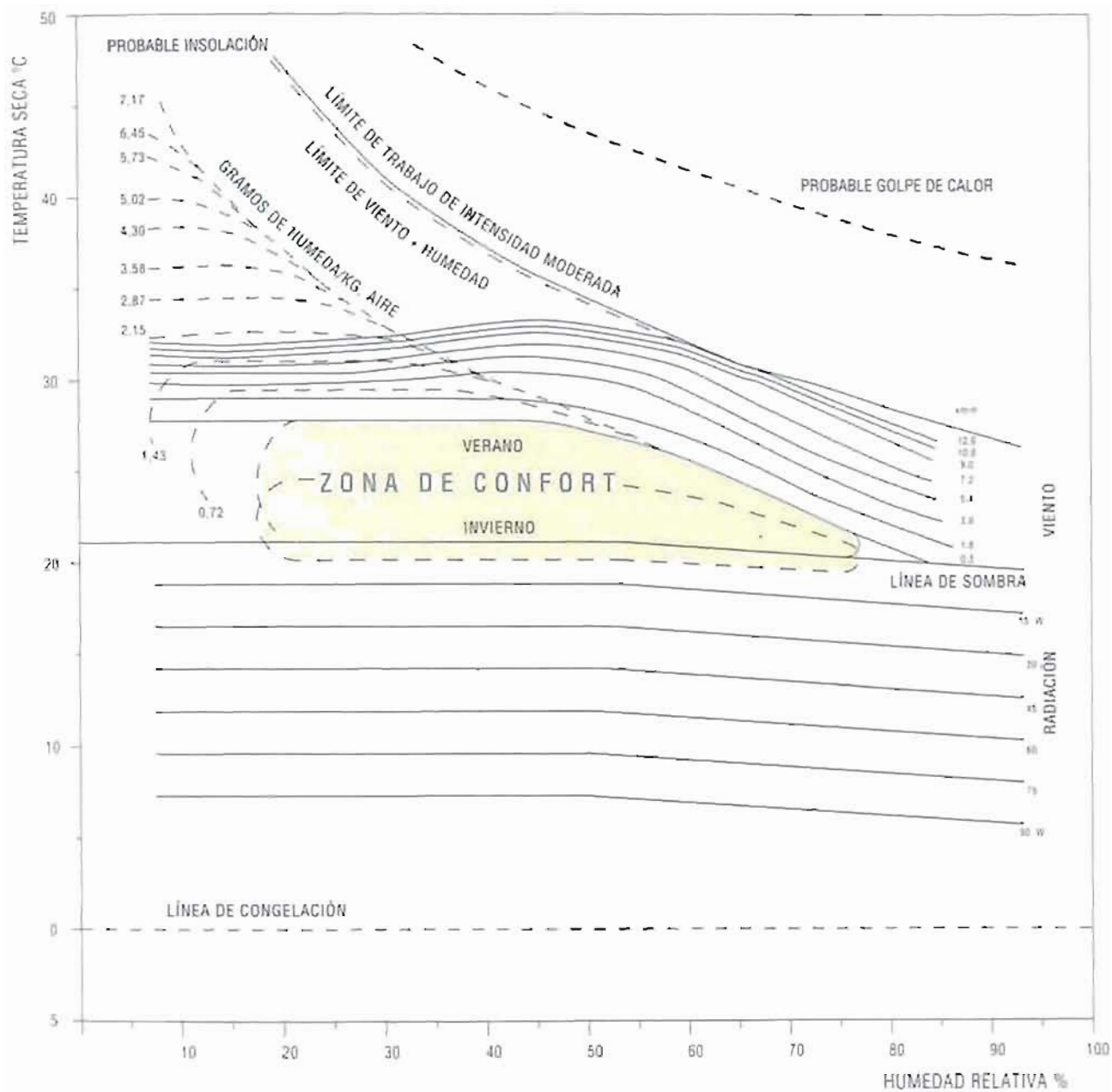
El límite inferior de la zona de confort, 21°C, establece una separación por encima de la cual es necesaria la utilización de la protección solar y por debajo de la cual se necesita radiación. La zona de bienestar asciende con el movimiento del aire y desciende por radiación solar.

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.

En caso contrario, 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.

Esta carta 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.

El diagrama es útil en cuanto a las condiciones en el exterior, pues en sus medidas correctoras no se tienen en cuenta los efectos de la edificación. 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.



## 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 secas.

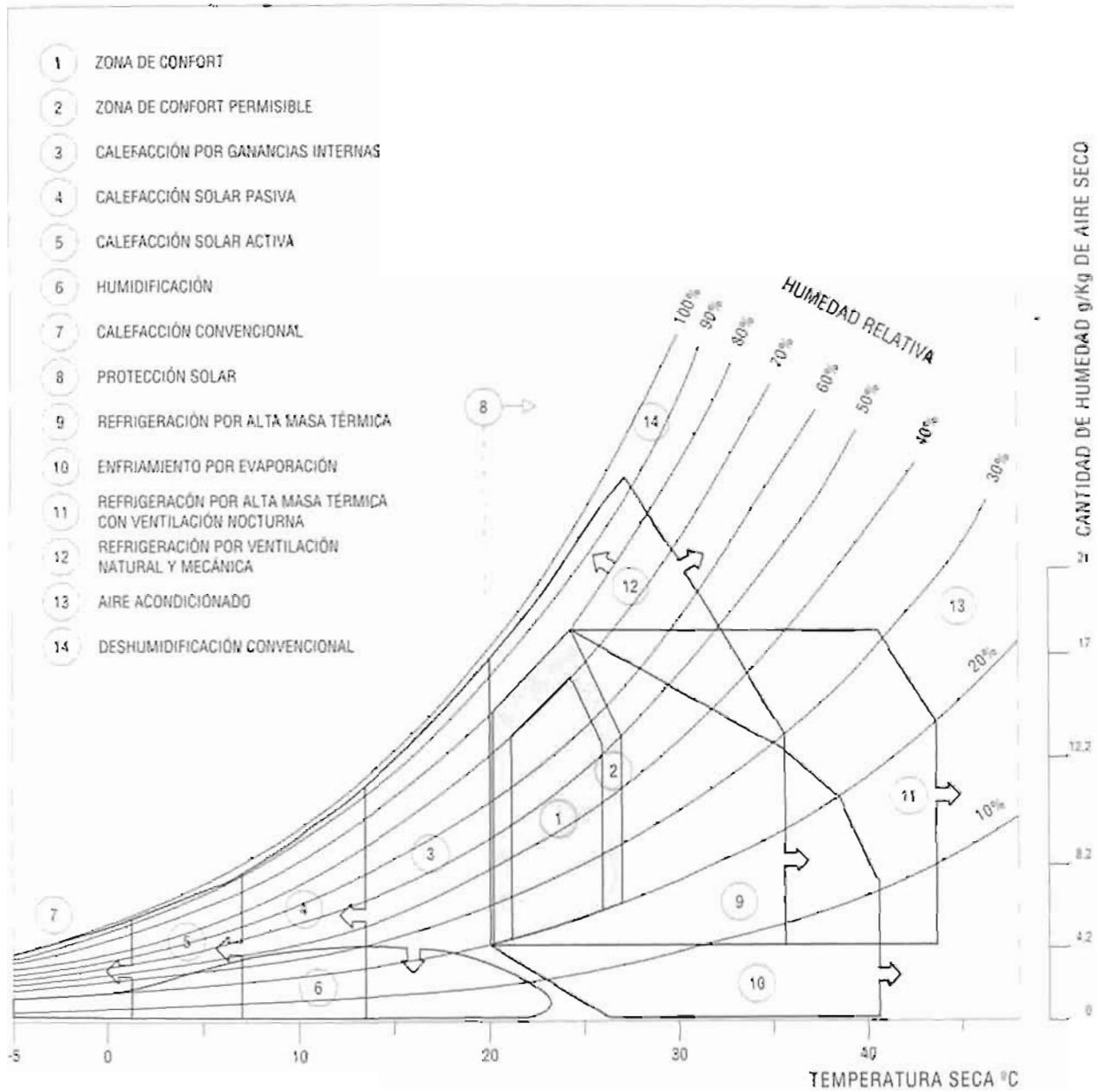
Este método tiene en cuenta las características de la construcción como modificadoras de las condiciones del clima exterior, y en sus recomendaciones habla del bienestar en el interior de las edificaciones.

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.

La representación del clima anual puede hacerse con las condiciones medias de cada mes, o mejor, de un modo más comple-

to, con las condiciones de los días medios de cada mes, en la que además de los valores medios queda representada la oscilación diaria de los parámetros temperatura-humedad, dato muy importante para el diseño de las cualidades termofísicas del edificio. Esta última opción ha sido la que se ha seguido en la confección de los diagramas que aparecen en este trabajo.

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 zona 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.





## El análisis bioclimáticos. 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 diagramas bioclimáticos como estos parámetros influyen en el bienestar humano, será el caso de 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 dichos parámetros, su incidencia y relación con el edificio; será sobre ellos y sobre los factores que los modifican sobre 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 pueden 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 Comarcales. 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.

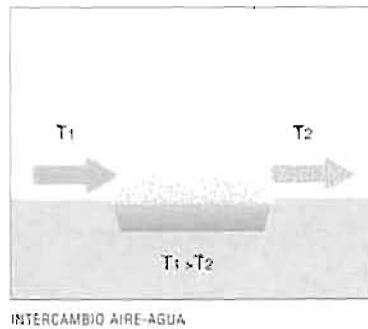
Antes de entrar en el análisis de las soluciones necesarias para alterar las variables climáticas, será interesante estudiar los parámetros climáticos, sus características y de que modo influyen las condiciones del entorno construido en su regulación.

### La 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 Kg. de aire.

Como puede verse en el diagrama de Olgyay, si la temperatura se mantiene entre los 20°C y 25°C, se puede disfrutar de sensación de confort dentro de unos límites muy amplios de humedad relativa (entre el 20% y el 80%).



Con temperaturas por debajo de los 20°C las variaciones de la humedad relativa no son altamente significativas en la sensación de confort.

Mucho más 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 con el contenido de humedad:

- Si la humedad relativa es inferior al 40% habrá que aumentarla o ventilar.
- Si es superior a ese valor habrá que 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 600Kcal., 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.

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 o en proximidad de ríos caudalosos (especialmente en los fondos de valle) y en presencia de masas vegetales.

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 ceden el agua 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.

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 de 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.

## El viento

### Características del viento

El viento es uno de los factores climáticos de más difícil previsión, puesto que 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 matizarse 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 cuales son los efectos del viento 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 el siguiente cuadro de 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:

$$V > 15 \text{ m/s (54 Km/h)}$$

Además, hay que tener en cuenta la frecuencia de "inconfort", es decir, al porcentaje de tiempo en el que se sobrepasan esos valores, que en función de la actividad desarrollada viene definido por el siguiente cuadro:

Actividades	Frecuencia de inconfort (% anual)
Situación inmóvil prolongada, terraza al aire libre, espectáculos al aire libre, piscinas, etc...	< 5 %
Situación inmóvil corta, jardín público, calle comercial, galería, juegos al aire libre, etc...	< 10 %
Marcha normal, paseo peatonal, entrada a edificio, etc...	< 15 %
Marcha rápida, aparcamientos, paseo de avenidas, etc...	< 20 %

#### 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 al aumento de la temperatura, de modo que con humedades del 90% solo se pueden suavizar eficazmente temperaturas del orden de los 28°C.

La velocidad del viento (siempre dentro de los valores antes descritos 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 entre los 30°C y los 35°C.

Como ya se ha dicho, 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 este 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:

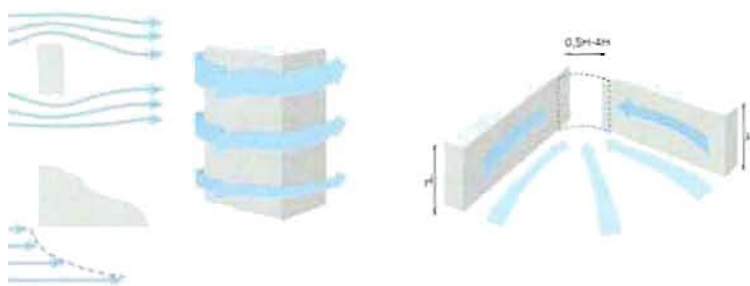
- Altitud
- Rugosidad
- Obstrucciones naturales y artificiales

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



EFEECTO DE VIENTO SOBRE UN VOLUMEN PRISMÁTICO. CARAS CON SOBRE Y BAJO PRESIÓN



EFEECTO DE ESQUINA

EFEECTO VENTURI

velocidad, dirección y frecuencia. En Andalucía se pueden hallar estos parámetros consultando en los observatorios meteorológicos locales más próximos al emplazamiento, aunque no siempre es posible.

En este libro aparecen en el anexo correspondiente los valores relativos a los observatorios meteorológicos de Andalucía publicados por el Instituto Nacional de Meteorología.

### Variaciones en los flujos de aire

Los flujos de viento pueden sufrir modificaciones sustanciales no solo 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.

### 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.

#### 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.

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.

#### 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.

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.

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

#### 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).

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.

### 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.

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.

### 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.

### 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.

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.

### Obstrucciones al viento

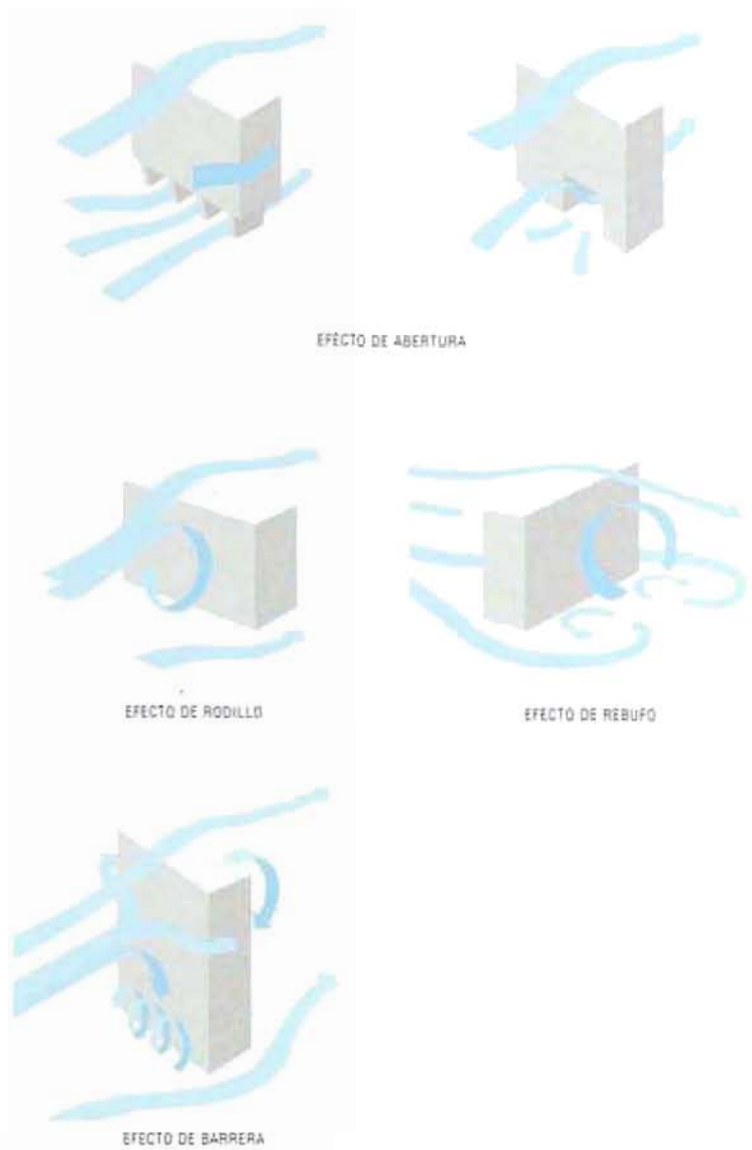
La mayor parte de las obstrucciones al viento responden al principio del efecto barrera. Los elementos que conforman barreras de viento, voluntaria o involuntariamente, son según su constitución material de dos tipos, vegetales o artificiales.

#### 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 ser realizadas por el hombre.

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

Durante las épocas de caída de hoja desaparece este efecto de barrera, aunque esto se pueda amortiguar en parte con plan-

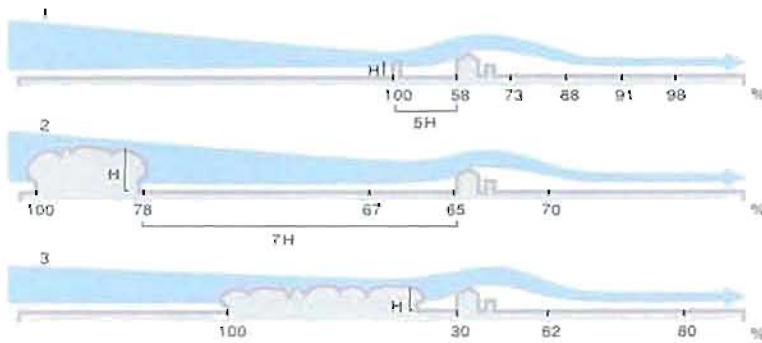


taciones de mayor densidad. Una de las ventajas de las plantaciones de hoja caduca es la capacidad de dejar paso a la radiación solar en las épocas de caída de hoja, y el efecto barrera sobre esta misma radiación en las épocas de floración.

La eficacia del efecto de abrigo (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.

#### Barreras artificiales

Como barreras artificiales se entienden las que son realizadas 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.



EFFECTOS DE LAS OBSTRUCCIONES

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.

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 altitud 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 en la base de los edificios elevados, especialmente cuando estos se encuentran situados en avenidas largas.

### 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 1: Barrera formada por un muro de construcción.

Dibujo 2: Barrera formada por árboles de gran tamaño.

Dibujo 3: Barrera formada por seto denso.

#### 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.

### 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 a 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 mantienen 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 Olgyay 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.

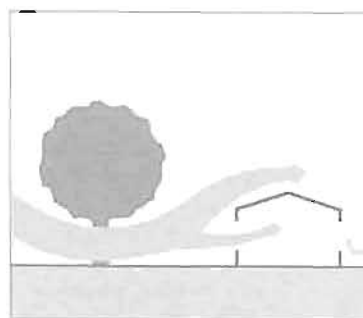
En el segundo caso se puede favorecer una ventilación más fuerte bajo el edificio si éste se eleva sobre pilotes, o si se colocan grandes perforaciones en planta baja. La aceleración producida debe ser suficiente para permitir una diferencia de presiones entre ambas caras de la edificación.

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 ya descrito proceso 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.

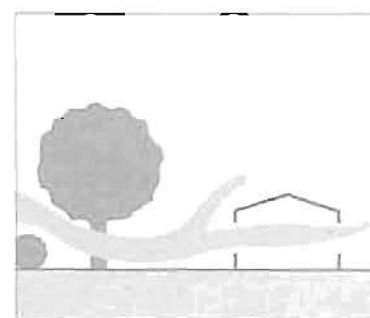
Si a la ventilación natural se le une la refrigeración del aire mediante este último proceso es factible una eficaz disminución de la sensación de calor. Para conseguirlo sería necesario combinar los sistemas ya descritos para obtener diferencias de presión entre partes de la edificación que permiten generar corrientes de aire, y hacer pasar ese mismo aire por recintos con agua para producir su enfriamiento por evaporación.

### La protección al viento

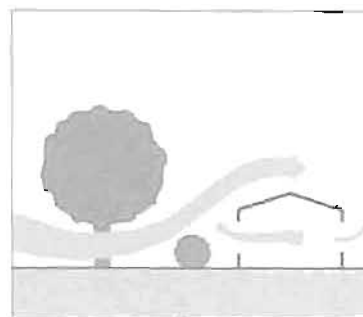
Cuando los problemas para alcanzar la zona de confort se producen por la existencia de corrientes de aire, con sus consiguientes efectos de aumento de sensación de frío o de perjuicio físico por acción dinámica, se necesitarán protecciones adecuadas. El efecto dinámico es perjudicial siempre por encima de 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.



A. CAMBIOS EN LA DIRECCIÓN DEL VIENTO



B. CAMBIOS EN LA DIRECCIÓN DEL VIENTO



C. CAMBIOS EN LA DIRECCIÓN DEL VIENTO

Ya se han explicados 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 inmediatamente tras ellas, a causa del efecto de rebufo. A partir de ese punto su eficacia disminuye proporcionalmente a su distancia de colocación.

## La 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, como en Andalucía, 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.

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 periodo 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.

#### 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 del anexo.

#### 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 8h y las 16h, horas solares. Como ejemplo, tomando como referencia la latitud de Sevilla, la irradiancia a través de un vidrio vertical simple orientado a sur en un día despejado de diciembre es de 2.590w/m<sup>2</sup>. Entre las 8h y las 16h, recibe 2.432w/m<sup>2</sup>, lo que representa un 93% del total. Entre las 9h y las 15h recibe 2.063w/m<sup>2</sup>, o sea un 79% del total.

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 vera-

no se recibe la mayor radiación en los planos paralelos al suelo, siendo la radiación recibida a este y oeste incluso mayor que la recibida a sur.

Como muestra, 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. Si se toma como referencia la misma latitud anterior (Sevilla) y el mismo mes, se observa como en diciembre la radiación diaria incidente en la fachada sur es de  $10.204 \text{ kJ/m}^2\text{d}$ , el 42% mayor que sobre la cubierta ( $7.160 \text{ kJ/m}^2\text{d}$ ). La irradiancia diaria en fachada sur ( $2.590 \text{ w/m}^2$ ) es además más del doble que las existentes en las fachadas este y oeste ( $1.026 \text{ w/m}^2$ ), siendo despreciable la incidente en la cara norte ( $442 \text{ w/m}^2$ ). Sin embargo, y en la misma latitud pero durante la época estival, tomando valores para el mes de julio, la mayor cantidad de radiación incidente, con mucha diferencia, se produce sobre la cubierta ( $23.996 \text{ kJ/m}^2\text{d}$ ), que representa más de dos veces y media la radiación recibida en fachada sur ( $9.110 \text{ kJ/m}^2\text{d}$ ). En este último caso la irradiancia total diaria en levante y poniente ( $2.930 \text{ w/m}^2$ ) es incluso mayor que la recibida en la cara sur ( $1688 \text{ w/m}^2$ ), que a su vez es parecida a la recibida en orientación norte,  $1528 \text{ w/m}^2$ .

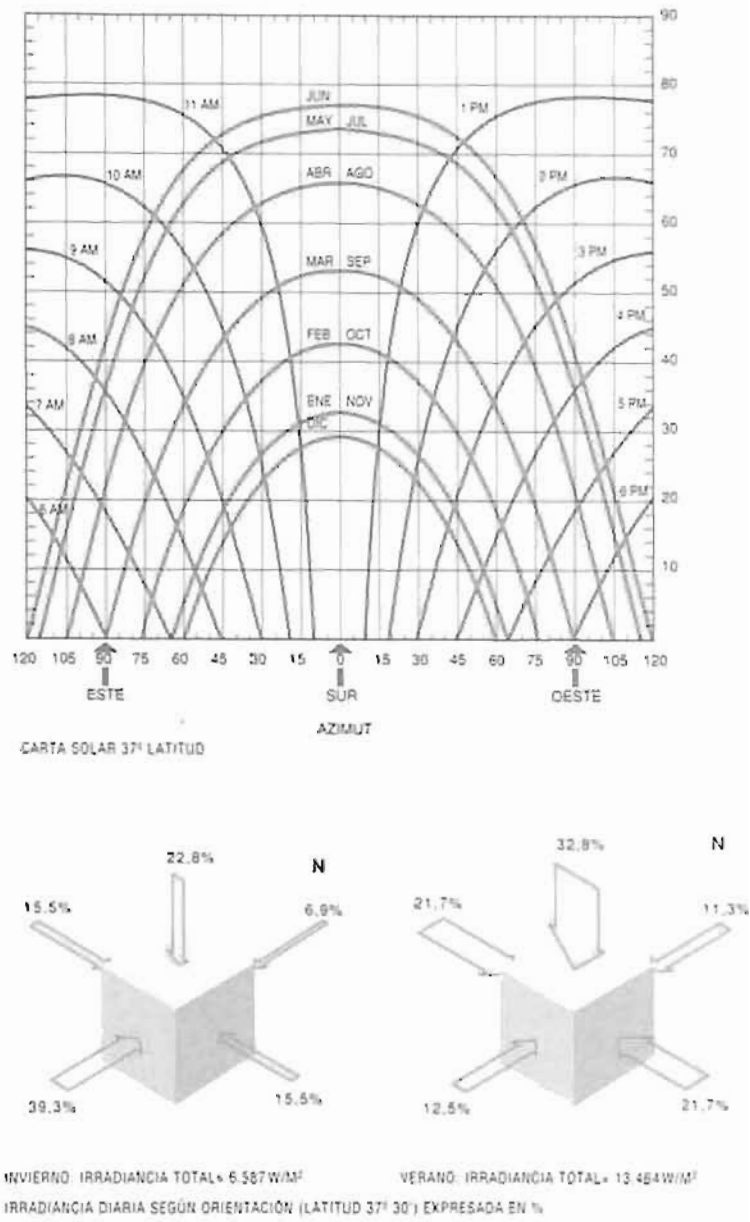
De todo ello se deduce que, en los meses en los que se necesitan ganancias solares directas y una vez dimensionados los huecos captadores necesarios para recibir radiación directa en invierno, es necesario asegurar por medio de su correcta orientación que reciban la cantidad necesaria de radiación continua 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, que 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 solo 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 un gráfico comparativo de los valores de radiación en días claros en función de su orientación, calculada para una latitud de  $40^\circ\text{N}$ , que procede de los trabajos de Edward Mazria; en éste mismo gráfico y con línea de trazos, se

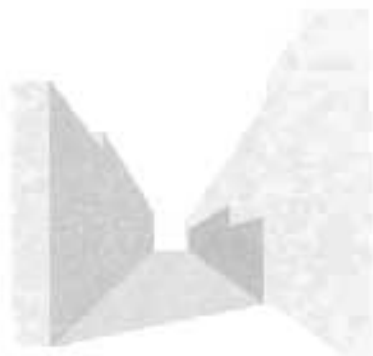
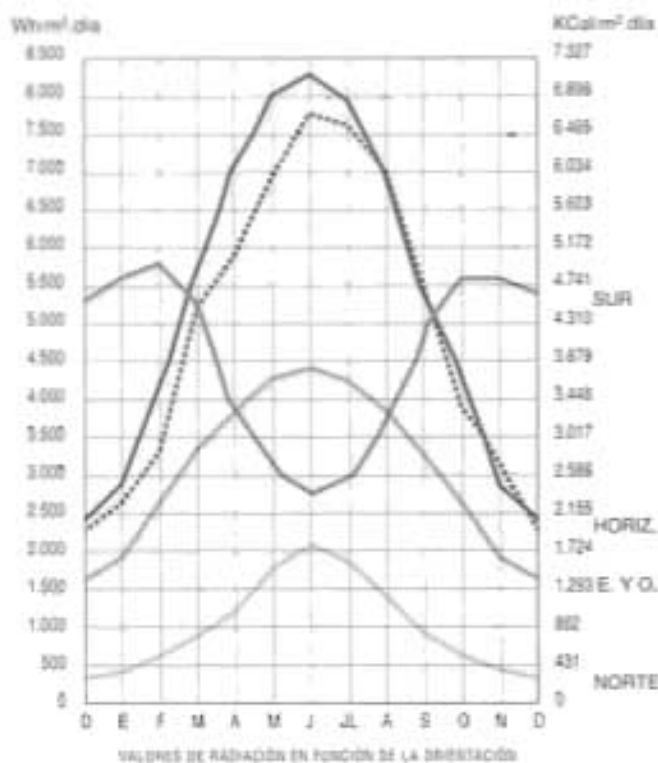


ha marcado la radiación con valores reales tomados durante un año en Sevilla sobre un plano horizontal, en el que puede apreciarse la semejanza con los valores teóricos, aunque éstos hayan resultado supuestos con un cierto exceso respecto a la realidad.

**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



OBSTRUCCIONES SOLARES

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 que punto es posible el uso del sol como fuente de captación directa.

También es interesante conocer cuales 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 de otros, mucho más habituales que las obstrucciones de carácter vegetal o topográfico

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

Las tablas y conclusiones que se adjuntan a continuación tienen por tanto un valor distinto de aplicación en cada uno de los dos supuestos diferentes.

En el caso de las edificaciones a realizar en áreas urbanas consolidadas, pueden servir para la elaboración de los perfiles de sombra. Estos 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 tiem-

po en que las superficies situadas por encima de la línea de sombra reciben dicha radiación.

En el caso del planeamiento urbanístico de nueva planta, pueden 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.

### Diagramas y cuadros de obstrucciones solares en Andalucía

Para el caso concreto de Andalucía se ha hecho un estudio de obstrucciones solares sobre las fachadas, aplicables para el diseño urbano. Dado que la variación en la latitud entre el límite norte y sur de la Comunidad es pequeña (varía aproximadamente entre los  $36^{\circ}\text{N}$  y los  $38^{\circ} 30' \text{N}$ ), para la configuración de los cuadros y diagramas se ha utilizado la carta solar cilíndrica correspondientes a la latitud  $37^{\circ} 30' \text{N}$ , que corresponde a una latitud media en Andalucía y que abarca la franja central de la Comunidad. De ser necesario un estudio más definido en una latitud determinada, habrá que hacer uso de las cartas solares específica de su latitud para determinar con precisión la posición del sol.

En el estudio se contemplan cinco orientaciones en los diferentes meses del año: este, sudeste, sur, suroeste y oeste.

Para cada una de ellas se ha elaborado un cuadro en el que se expresan los siguientes aspectos:

- Amplitud del ángulo con respecto a la orientación sur (llamado Acimut) en las horas inicial, intermedia y final de un recorrido solar suficientemente largo para conseguir un tiempo de radiación solar útil que sea aprovechable por los sistemas de captación. Como tiempo de recorrido solar se han considera-

do entre cuatro y cinco horas de radiación. El abanico de horas de recorrido se sitúa en las horas centrales de la jornada, al producirse en ellas la mayor cantidad de radiación diaria.

- Ángulo que sobre la horizontal representa la altura del sol en cada posición señalada.
- Anchura de la calle necesaria para que no existan obstrucciones producidas por elementos interpuestos. La anchura viene dada en función de la altura de la obstrucción. Se han dado los valores de anchura para la hora inicial, intermedia y final del recorrido solar, de modo que se pueda apreciar la diferencia y se establezca un margen de actuación dentro del cual sea posible obtener una captación suficiente.

Todos estos factores se explican gráficamente en un esquema de referencia y en un esquema de aplicación práctica para un caso concreto en cada orientación. Se han escogido como ejemplo los valores que resultarían de aplicar el cuadro al mes más frío del año en cuanto a temperaturas exteriores se refiere, que en Andalucía corresponde al mes de enero.

En estos gráficos se expresan los siguientes elementos:

- La orientación de la calle y el punto de referencia dentro de ella al que se refieren los datos.
- El sector circular que indica el ángulo de abertura necesario con respecto al sur para conseguir una cantidad de horas de radiación suficientes. Las horas a las que se hace referencia se encuentran también expresadas.
- Ángulo de elevación del sol con respecto a la horizontal en cada posición señalada.
- La anchura de la calle en función de la altura de la obstrucción interpuesta.

TABLA DE OBSTRUCCIONES, LATITUD: 37° 30' N  
 ORIENTACIÓN DE LA CALLE: NORTE-SUR.  
 ORIENTACIÓN DE LA EDIFICACIÓN: ESTE

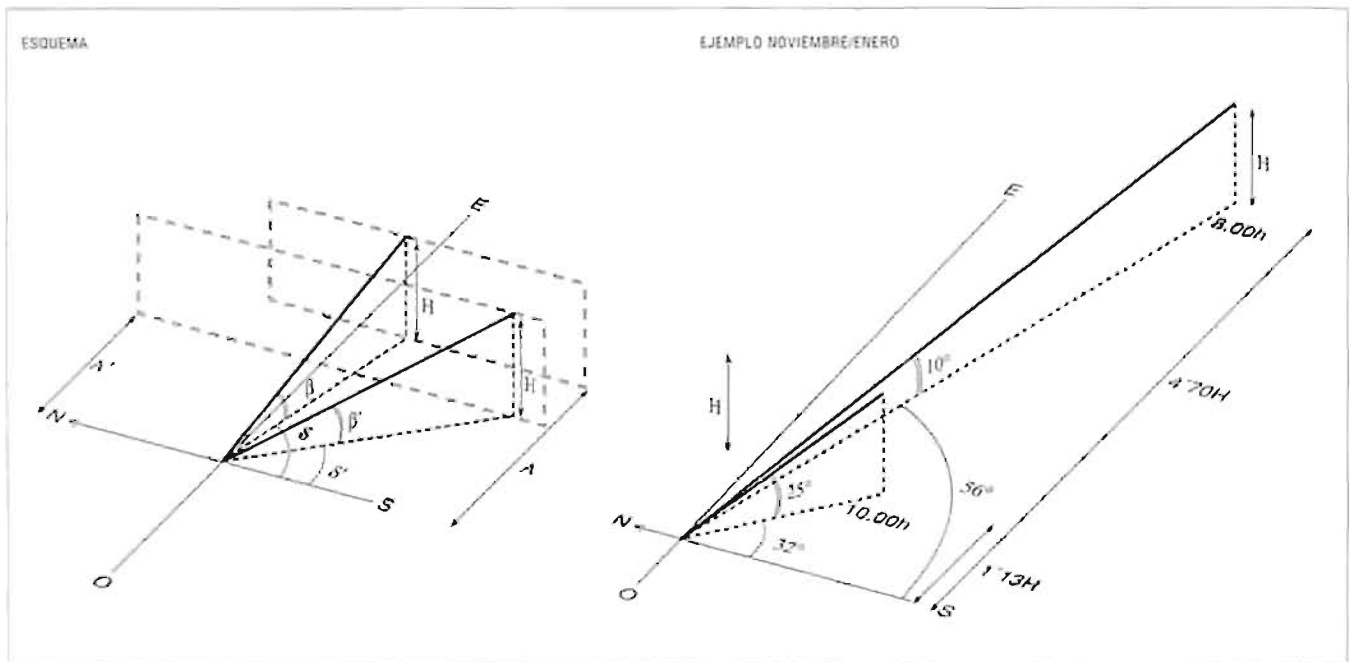
Valores definidos para un tiempo de captación solar de 4 h, comprendidas entre las 8.00h y las 12.00h.

$\delta$  = Ángulo con respecto al sur (Acimut) en la hora más desfavorable, la inicial del recorrido solar. (8.00h), y en la intermedia (10.00h).

$\beta$  = Ángulo de inclinación con respecto a la horizontal, tomado en las horas inicial (8.00h), intermedia (10.00h) y final (12.00h) del recorrido solar.

A= Anchura de la calle necesaria para captación solar, en función de la altura de la obstrucción (H) y de la hora solar. Se toma en el punto más desfavorable (8.00h), en el intermedio (10.00h) y final (12.00h).

En orientación este se pasa en dos horas (de 8.00h a 10.00h) de una relación de anchura de 4,70 veces la altura a otra de 1,60 a partir de las 10.00h la necesidad de anchura de calle va menguando progresivamente hasta las 12.00h.



MES	$\delta$ 8.00h	$\delta$ 10.00h	$\beta$ 8.00h	$\beta$ 10.00h	$\beta$ 12.00h	A 8.00h	A 10.00h	A 12.00h
Junio	92°E	70°E	37°	61°	76°	1.32H	0.52H	0.24H
Julio-Mayo	90°E	66°E	35°	58°	73°	1.42H	0.56H	0.30H
Agosto-Abril	82°E	55°E	30°	53°	64°	1.71H	0.61H	0.48H
Septiembre-Marzo	70°E	44°E	25°	43°	52°	2.01H	0.74H	0.78H
Octubre-Febrero	62°E	37°E	16°	32°	41°	3.07H	0.96H	1.15H
Noviembre-Enero	56°E	32°E	10°	25°	32°	4.70H	1.13H	1.6H
Diciembre	54°E	30°E	8°	21°	29°	5.83H	1.30H	1.8H

**TABLA DE OBSTRUCCIONES, LATITUD: 37° 30' N  
ORIENTACIÓN DE LA CALLE: NORESTE-SUROESTE.  
ORIENTACIÓN DE LA EDIFICACIÓN: SUDESTE**

Valores definidos para un tiempo de captación solar de 5h, comprendidas entre las 9.30h y las 14.30h.

$\delta$  = Ángulo con respecto al sur (Acimut) en la hora inicial (9.30h) y final (14.30h) del recorrido solar.

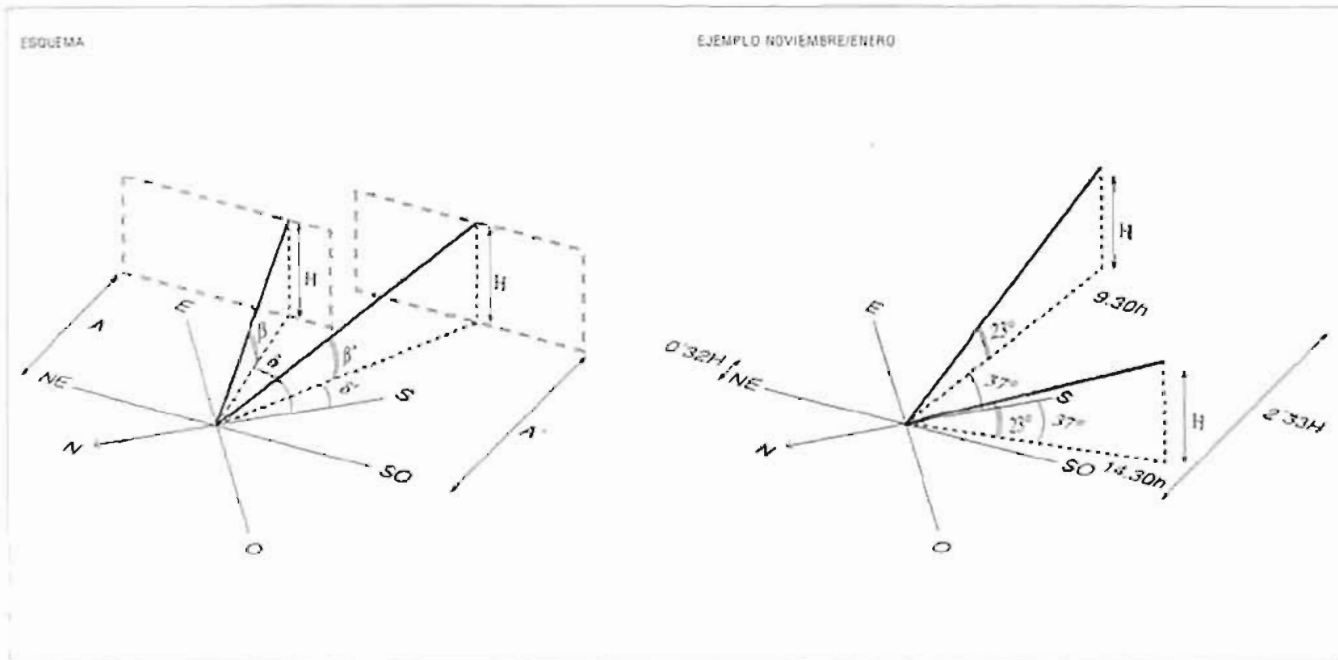
$\beta$  = Ángulo de inclinación con respecto a la horizontal, tomado en las horas inicial (9.30h), intermedia (12.00h) y final (14.30h) del recorrido solar.

A = Anchura de la calle necesaria para captación solar, en función de la altura de la obstrucción (H) y de la hora solar. Se

toma en el punto inicial (9.30h), el intermedio (12.00h) y el final (14.30h).

Para la peor hora (inicial del recorrido), se necesitaría en enero una anchura de 2,33 veces la altura de la obstrucción. Pero el dato más significativo es el descenso que se produce en la relación altura-anchura de calle a partir de las 12.00h. En este supuesto el ancho de calle pasa a ser de 0,32 veces la altura de la edificación, lo que permite unas calles muy estrechas.

En orientaciones sudeste la anchura de la calle es importante entre las 9.30h y las 12.00h en un ángulo que abarca desde los 0° y los 38°E, y va disminuyendo en importancia entre las 12.00h y las 14.00h, correspondientes a un ángulo entre los 0° y los 38°O.



MES	$\delta$ (9.30 y 14.30h)	$\beta$ (9.30 y 14.30h)	$\beta$ 12.00h	A 9.30h	A 12.00h	A 14.00h
Junio	78°	55°	76°	0.58H	0.24H	-
Julio-Mayo	72°	53°	73°	0.67H	0.30H	-
Agosto-Abril	65°	43°	64°	1.01H	0.48H	-
Septiembre-Marzo	52°	38°	52°	1.27H	0.78H	-
Octubre-Febrero	45°	30°	41°	1.73H	1.15H	1.73H
Noviembre-Enero	37°	23°	32°	2.33H	1.60H	0.32H
Diciembre	27°	20°	29°	2.61H	1.80H	0.84H

TABLA DE OBSTRUCCIONES, LATITUD: 37° 30' N  
 ORIENTACIÓN DE LA CALLE: ESTE-OESTE  
 ORIENTACIÓN DE LA EDIFICACIÓN: SUR.

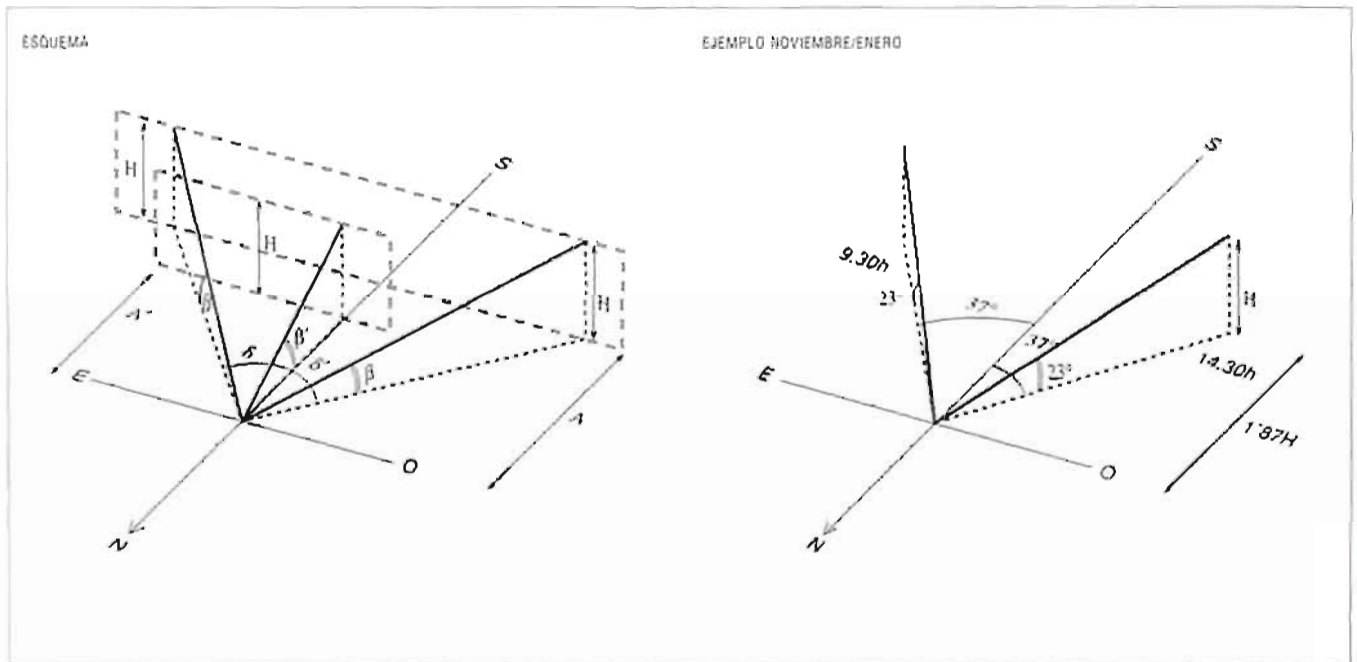
Valores definidos para un tiempo de captación solar de 5h, comprendidas entre las 9.30 y las 14.30h.

$\delta$  = Ángulo con respecto al sur (Acimut) en las horas más desfavorables, la inicial y la final del recorrido solar.

$\beta$  = Ángulo de inclinación con respecto a la horizontal, tomado en las horas de inicial y final del recorrido solar y en el punto de máxima elevación (12.00h).

A = Anchura de la calle necesaria para captación solar, en función de la altura de la obstrucción (H) y de la hora solar.

Con una amplitud de 37° grados este y oeste sobre el sur se consiguen cinco horas de radiación directa sobre la fachada de la máxima intensidad. Además, en orientación sur, la relación entre ancho de calle y edificación para evitar las obstrucciones es la menor posible, situándose en 1,87 veces la altura de la edificación para conseguir las cinco horas de captación. A las 12.00h esta proporción baja a 1,6 veces la altura de la obstrucción situada en perpendicular al observador.



MES	$\delta$ (9.30 y 14.30h)	$\beta$ (9.30 y 14.30h)	$\beta$ 12.00h	A (9.30 y 14.30h)	A 12.00h
Junio	78°	55°	76°	0.26H	0.24H
Julio-Mayo	72°	53°	73°	0.35H	0.30H
Agosto-Abril	65°	43°	64°	0.61H	0.48H
Septiembre-Marzo	52°	38°	52°	0.94H	0.78H
Octubre-Febrero	45°	30°	41°	1.22H	1.15H
Noviembre-Enero	37°	23°	32°	1.87H	1.60H
Diciembre	27°	20°	29°	2.44H	1.80H

**TABLA DE OBSTRUCCIONES, LATITUD: 37° 30' N  
ORIENTACIÓN DE LA CALLE: NOROESTE-SUDESTE.  
ORIENTACIÓN DE LA EDIFICACION: SUROESTE**

Valores definidos para un tiempo de captación solar de 5h, comprendidas entre las 9.30h y las 14.30h.

$\delta$  = Ángulo con respecto al sur (Acimut) en la hora inicial (9.30h) y final (14.30h) del recorrido solar.

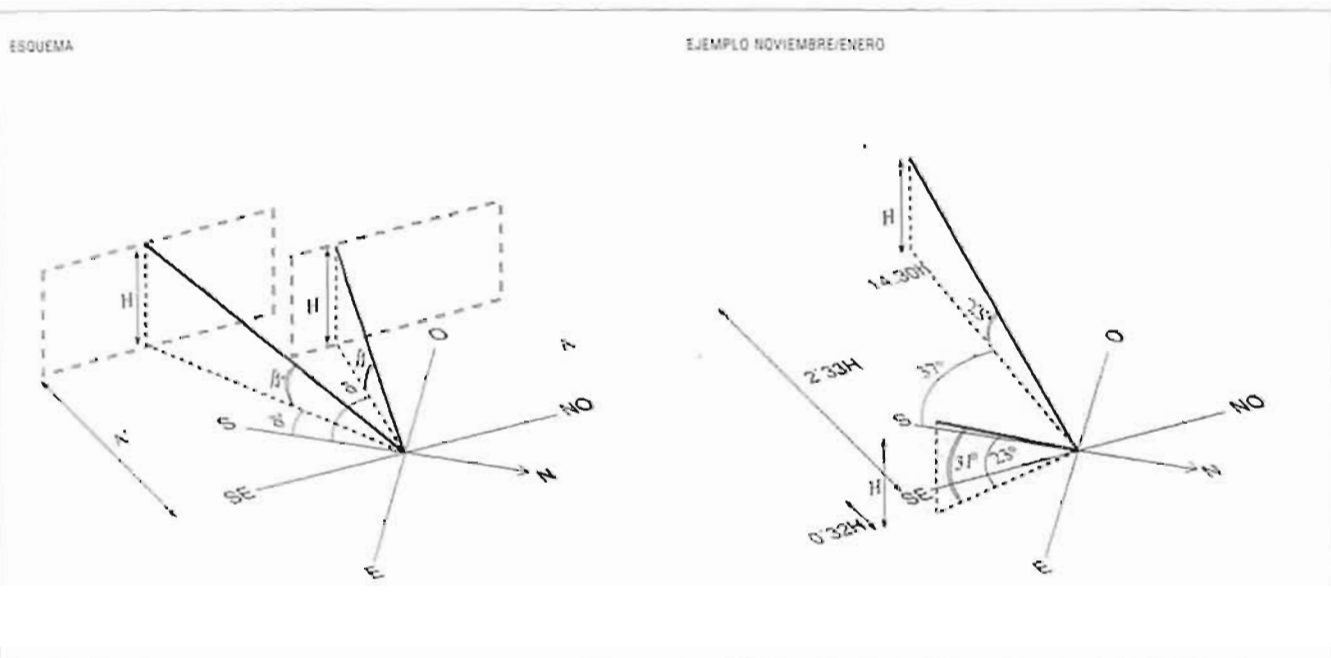
$\beta$  = Ángulo de inclinación con respecto a la horizontal, tomado en las horas inicial (9.30h), intermedia (12.00h) y final (14.30h) del recorrido solar.

A= Anchura de la calle necesaria para captación solar, en función de la altura de la obstrucción (H) y de la hora solar. Se

toma en el punto inicial (9.30h), el intermedio (12.00h) y el final (14.30h).

Para la peor hora (final del recorrido), se necesitaría en enero una anchura de 2,33 veces la altura de la obstrucción. Pero el dato más significativo es el descenso que se produce en la relación altura-anchura de calle hasta las 12.00h. En este supuesto el ancho de calle pasa a ser de 0,32 veces la altura de la edificación, lo que permite unas calles muy estrechas.

En orientación suroeste la anchura de calle se sitúa en valores bajos con respecto a la altura entre las 9.30h y las 12.00h, que corresponden a unos ángulos de entre 0° y 38°E con respecto al sur, y es importante (necesita una amplitud mayor) a partir de las 12.00h, según se amplía el ángulo hacia el oeste.



MES	d (9.30 y 14.30h)	$\beta$ (9.30 y 14.30h)	$\beta$ 12.00h	A 9.30h	A 12.00h	A 14.00h
Junio	78°	55°	76°	-	0.24H	0.58H
Julio-Mayo	72°	53°	73°	-	0.30H	0.67H
Agosto-Abril	65°	43°	64°	-	0.48H	1.01H
Septiembre-Marzo	52°	38°	52°	-	0.78H	1.27H
Octubre-Febrero	45°	30°	41°	1.73H	1.15H	1.73H
Noviembre-Enero	37°	23°	32°	0.32H	1.60H	2.33H
Diciembre	27°	20°	29°	0.84H	1.80H	2.61H

TABLA DE OBSTRUCCIONES. LATITUD: 37° 30' N  
 ORIENTACIÓN DE LA CALLE: NORTE-SUR.  
 ORIENTACIÓN DE LA EDIFICACIÓN: OESTE

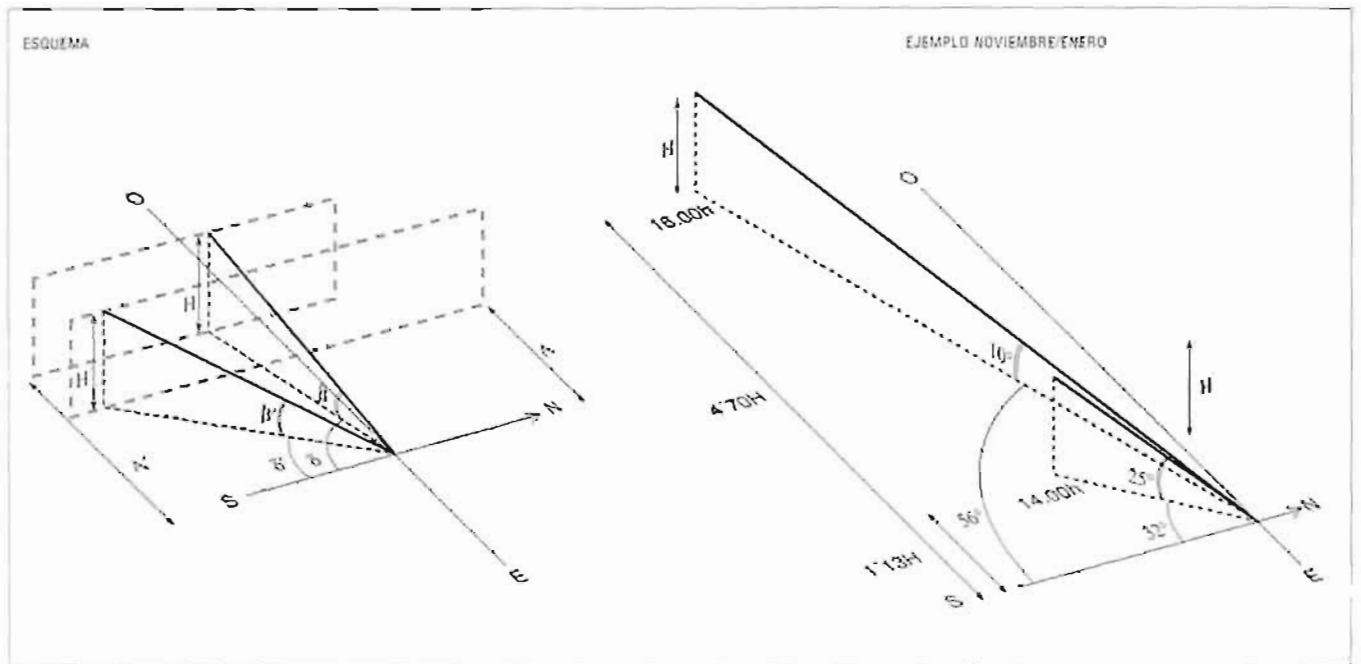
Valores definidos para un tiempo de captación solar de 4h, comprendidas entre las 12.00h y las 16.00h.

$\delta$  = Ángulo con respecto al sur (Acimut) en la hora intermedia (14.00h) y final (16.00h) del recorrido solar.

$\beta$  = Ángulo de inclinación con respecto a la horizontal, tomado en las horas inicial (12.00h), intermedia (14.00h) y final (16.00h) del recorrido solar.

A= Anchura de la calle necesaria para captación solar, en función de la altura de la obstrucción (H) y de la hora solar. Se toma en el punto inicial (12.00h), el intermedio (14.00h) y el final, más desfavorable (16.00h).

En orientación oeste la variación de relación entre altura de obstrucción y ancho de calle es pequeña y aumenta lentamente entre las 12.00h y las 14.00h, para aumentar de modo más brusco entre las 14.00h y las 16.00h, pasando la anchura de 1,13 veces el alto de la edificación a 4,7 veces.



MES	$\delta$ 14.00h	$\delta$ 16.00h	$\beta$ 12.00h	$\beta$ 14.00h	$\beta$ 16.00h	A 12.00h	A 14.00h	A 16.00h
Junio	70°O	92°O	76°	61°	37°	0.24H	0.52H	1.32H
Julio-Mayo	66°O	90°O	73°	58°	35°	0.30H	0.56H	1.42H
Agosto-Abril	55°O	82°O	64°	53°	30°	0.48H	0.61H	1.71H
Septiembre-Marzo	44°O	70°O	52°	43°	25°	0.78H	0.74H	2.01H
Octubre-Febrero	37°O	62°O	41°	32°	16°	1.15H	0.96H	3.07H
Noviembre-Enero	32°O	56°O	32°	25°	10°	1.60H	1.13H	14.70H
Diciembre	30°O	54°O	29°	21°	8°	1.80H	1.30H	5.83H

## Conclusiones sobre la incidencia de la radiación solar

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

### Captación solar

- Dado que la media de los meses más fríos del año en Andalucía es la de enero, conviene trabajar con los valores de las cartas solares relativos a este mes, 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 cuatro y las seis horas, escogiendo en este estudio un óptimo de cinco 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 sudeste y suroeste representan ligeras desventajas con respecto a la orientación 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 2,33 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 (cuatro en lugar de cinco) 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 este y oeste en invierno.

Es interesante apuntar que, a efectos de captación de energía, la orientación sur-oeste es más favorable, pues en este caso se suma el calor proveniente de la radiación solar, el aumento de temperatura ambiente producido por la radiación durante las horas previas del mediodía.

Cuando no se cumplan las relaciones entre anchura de calle y altura de la edificación solo 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 convencional.

### 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.

En los casos en los que no se necesite captación, solo protección, se pueden utilizar los cuadros de obstrucciones para determinar cual es la anchura máxima a partir de la cual se recibe radiación directa.

En Andalucía los meses más calurosos son julio en el interior de la Comunidad y agosto en las zonas del litoral. Para estos meses se determinará el ancho de calle máximo para impedir la radiación solar.

En orientación sur el ancho máximo de calle se sitúa en julio entre 0,30 y 0,35 veces la altura de la obstrucción, H. En agosto entre las 0,48 y las 0,61.

En orientación sudeste en julio la relación varía entre las 0,67H a las 9.30h de la mañana y las 0,30 veces a las 12.00h, para desde entonces disminuir drásticamente. Es más fácil protegerse por tanto del sol de la mañana que del de tarde. En agosto la relación aumenta, siendo la anchura igual a la altura a las 9.30h, para ir disminuyendo hasta una relación ancho-alto de 0,48 a las 12.00h.

En orientación suroeste el problema es inverso, y es más sencillo protegerse del sol de tarde que del de la mañana.

En orientación este, en el mes de julio, si se desprecian las primeras horas de la mañana, a las 10.00h la relación de anchura es de 0,56 veces la altura de la edificación, para ir posteriormente disminuyendo hasta las 12.00h. En agosto la anchura máxima aumenta a 0,61 veces la altura a las 10.00h y a 0,48 a las 12.00h.

En orientación oeste, la protección requiere de un ancho de calle estrecho (entre 0,30 y 0,56 veces la altura de la obstrucción en julio y entre 0,48 y 0,61 veces en agosto) desde las 12.00h a las 14.00h, para posteriormente aumentar hasta las 16.00h en la que relación anchura-altura se sitúa en julio en 1,42 y en agosto en 1,71.



## Cartas bioclimáticas de 16 áreas de Andalucía

Para facilitar la utilización de este libro, se ha optado por realizar las cartas bioclimáticas más significativas, de Olgyay y Givoni, de una serie de 16 lugares representativos de zonas en las que se piensa que será mayor el crecimiento de la población y por lo tanto, de la edificación.

Para la determinación de estas zonas, se ha escogido el criterio de localizar "áreas prioritarias", derivado del seguido en el Plan Andaluz de Vivienda y Suelo 1996-1999.

En las "áreas prioritarias" que se marcan, la población andaluza residente supone un total de alrededor de 4.000.000 de habitantes, que equivale al 55% del total de Andalucía; estas áreas han soportado el 82% del crecimiento poblacional de la Comunidad y aproximadamente el 50% del crecimiento total de España en los últimos años.

Parece interesante, por tanto, realizar un avance particularizado básico de sus posibilidades y necesidades en cuanto a adaptación climática para el confort en la arquitectura.

Hay que tener en cuenta, que lo variado de la geografía andaluza, condiciona situaciones climáticas que pueden diferenciarse aunque las poblaciones estén cercanas; en todo caso siempre conviene utilizar los datos climáticos más particularizados que se alcancen a conseguir, pero si no es posible tener datos específicos de la localización buscada, cabe partir básicamente de estos climogramas y realizar las correcciones y diferenciaciones que se crean lógicas y pertinentes.

Para la elaboración de estos diagramas las temperaturas tomadas son las medias de las máximas y de las mínimas en cada lugar y los valores de humedad relativa corresponden a los obtenidos en el Atlas Climatológico de España, (que se reducen a enero a las 7 y 13 horas y julio a las mismas horas.) Considerando la situación más desfavorable, que estas horas se correspondieran con los máximos y mínimos de temperatura

diaria, se obtienen los días medios de julio y enero. Para el resto de los meses se ha realizado una interpolación lineal combinándolos con los valores de temperaturas medias reales.

Las variaciones de los valores así obtenidos con la realidad son, en general, aceptables, pues fuera de valores muy altos o muy bajos de humedad, se moverán paralelos al eje horizontal, con lo que las medidas correctoras por ventilación o radiación se mantienen muy semejantes

- **Huelva:** Área de influencia de Huelva.
- **Sanlúcar de Barrameda:** Área de la desembocadura del Guadalquivir.
- **Cádiz:** Área de la Bahía de Cádiz.
- **Jerez de la Frontera:** Municipio y área de influencia.
- **Sevilla:** Área metropolitana y zona de influencia.
- **Algeciras-La Línea de la Concepción:** Área del Campo de Gibraltar.
- **Marbella:** Municipio y costa occidental de Málaga.
- **Córdoba:** Área de influencia de Córdoba.
- **Almogía-Casabermeja:** Área metropolitana de Málaga, zona de vertiente sur de la sierra.
- **Málaga:** Área metropolitana de Málaga, costa.
- **Vélez Málaga:** Área de la costa oriental de Málaga.
- **Jaén:** Área de influencia de Jaén.
- **Linares:** Área de influencia de Linares y Mengíbar.
- **Granada:** Área de influencia de Granada.
- **Almería:** Área de influencia de Almería, costa.
- **Gálor:** Área de influencia de Almería, interior.

**HUELVA**

**Diagrama bioclimático de Ólgyay**

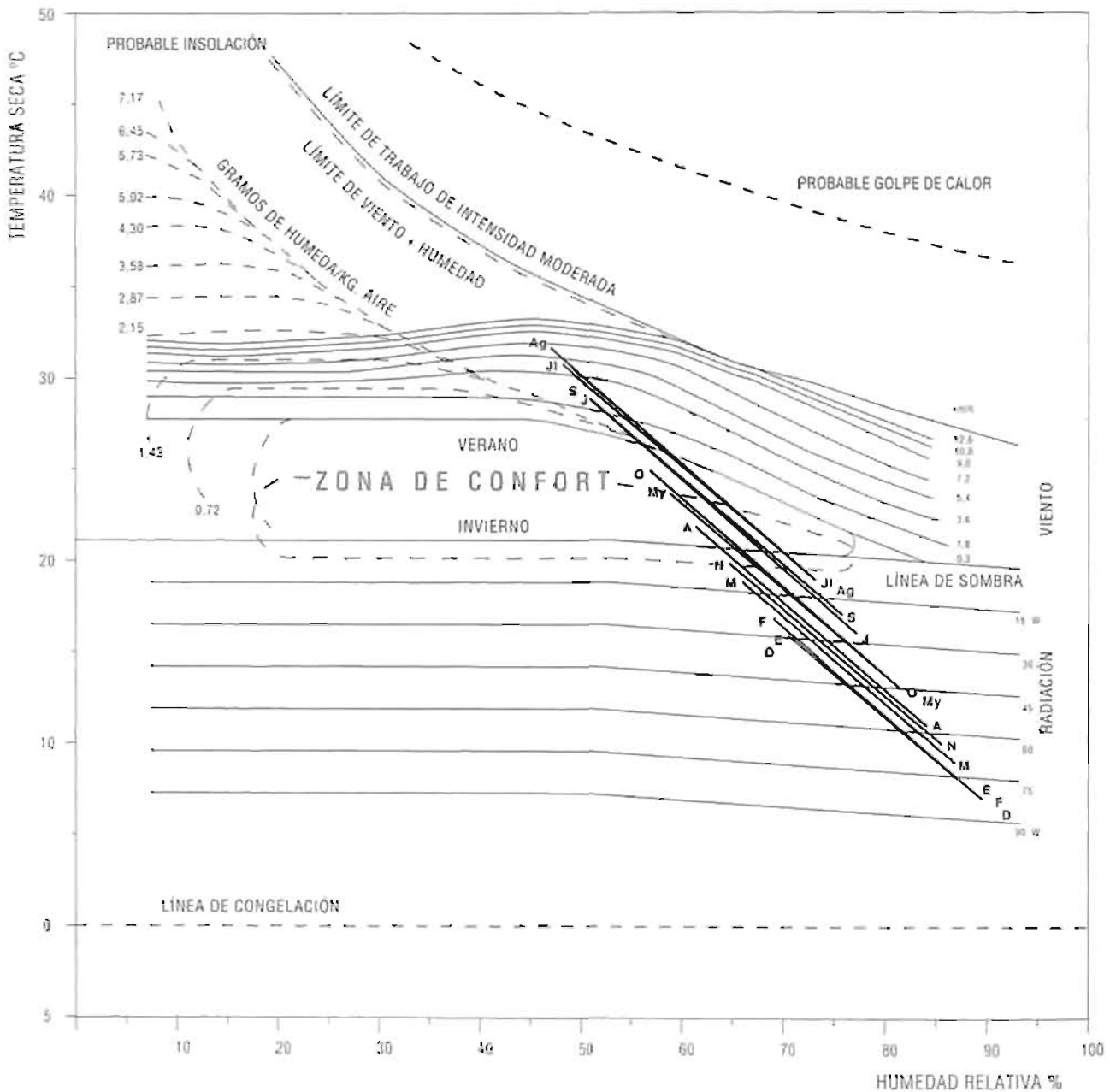
En los meses de invierno, diciembre, enero, febrero y gran parte de marzo, los días son templados con temperaturas medias de 14°C y medias de mínimas superiores a lo 9°C, y escasísimos días en que la mínima absoluta baje de 0°C (2 ó 3 días anuales). Así, en general, para tener sensación térmica agradable en el exterior de las edificaciones, basta durante el día con niveles de radiación que cuando luce el sol se dan ampliamente. Las noches son frescas y para estar confortablemente basta llevar ropa de abrigo ligero.

La primavera y el otoño son cortos pues ya, en la primera, a mediados de mayo, empieza a haber días calurosos (TM >25°C) y se mantiene por encima de estos límites hasta mediados de

octubre. En estas estaciones, durante el día se dan las condiciones de temperatura-humedad dentro de la zona de confort a la sombra del climograma de Ólgyay y por las noches basta con ropas de abrigo ligero.

El verano es largo y caluroso. Desde mediados de mayo a mediados de octubre las temperaturas máximas se encuentran por encima de los 25°C, pasando de los 28°C en junio y septiembre y de 30°C en julio y agosto. Durante estos últimos cuatro meses se necesita de la circulación del aire (entre 1,5 y 3,5 m/s) para mantenerse en zona de confort.

Las noches de verano suelen ser agradables, y en algunas de ellas hace falta ventilación, que normalmente procura el régimen de brisas existente en la zona.



**HUELVA**

**Diagrama bioclimático de Givoni**

En el interior de las viviendas, en los meses de invierno, de diciembre a marzo, pueden mantenerse las condiciones de confort por medio del aprovechamiento pasivo de la energía solar.

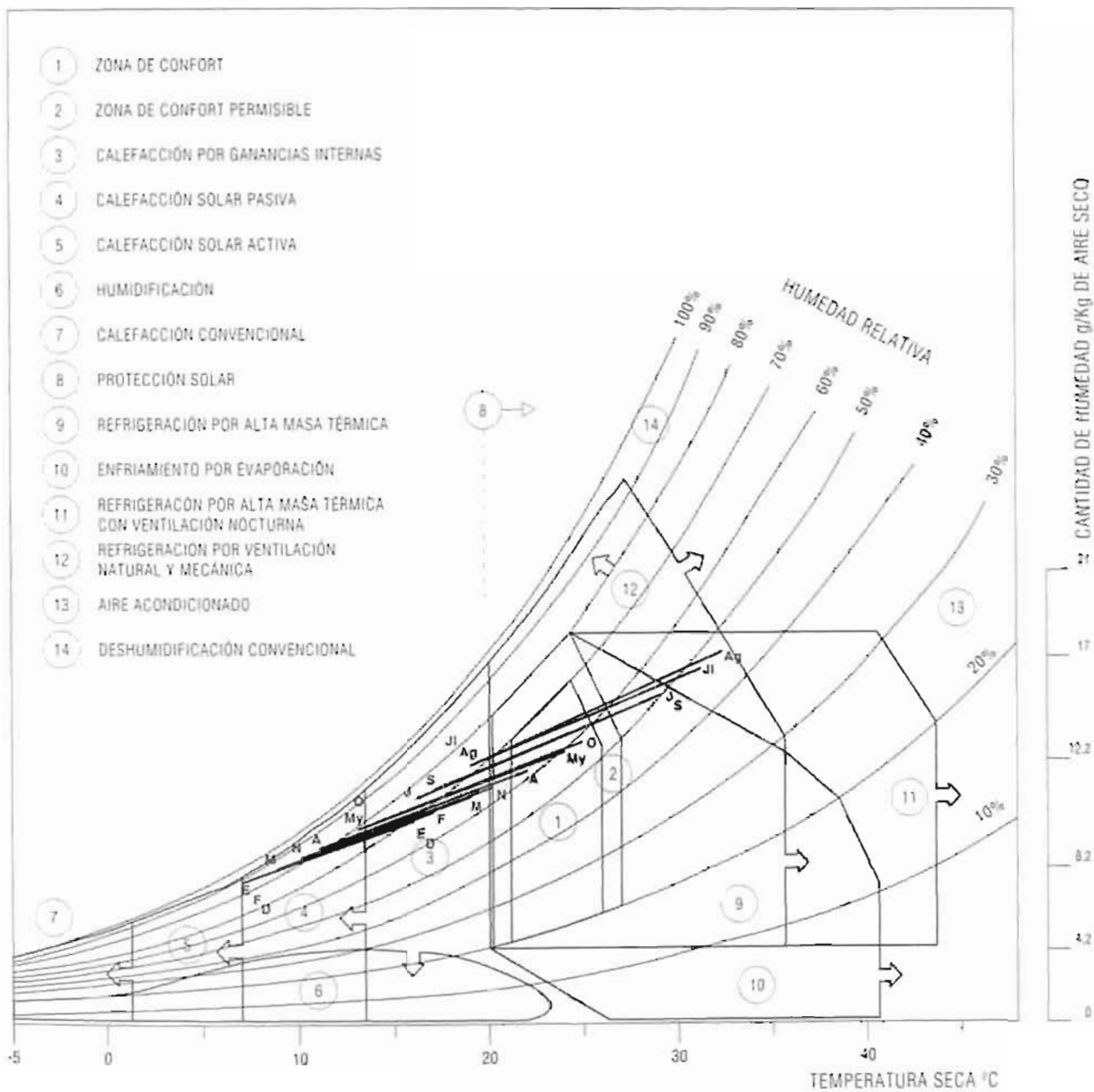
La primavera y el otoño, con los límites antes señalados, con noches bastante frescas, necesitan también de un buen comportamiento solar pasivo de las edificaciones.

Durante los meses de verano, la sensación de bienestar en el

interior de las viviendas puede obtenerse por medio del control de las temperaturas internas a través de la inercia térmica del edificio y/o por la circulación del aire obtenida por medio de un diseño que lo favorezca o por medios mecánicos.

Como aproximación general, se puede decir que los materiales deben tener una capacidad calorífica tal que retrase la onda térmica interior respecto de la exterior más de 8 horas.

Para la ventilación natural, que puede exigir velocidades de hasta 7,2 Km/h, cabe aprovechar el régimen de brisas, siempre facilitando posibilidades de corrientes con el diseño del edificio.



**SANLÚCAR DE BARRAMEDA**  
**Diagrama bioclimático de Olgay**

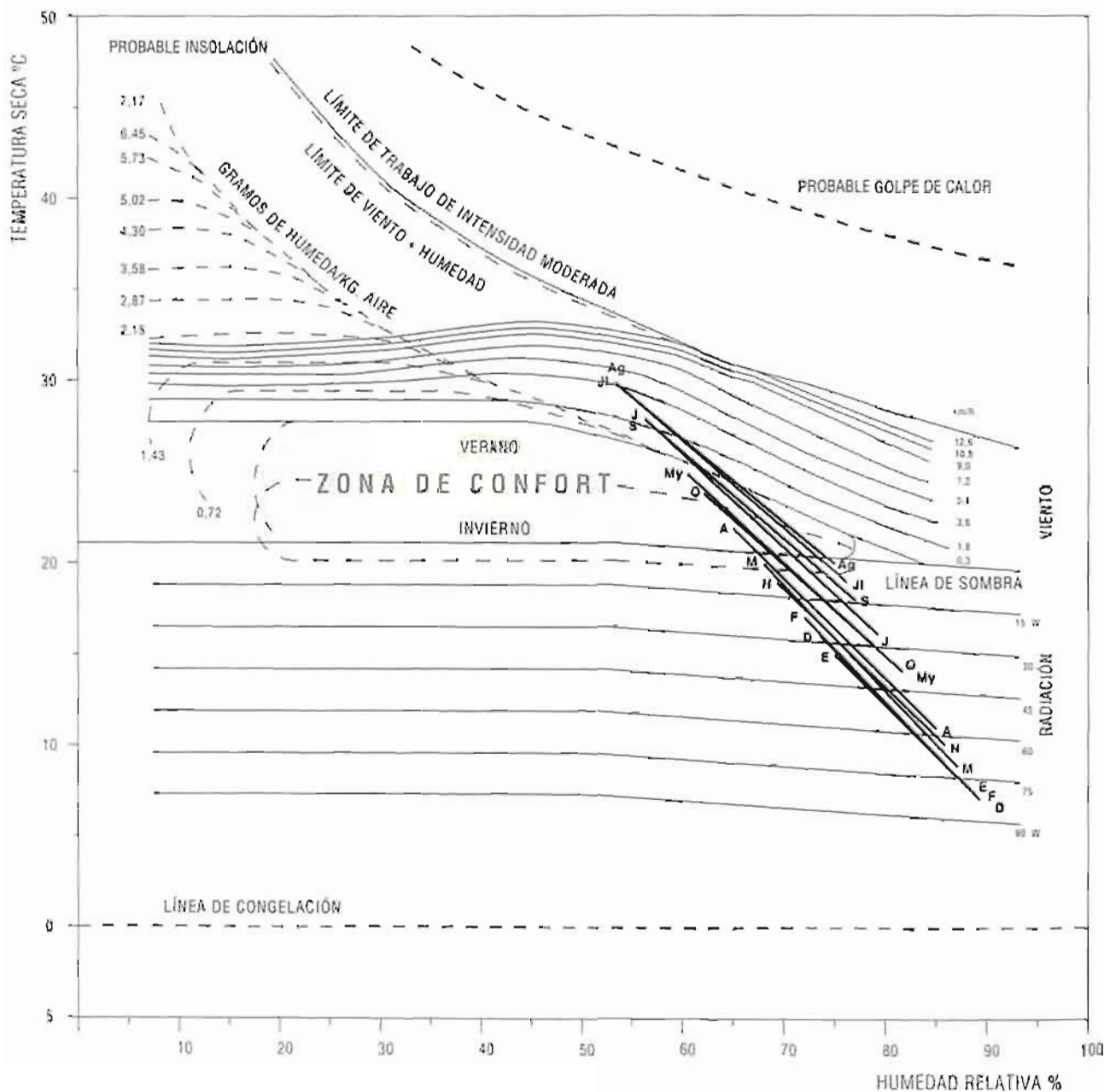
El periodo más frío comienza en el curso del mes de noviembre y se extiende hasta primeros de marzo. En estas fechas las temperaturas son suaves durante el día, pudiéndose obtener el confort en el exterior de las viviendas por medio de la radiación solar, abundante en la zona. Por las noches además del descenso de temperatura, se produce un aumento de la humedad hasta cerca del 90%, lo que produce mayor sensación de incomfortabilidad. Aún así bastan ropas de abrigo ligero para recuperar el bienestar.

La primavera y el otoño tienen buenas temperaturas aunque las noches resultan un poco húmedas. La primera se extiende desde mediados de marzo hasta mediados de noviembre y el

segundo de mediados de octubre a mediados de noviembre. Los días son agradables a la sombra y por las noches se necesita ropas de abrigo ligero.

El verano ocupa prácticamente cinco meses, con sus máximos en julio y agosto con medias de temperaturas máximas superiores a los 30°C. En todo este tiempo, de mediados de mayo a mediados de noviembre se precisa corrientes de aire de 1 a 2 m/s, para disminuir el efecto térmico durante el día. Por las noches, aunque la temperatura no es excesiva, se necesita también una cierta ventilación debido a que la humedad ambiente sobrepasa el 77%.

La ventilación necesaria se encuentra cubierta en general por el régimen de brisas, por lo que el diseño debe favorecer su circulación.



**SANLÚCAR DE BARRAMEDA**

**Diagrama bioclimático de Givoni**

Respecto a las condiciones que deben cumplir las edificaciones para obtener una situación de bienestar en el interior, durante el invierno se necesita aportación de calor, que puede darse a través de un diseño con aprovechamiento solar pasivo.

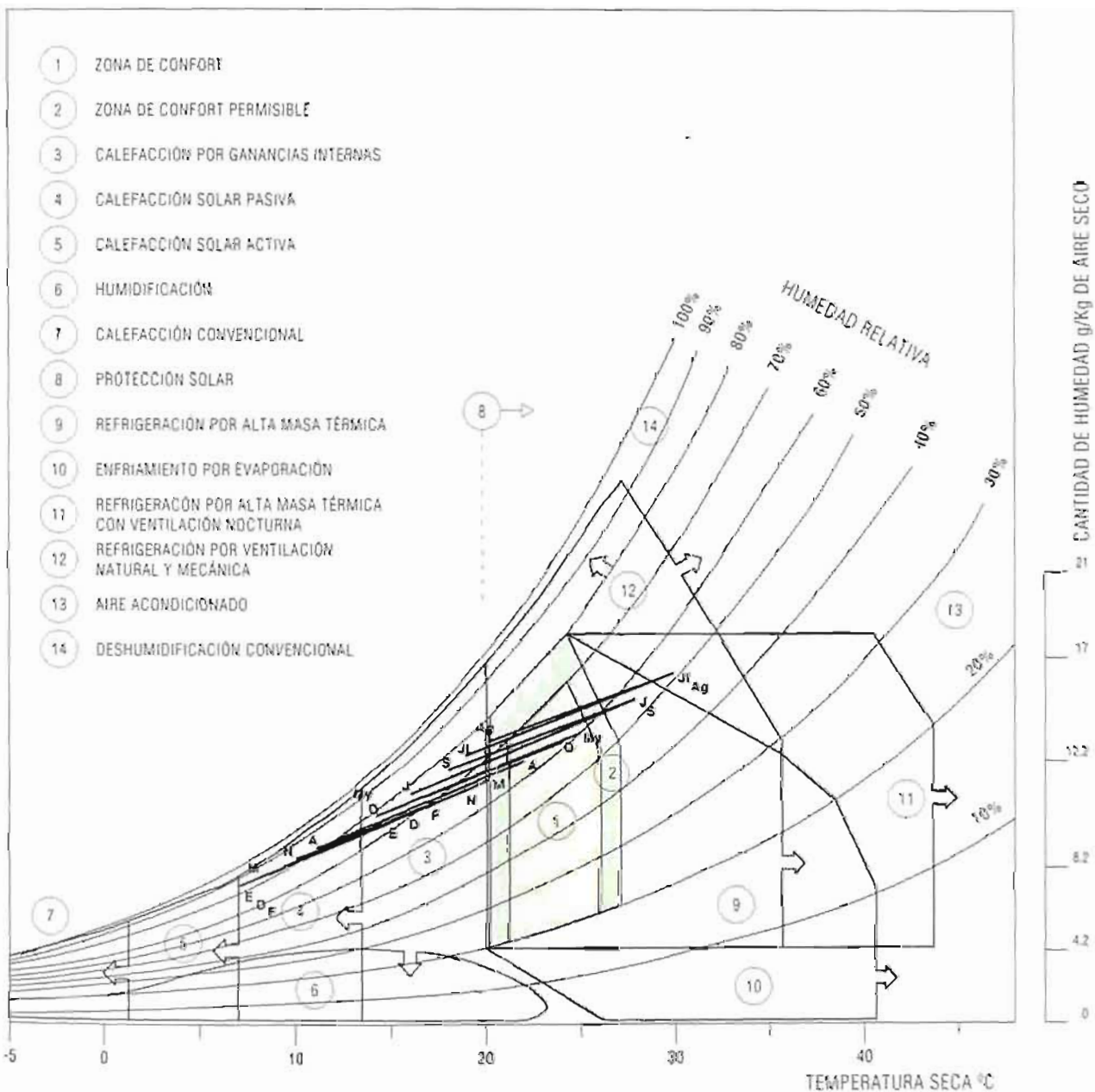
La primavera y el otoño, son confortables, aunque en las proximidades del invierno se necesita también aporte de calor, que puede ser por aprovechamiento solar pasivo.

Los meses de verano se necesita una regulación térmica en el interior, que puede conseguirse a través de las condicio-

nes de inercia de la construcción y/o ventilación, bien por medios mecánicos, bien por medio de un diseño que la favorezca.

Dado que las temperaturas medias del verano se mantienen dentro de la zona de confort, si se produce un retardo de la onda calorífica igual o superior a 8 horas en la mayor parte de los días se mantendrá la sensación de bienestar en el interior si las condiciones de ventilación nocturna son buenas.

Para la ventilación natural, que puede exigir velocidades de hasta 3,5 Km/h, cabe aprovechar el régimen de brisas, siempre facilitando posibilidades de corrientes de aire con el diseño del edificio.



CÁDIZ

Diagrama bioclimático de Olgay

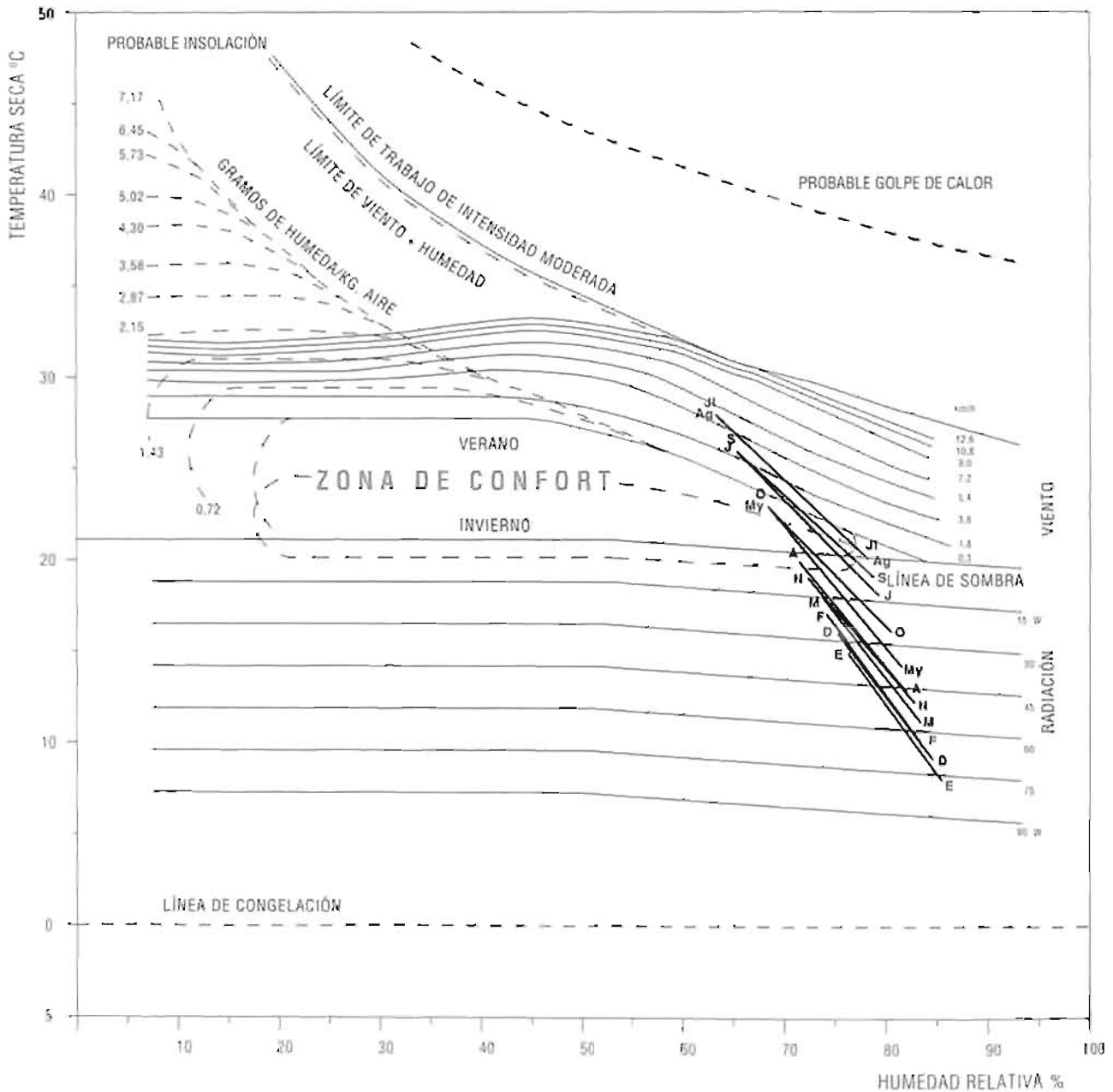
De noviembre hasta mediados de abril, las medias de temperaturas máximas, que oscilan de 18 a 20°C, y las de mínimas, que no son inferiores a los 8°C, indican la suavidad del clima, aunque la humedad nocturna, superior al 75%, disminuye la sensación de bienestar.

Para obtener un grado de confort suficiente, se necesita el aporte de radiación, que durante el día cubre ampliamente la solar, y bastan ropas de abrigo ligero durante la noche.

Los meses de mayo y octubre son muy agradables y se encuentra el confort a la sombra durante el día, y con ropas ligeras durante la noche.

Si se llama verano al tiempo en que  $T_M > 25^\circ\text{C}$ , éste se extiende a lo largo de cuatro meses, es suave pues incluso en los meses de más calor, julio y agosto, las medias de temperaturas máximas son inferiores a los  $30^\circ\text{C}$  y se puede obtener el confort por medio de las brisas, inferiores a 2 m/s, que, por otro lado, son frecuentes en la zona. Las noches refrescan, con temperaturas de  $10^\circ\text{C}$  menos.

La sensación de confortabilidad en las noches baja debido a la humedad (superior al 75%), aunque la sensación térmica es agradable con ropas ligeras de verano, sobre todo si existen brisas.



**CÁDIZ**

**Diagrama bioclimático de Givoni**

Un buen aprovechamiento solar pasivo es suficiente para mantener las condiciones de confort en el interior de las edificaciones desde noviembre a abril.

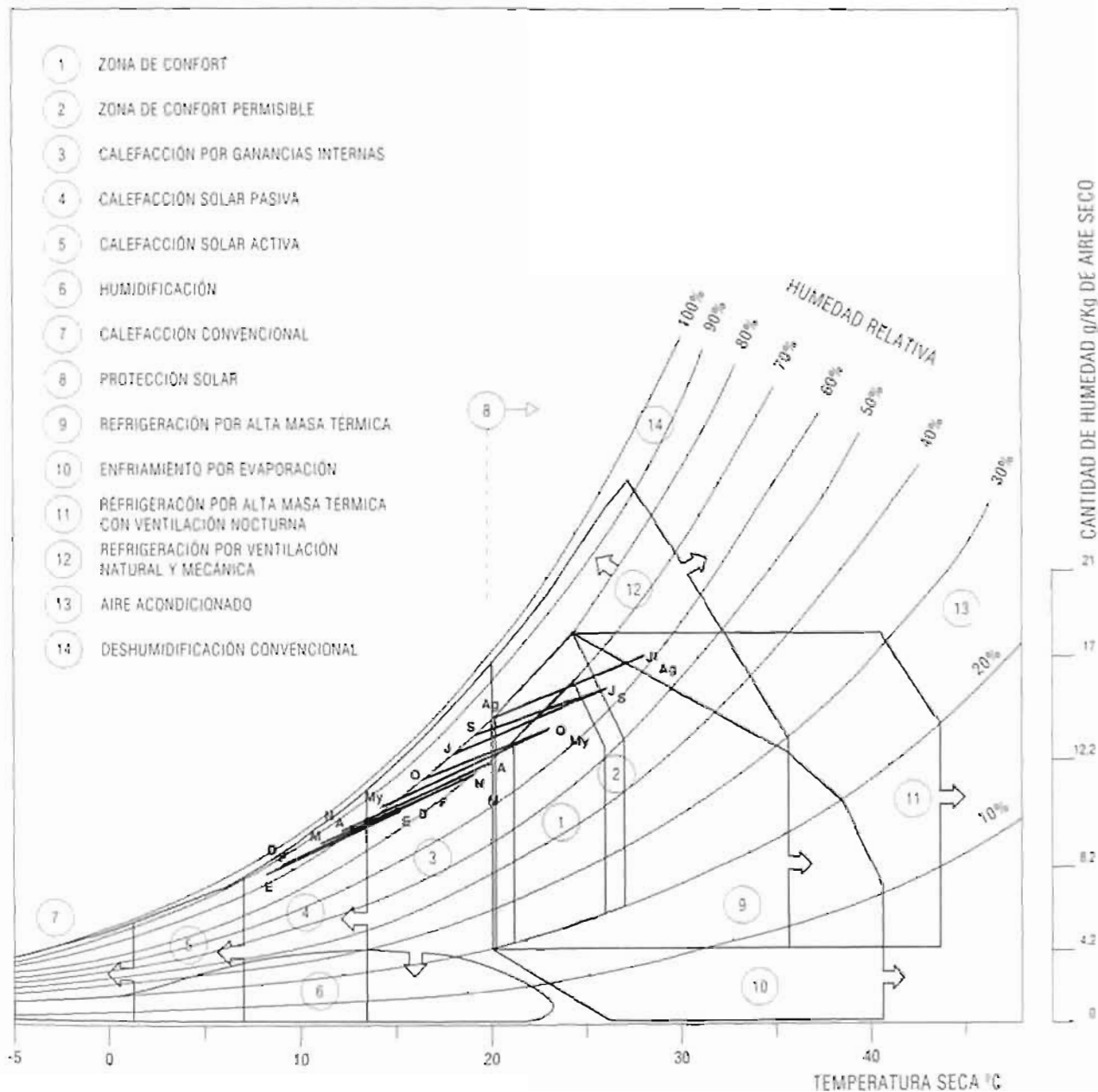
Durante los meses de mayo, gran parte de junio, septiembre y octubre el interior de las viviendas se conserva en condiciones agradables durante todo el día, pues en las horas más frías basta la aportación de calor proveniente de la ocupación para establecer el equilibrio térmico.

En la parte más calurosa del verano, en la que las temperaturas mínimas se encuentran por encima de los 20°C, en el

interior de las viviendas puede conseguirse una sensación térmica agradable por medio de la regulación de las variaciones de temperatura a través de la masa térmica de los edificios y la corrección de humedad por medio de viento, conseguido bien por medios mecánicos, bien por diseño que favorezca la ventilación.

Así pues, la buena ventilación y un desfase de onda calorífica diaria de unas 8 horas, al menos, serán suficientes para obtener confort.

Para la ventilación natural que puede exigir velocidades de hasta 4,5 Km/h, cabe aprovechar el régimen de brisas, siempre facilitando posibilidades de corrientes con el diseño del edificio.



JEREZ DE LA FRONTERA

Diagrama bioclimático de Olgyay

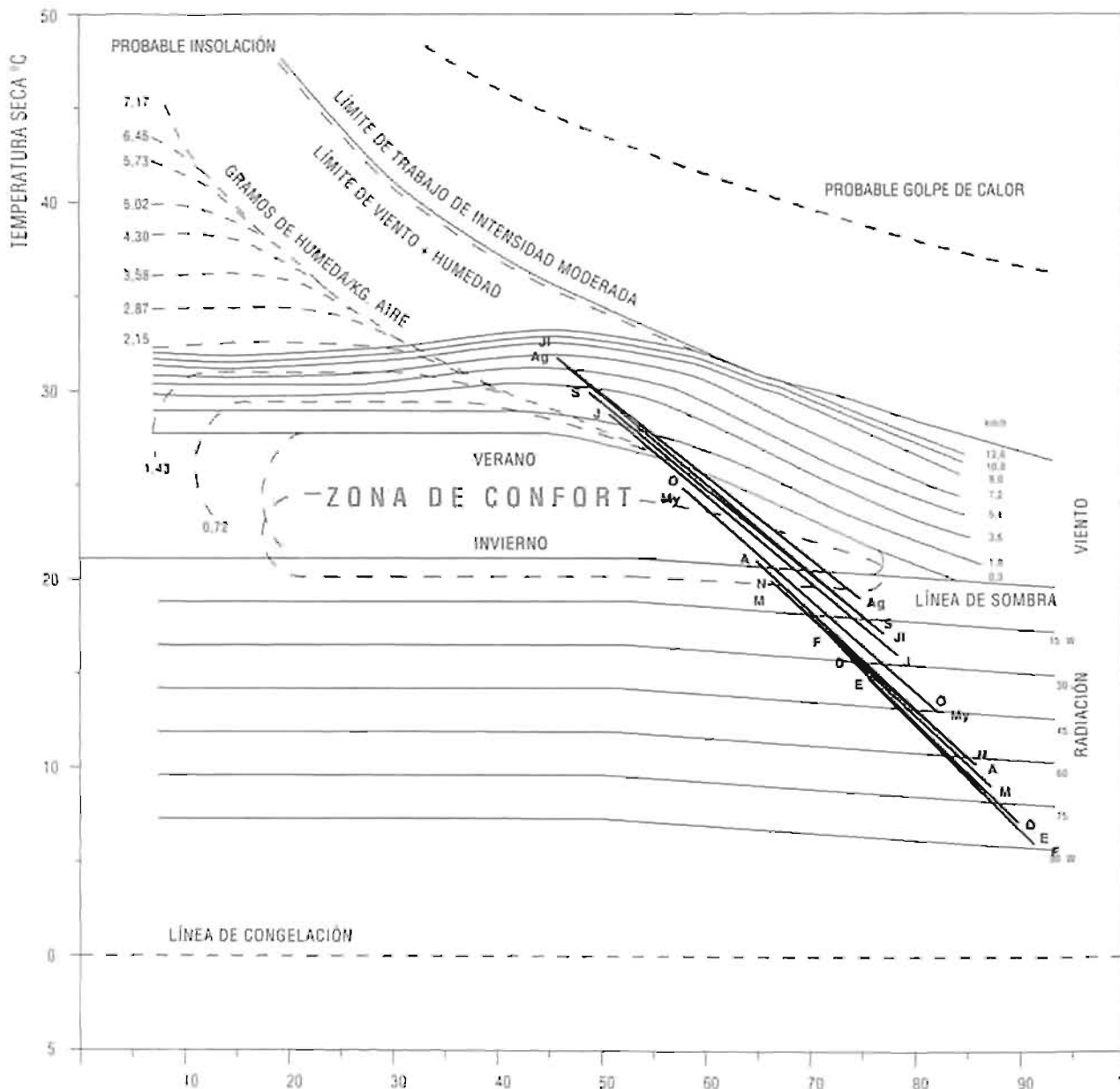
El invierno dura de diciembre a febrero con medias de temperaturas mínimas inferiores a los 7°C. La diferencia de temperaturas máxima mínima es bastante amplia, unos 10°C, por lo que, en el centro del día, basta con la radiación solar para estar confortablemente en el exterior. Por las noches, sin ser excesivamente frías, se necesitan ropas de abrigo medio.

La primavera dura aproximadamente dos meses y medio, desde marzo a la mitad de mayo. El otoño es más corto, y ocurre desde mediados de octubre hasta finales de noviembre.

En estas estaciones las condiciones térmicas diurnas son muy agradables y por las noches basta ropas de abrigo ligero para la obtención del confort.

Las temperaturas medias máximas superiores a los 25°C, días calurosos, se extienden a lo largo de cinco meses, desde mediados de mayo a mediados de octubre. Son superiores a 29°C de junio a septiembre y alcanza los máximos en julio y agosto con valores superiores a los 32°C.

En estos meses se necesita ventilación y disminución de vestido durante el día y ropa ligera de verano durante la noche.



**JEREZ DE LA FRONTERA**

**Diagrama bioclimático de Givoni**

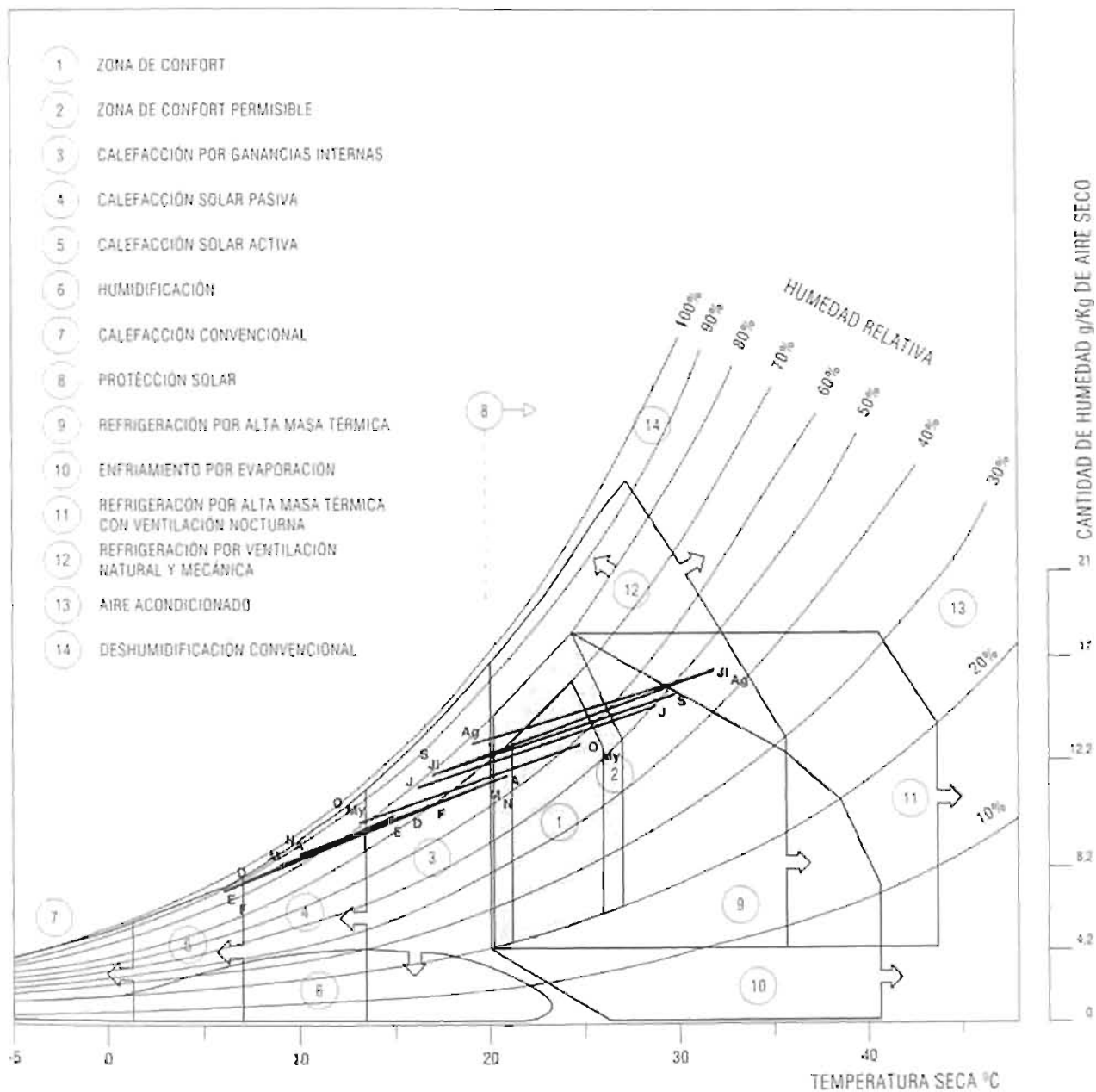
En los meses de invierno, para el bienestar en el interior de las edificaciones, se necesita aportación de calor, que la mayor parte de los días puede ser obtenida a través de un buen diseño de captación solar pasiva. En las noches de los días más fríos, se necesitará una mayor cantidad de energía que habrá de obtenerse bien por medios solar-activos, bien por sistemas convencionales.

La primavera y el otoño necesitan también aporte energético para la obtención del confort, para ello es suficiente un buen aprovechamiento de la energía solar por medios pasivos.

En verano, las diferencias de temperaturas máximas y mínimas es bastante grande, de 12 a 15°C, por lo que el uso de elementos de alta masa térmica en la edificación es muy favorable para la regulación de temperaturas. Aún así, en los meses centrales del verano el control del aporte de calor en el interior no basta y es necesaria la ventilación, bien favorecida por el diseño de la vivienda, bien obtenida por medios mecánicos.

Para la obtención de una buena regulación de la onda térmica será necesario un desfase exterior-interior de unas 12 horas.

La ventilación natural, que puede exigir velocidades de hasta 7,2 Km/h, hay que crearla con el diseño del edificio, ya que la zona sufre una frecuencia de calmas del 34%, por lo que no basta con el aprovechamiento del viento.



SEVILLA

Diagrama bioclimático de Olgay

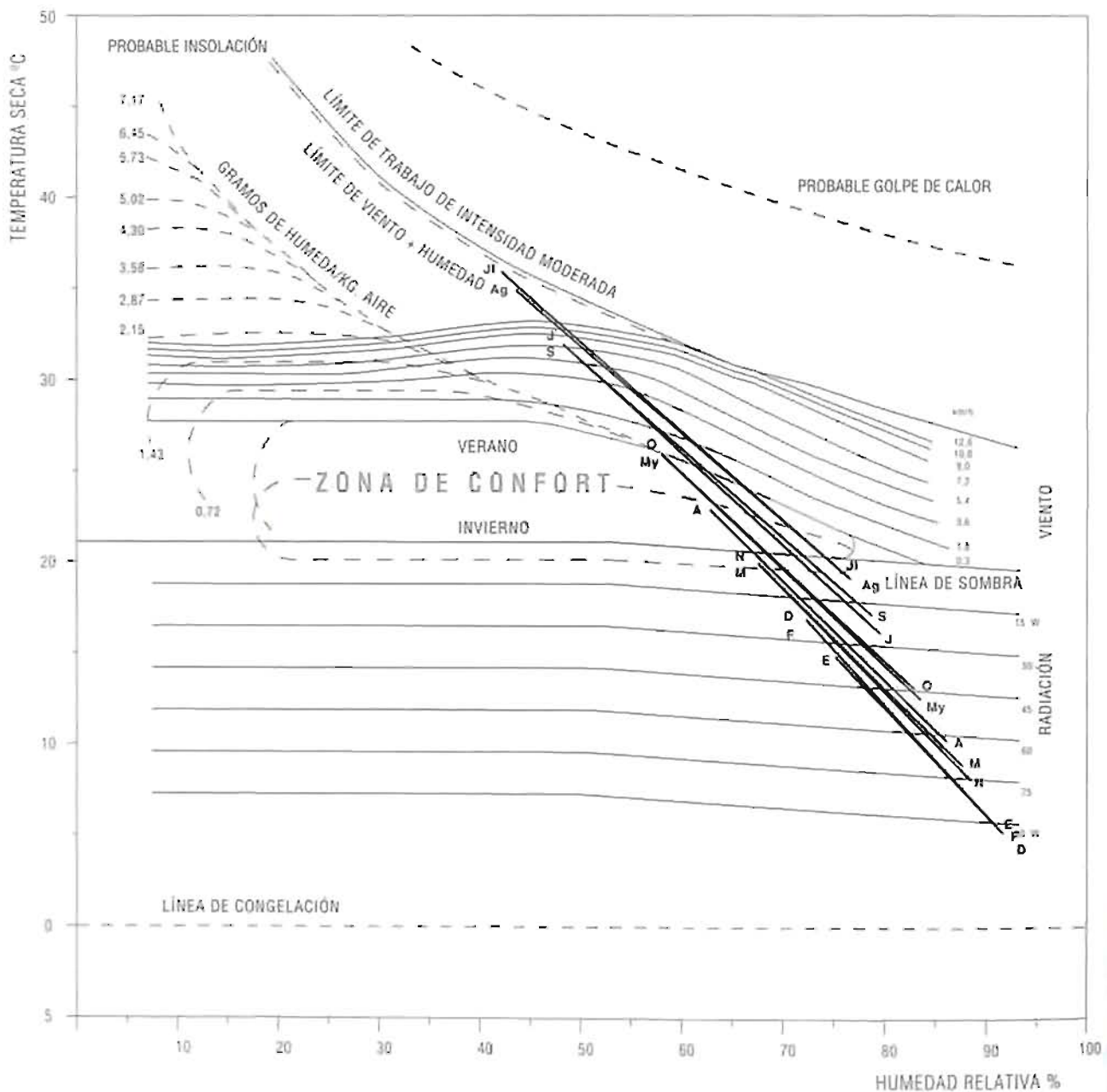
Una de las características más importantes del clima en Sevilla es la gran variación de temperaturas entre verano e invierno, y del mismo modo, una oscilación diaria de temperaturas muy amplias, de 12 a 13°C en invierno y de 16 a 17°C en verano.

En diciembre, enero y febrero, durante las horas en las que hay radiación solar, el bienestar térmico es inmediato, mientras que por las noches se necesita ropas de abrigo medio.

Los meses de marzo y abril y desde mediados de octubre hasta diciembre tienen temperaturas diurnas agradables a la sombra

y temperaturas nocturnas bajas, en relación con las anteriores, para las que se necesita ropa de abrigo ligero.

Prácticamente hay cinco meses de verano, desde mayo hasta principios de octubre. En ellos, generalmente bastan brisas para obtener el confort, aunque en los momentos más calurosos de los meses de julio y agosto las condiciones de humedad y temperatura se encuentran próximas a la línea de límite del trabajo de intensidad moderada y por tanto del límite de la obtención de confort aún por medio de la acción combinada de ventilación y humedad. Aún así puede obtenerse el confort por estos medios, aunque dada la frecuencia de las calmas y la sequedad de la zona, la corrección habrá de ser provocada por el diseño, los materiales y el aporte de humedad.



**SEVILLA**

**Diagrama bioclimático de Givoni**

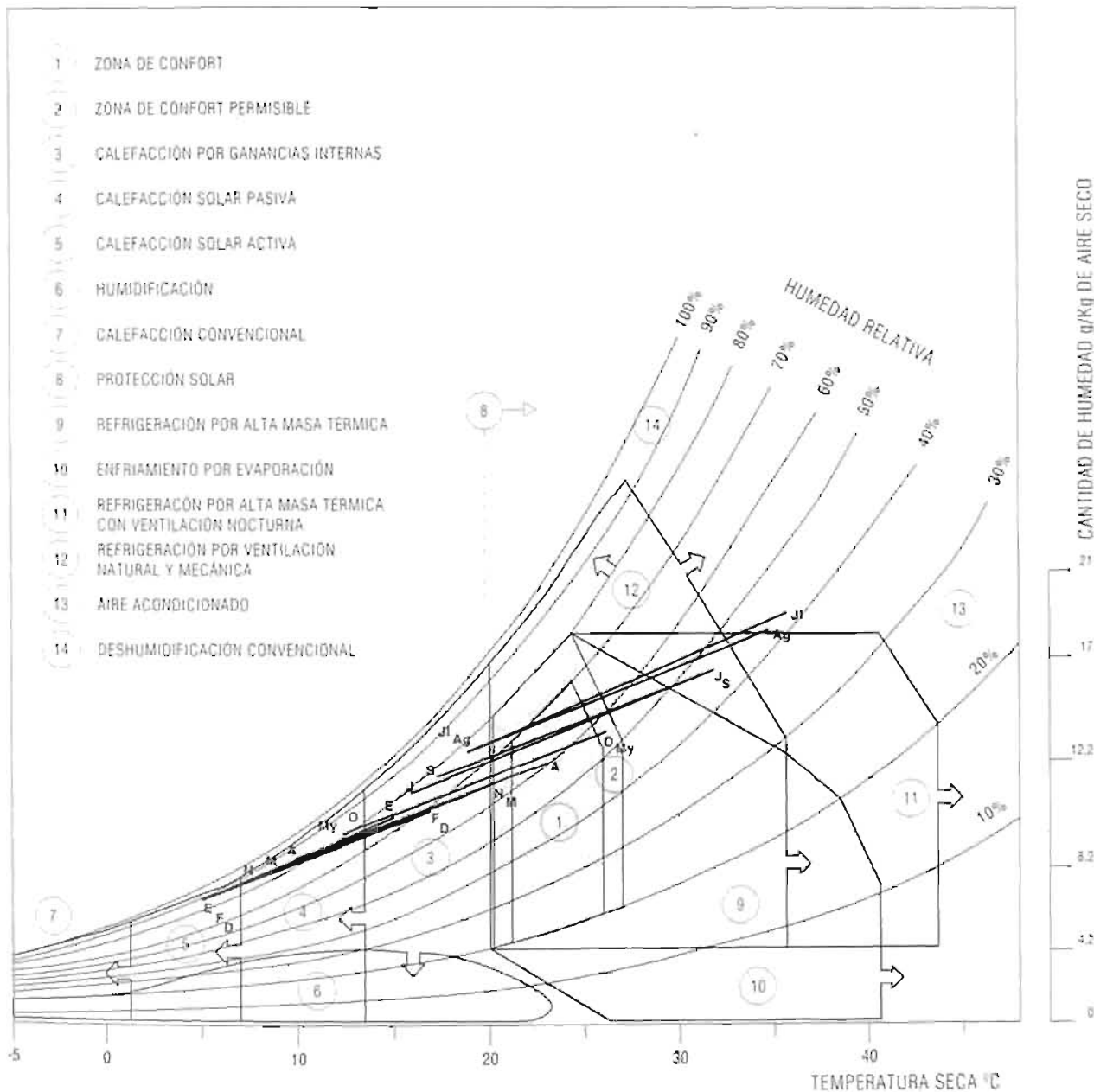
Para obtener el confort en el interior de las edificaciones, en invierno (diciembre, enero y febrero), se necesita de la aportación de calor, que dada la radiación solar existente en la zona, puede obtenerse la mayor parte del tiempo por sistemas solares pasivos, y durante las noches y días más fríos por la combinación de aprovechamientos activos y pasivos de la energía solar o por calefacción convencional

Los meses de marzo y abril, y desde mediados de octubre hasta diciembre, el calor necesario para mantener las condiciones de confort en el interior de las viviendas puede obtenerse por medio del aprovechamiento pasivo de la energía solar.

Los meses de verano, desde mediados de mayo a mediados de octubre, con la gran variación de temperaturas máxima-minima diarias, favorecen el empleo de sistemas de gran inercia térmica en la edificación, con retrasos de onda del orden de 12 horas, para regular la onda calorífica, y el de la ventilación natural o provocada.

La ventilación natural, que puede exigir velocidades de hasta 15 Km/h, hay que crearla con el diseño del edificio, ya que la zona sufre una frecuencia de calmas del 35,7% en verano, por lo que no basta con el aprovechamiento del viento, que falta o no tiene velocidad suficiente.

Dentro del verano, en los momentos más calurosos de los días de julio y agosto se necesitará aire acondicionado para obtener la sensación de confort con trabajo de intensidad moderada.



**ALGECIRAS-LA LÍNEA DE LA CONCEPCIÓN.**  
**Diagrama bioclimático de Olgay**

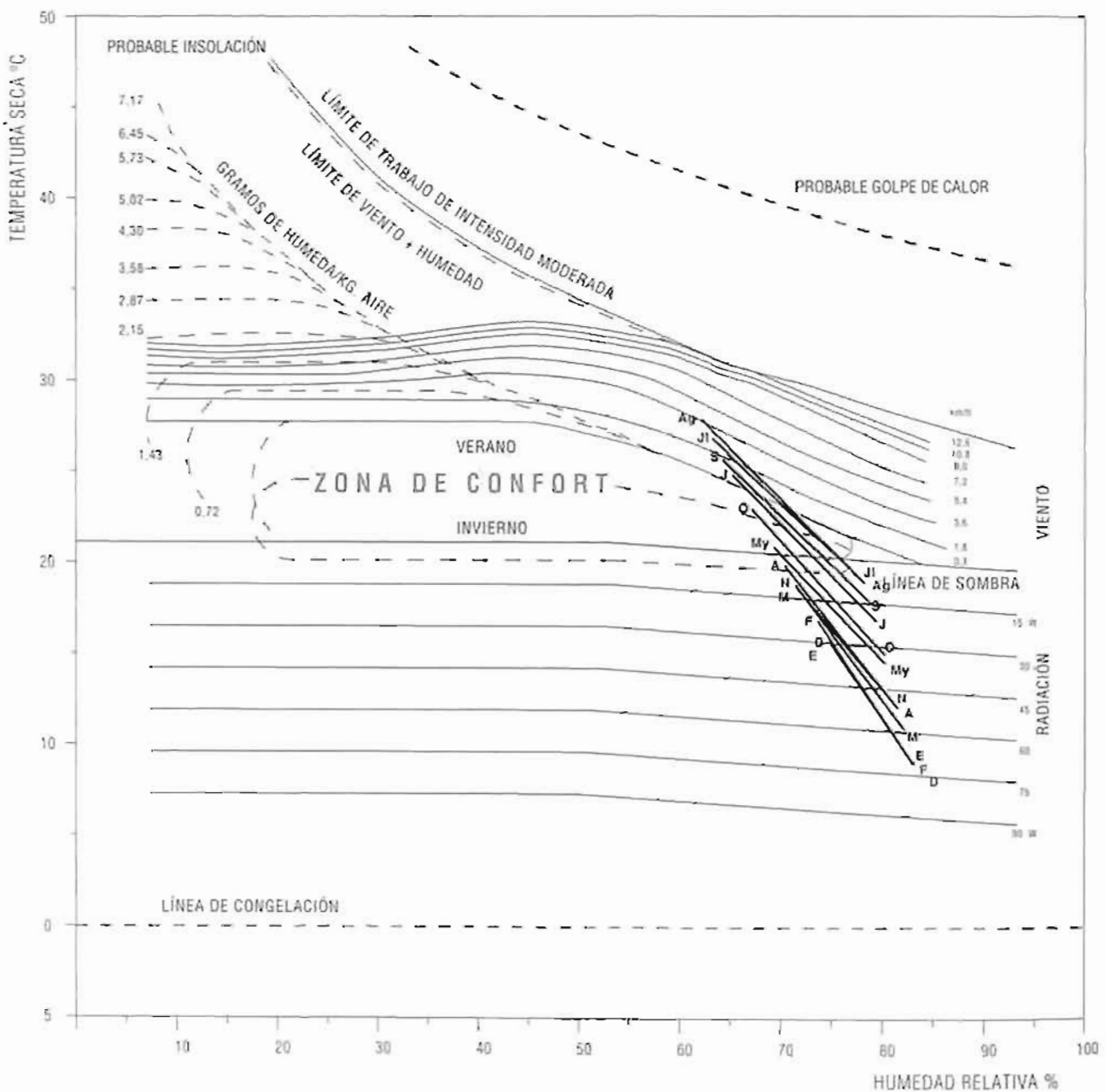
El invierno es muy benigno, con temperaturas mínimas cercanas a los 10°C y máximas del orden de los 15°C en los meses más fríos (diciembre, enero y febrero), de modo que durante el día la radiación solar es suficiente para la obtención del confort y por las noches basta ropas de abrigo ligero.

Durante los meses de noviembre y marzo sigue necesitándose la radiación solar para la obtención de bienestar, aunque ya está muy próximo del confort a la sombra y por las noches sigue necesitándose ropas de abrigo ligero.

El resto de año, de mayo a octubre, las noches son suaves y basta ropa ligera de verano para tener sensación térmica agradable.

Los días cálidos,  $T_M > 25^\circ\text{C}$  ocupan de tres a cuatro meses, que corresponden de junio a septiembre. En ellos, se necesita, además de la sombra, de un ligero movimiento del aire (aprox. 1m/s).

Las noches calurosas se dan con cierta frecuencia en julio y agosto, y debido a la humedad, mayor del 75%, se necesitará para la obtención del confort una buena ventilación.

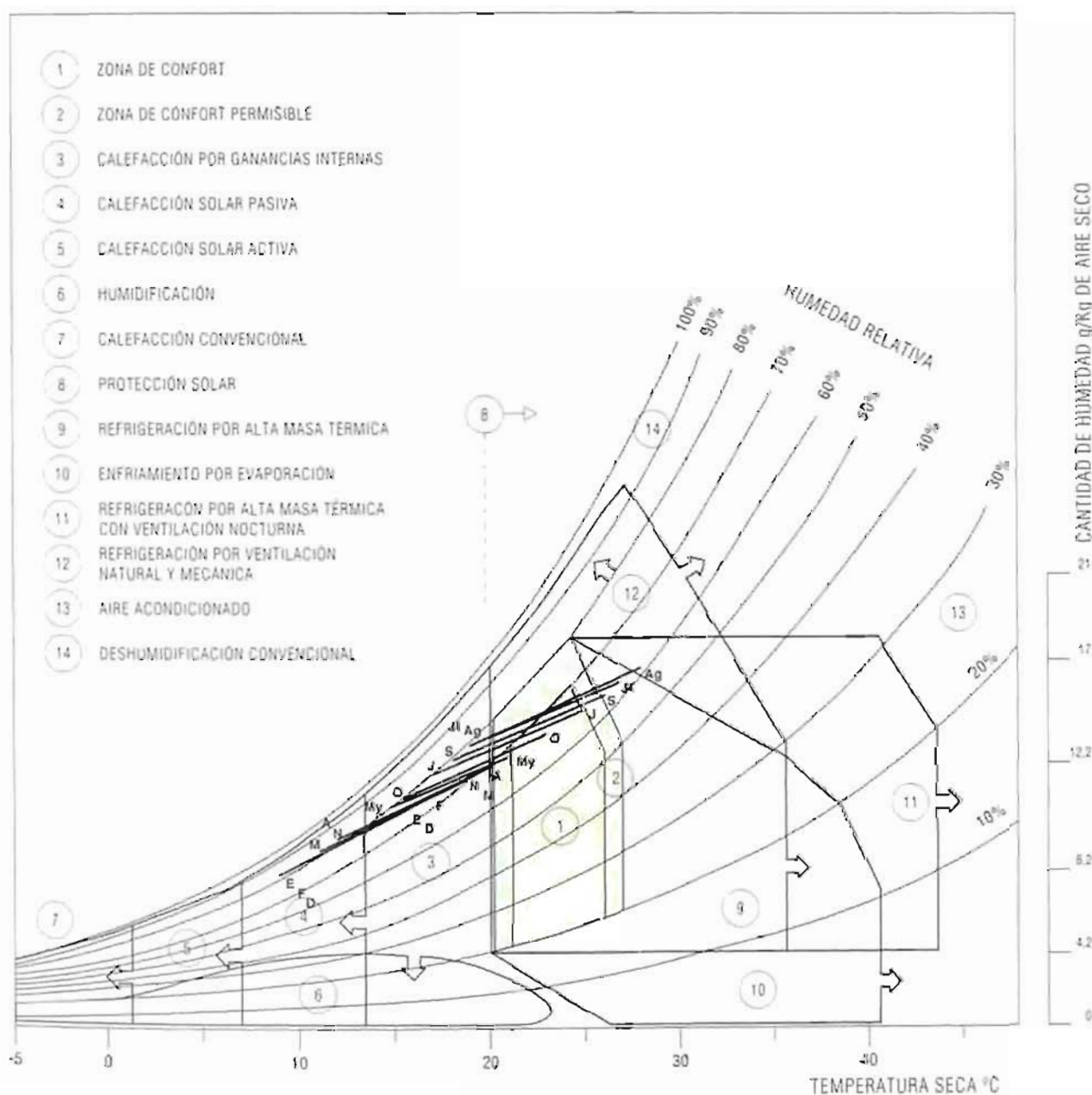


**ALGECIRAS-LA LÍNEA DE LA CONCEPCIÓN.**  
**Diagrama bioclimático de Givoni**

Para la obtención de las condiciones de confort en el interior de las edificaciones, basta, durante los meses de noviembre a marzo con que su diseño tenga un buen comportamiento solar pasivo, y en los meses más fuertes del verano, julio, agosto y septiembre, con que en la construcción se hayan incluido materiales de alta masa térmica y/o que el diseño favorezca la ventilación. Sería recomendable que los muros de cerramiento exterior produjesen un desfase de onda calorífica del orden de 8 horas al menos.

El resto del año, las viviendas no necesitan ningún cuidado especial, pues se consiguen sensaciones térmicas agradables en los momentos más fríos del día simplemente por las ganancias térmicas debidas a la ocupación.

Para la ventilación natural, que puede exigir velocidades de hasta 4 Km/h, cabe aprovechar el régimen de brisas, facilitando posibilidades de corrientes con el diseño del edificio, pero también con medios para impedir las y matizarlas, ya que los vientos en esta zona pueden ser fuertes y crear condiciones de disconfort por exceso.



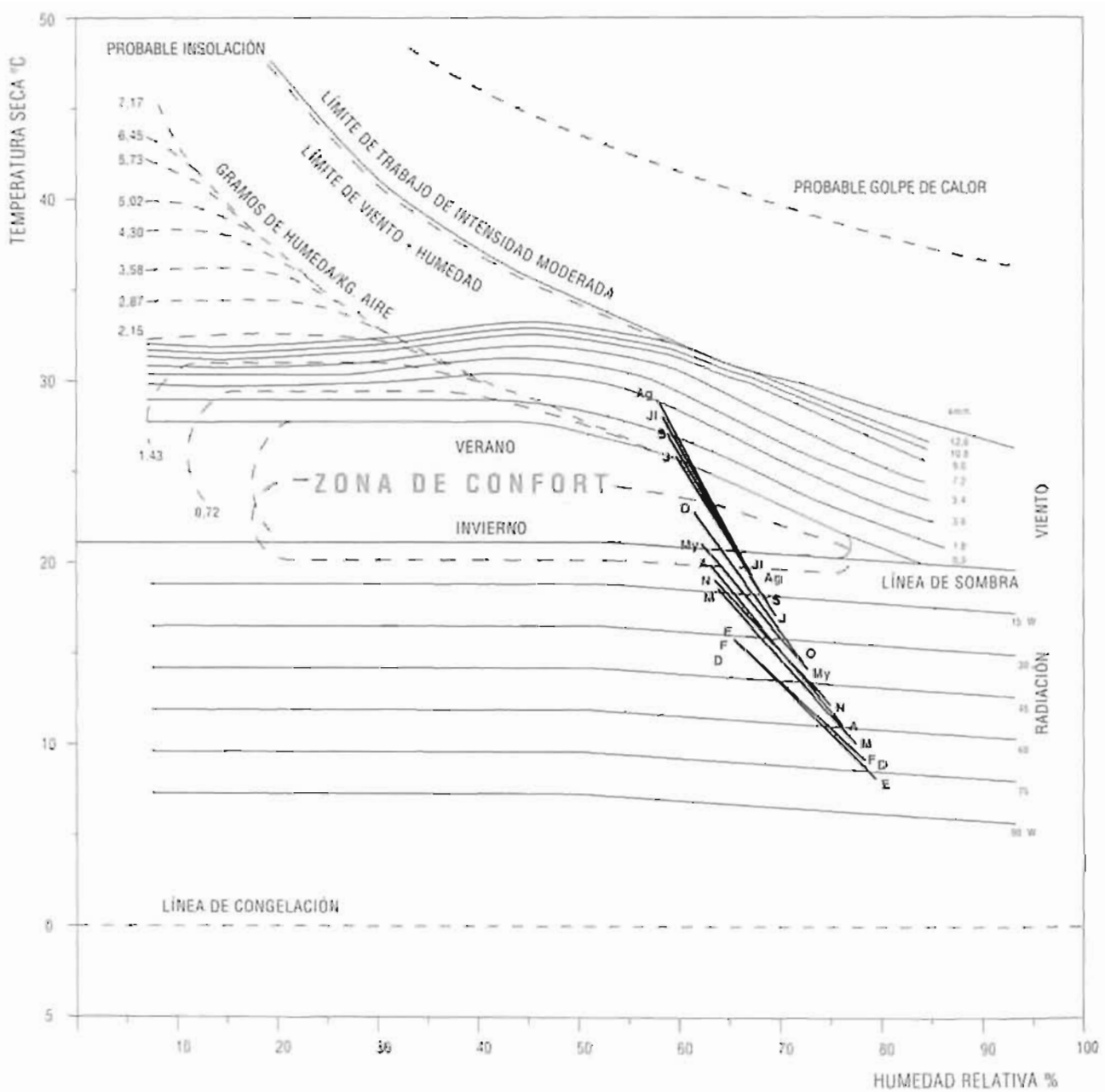
MARBELLA

Diagrama bioclimático de Olgyay

Las condiciones climáticas se mantienen durante todo el año dentro de aquellas en las que es posible alcanzar el confort en el exterior por medios naturales. La aportación de calor necesaria desde diciembre a abril es ampliamente cubierta por la radiación solar y

los vientos necesarios en los meses de junio a septiembre para la obtención de un sensación térmica agradable son de baja velocidad, y en general quedan cubiertos por las brisas marinas.

En las noches de invierno se necesita el uso de ropas de abrigo ligero. En las noches más calurosas del verano, basta la ventilación para restaurar el bienestar.



**MARBELLA**

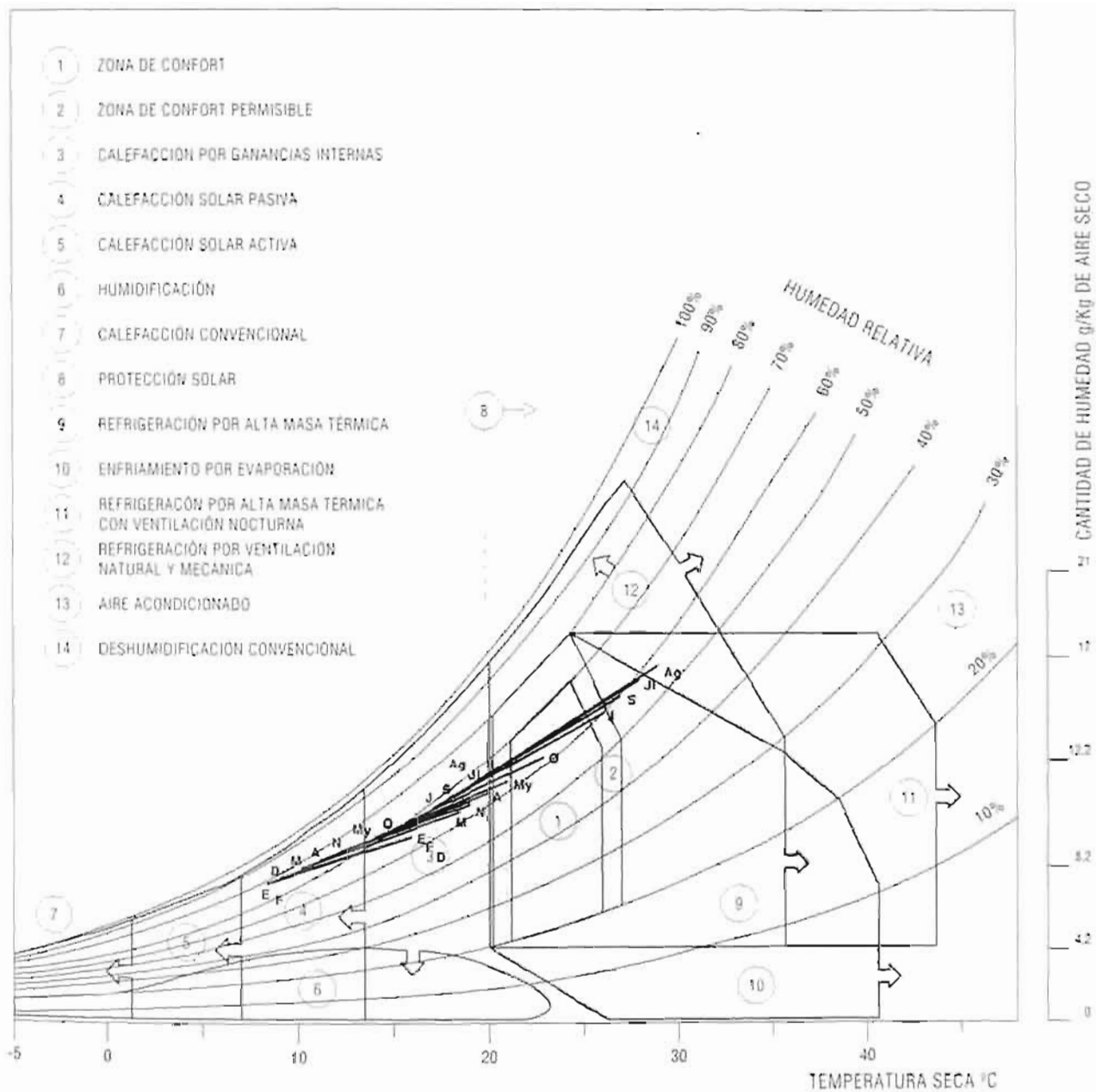
**Diagrama bioclimático de Givoni**

También en el interior de las edificaciones es posible alcanzar el confort durante todo el año sin necesidad de recurrir a aportaciones o disipaciones de calor que no sean las que pueden obtenerse del propio medio. Basta el uso de materiales adecuados y un diseño que favorezca la captación solar pasiva y la ventilación para obtener las condiciones de confort.

La necesidad de calor en los meses de noviembre a abril, puede cubrirse con aprovechamiento solar pasivo, y el exceso de calor

en las horas centrales de los días de julio a septiembre, puede regularse por medio del uso de materiales de cualidades termofísicas adecuadas, para lo que se recomienda un desfase de onda calorífica de, al menos, 8 horas, y por un proyecto que favorezca la ventilación.

Para la ventilación natural, que puede exigir velocidades de hasta 3,6 Km/h, cabe aprovechar el régimen de brisas, siempre facilitando posibilidades de corrientes con el diseño del edificio.





**ALMOGLIA-CASABERMEJA**

**Diagrama bioclimático de Givoni**

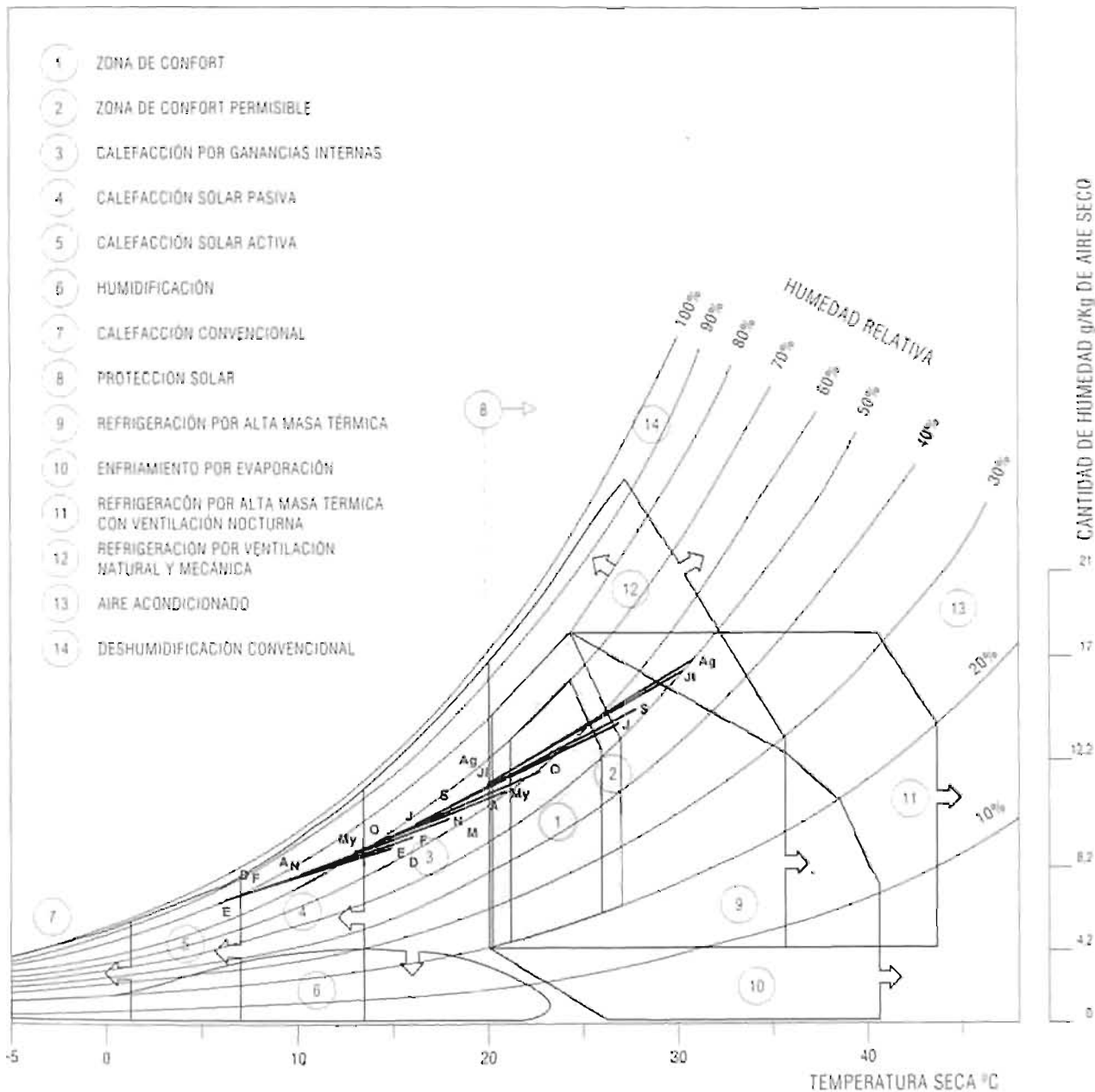
Las casas con buen diseño para el aprovechamiento pasivo de la energía solar mantienen las condiciones de confort durante los meses de noviembre a mayo, excepto en algunas noches del mes de enero en las que se necesitará aportación de calor obtenido por otros medios (solar activo o calefacción convencional).

En los meses con días calurosos, de junio a septiembre, se pueden regular los aportes de calor al interior por medio del uso de materiales con capacidad calorífica y densidad adecuadas,

de modo que el desfase de la onda de calor del exterior al interior sea del orden de las 8 horas o superior.

El resto del año las condiciones térmicas son tales que la simple ocupación de la edificación, con las ganancias de calor internas que ello aporta, mantiene la relación humedad-temperatura dentro de los límites de confort.

La ventilación natural, que puede exigir velocidades de hasta 5,4 Km/h, hay que crearla con el diseño del edificio, ya que la zona sufre una frecuencia alta de calmas, por lo que no basta con el aprovechamiento del viento.



CÓRDOBA

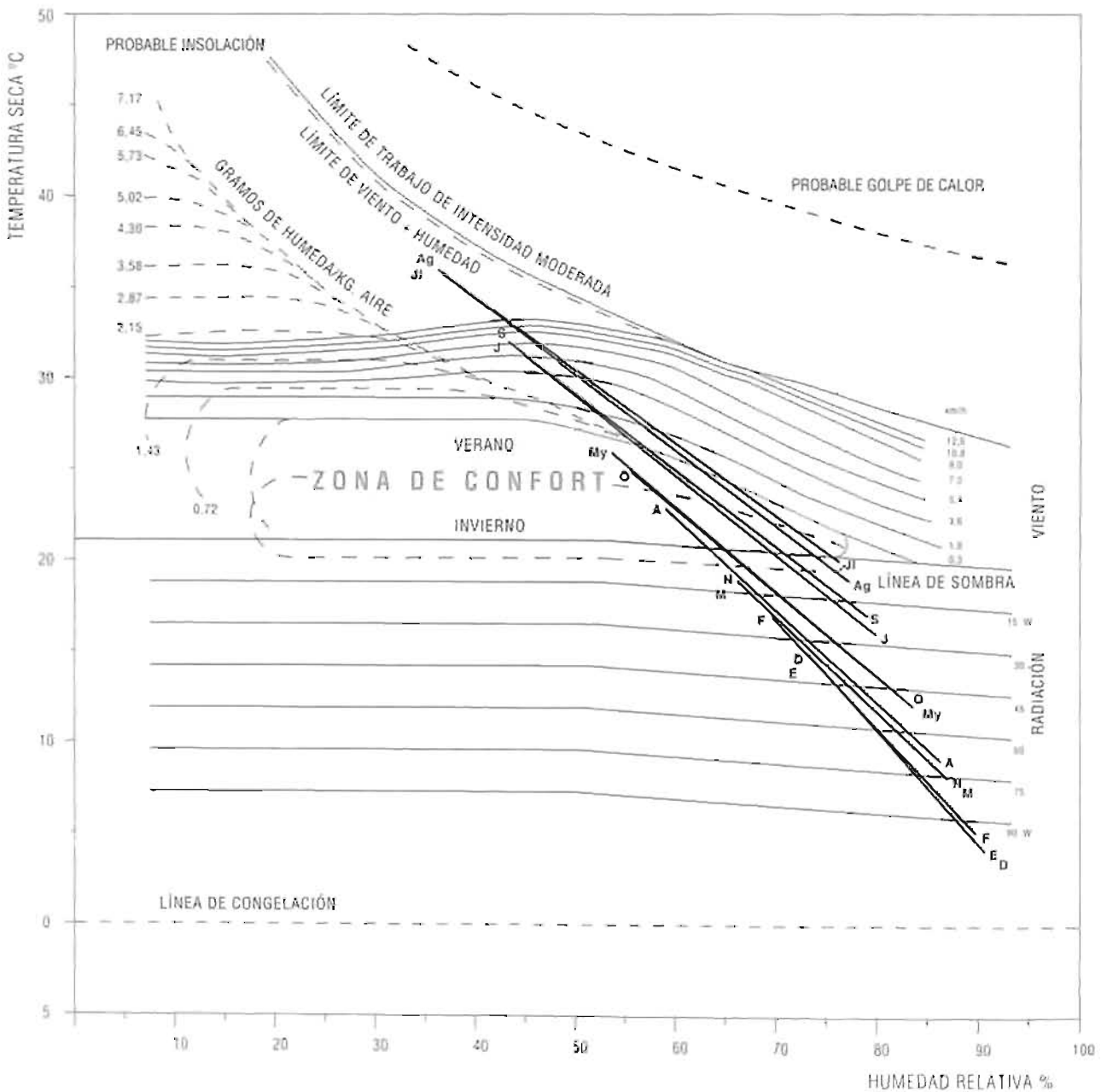
Diagrama bioclimático de Olgay

La oscilación diaria de temperaturas lleva a que en invierno, en los meses más fríos, se encuentre durante el día el confort con unas radiaciones relativamente bajas, mientras que en los momentos más fríos de la noche se necesita bastante radiación, más de 90 w, o ropas de abrigo medio, que se convierten en ropas de abrigo pesado en los días, alrededor de 20 anuales, en los que la temperatura mínima baja de los 0°C.

De marzo a mediados de mayo y la última quincena de octubre y todo el mes de noviembre, se alcanza la sensación térmica agradable con radiación –la solar la cubre ampliamente– y ropas de abrigo medio en las horas más frías.

Desde mediados de mayo y junio y desde septiembre a mediados de octubre, las temperaturas máximas son superiores a los 25°C y las mínimas superiores a los 15°C, por lo que, en lo que respecta a las noches, se necesita ropa ligera de verano, mientras que durante el día se obtiene el confort con una ligera brisa.

Los momentos más calurosos del día, en los meses de julio y agosto tienen unas máximas temperatura-humedad próximas a la zona de límite de trabajo de intensidad moderada y para obtener el confort se necesita la concurrencia de viento y humedad, que dadas las características climáticas, con numerosos días de viento en calma y sequedad ambiental, deben procurarse por medio del diseño.



**CÓRDOBA**

**Diagrama bioclimático de Givoni**

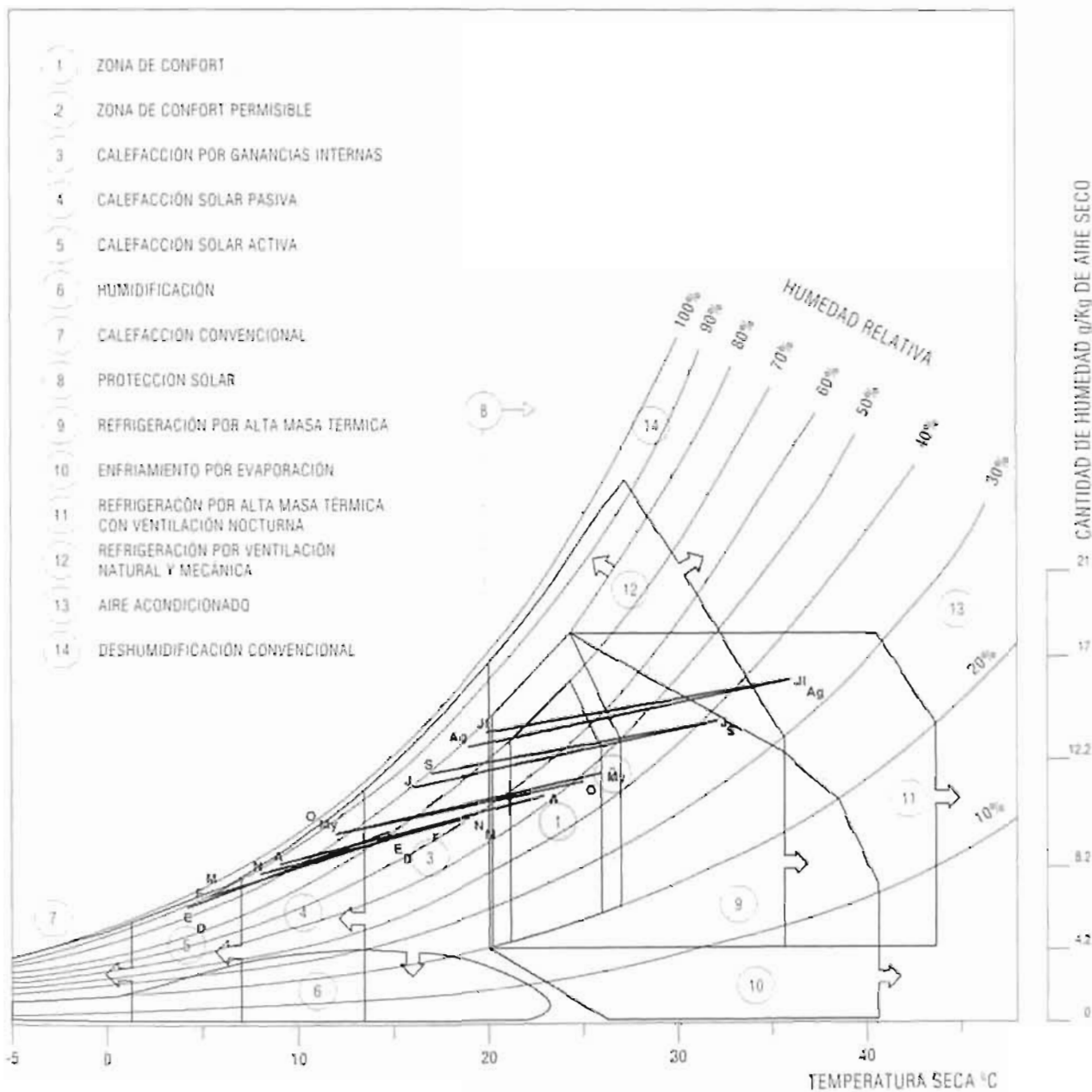
Una de las características más importantes del clima de Córdoba es la gran oscilación existente entre las temperaturas máxima y mínima diarias, que en invierno es de unos 11-12°C y en verano alcanza valores de 16-17°C. Característica que favorece el empleo de inercia térmica para mantener constante la temperatura en el interior de las edificaciones.

Los meses de invierno se necesita aporte de calor, que puede ser obtenido en general por modos pasivos, aunque en las horas más frías y los días de helada no basta y se necesita mayor aporte de energía que habrá de procurarse bien por medios de captación solar activa, bien por calefacción convencional.

En marzo, abril y hasta mediados de mayo y desde mediados de octubre y noviembre la aportación de energía necesaria para el confort dentro de las edificaciones puede hacerse por medio del diseño solar pasivo.

En los meses de verano junio y septiembre, la inercia térmica o la ventilación son suficientes para mantener el equilibrio térmico. No ocurre lo mismo con los de julio y agosto en los que se necesita la acción combinada de alta masa térmica, al menos 12 horas, con un buen diseño que favorezca la ventilación.

La ventilación natural, que puede exigir velocidades de hasta 15 Km/h, hay que crearla con el diseño del edificio, ya que la zona sufre una frecuencia de calmas de 43,7% en verano, por lo que no basta con el aprovechamiento del viento.



**MÁLAGA**

**Diagrama bioclimático de Olgay**

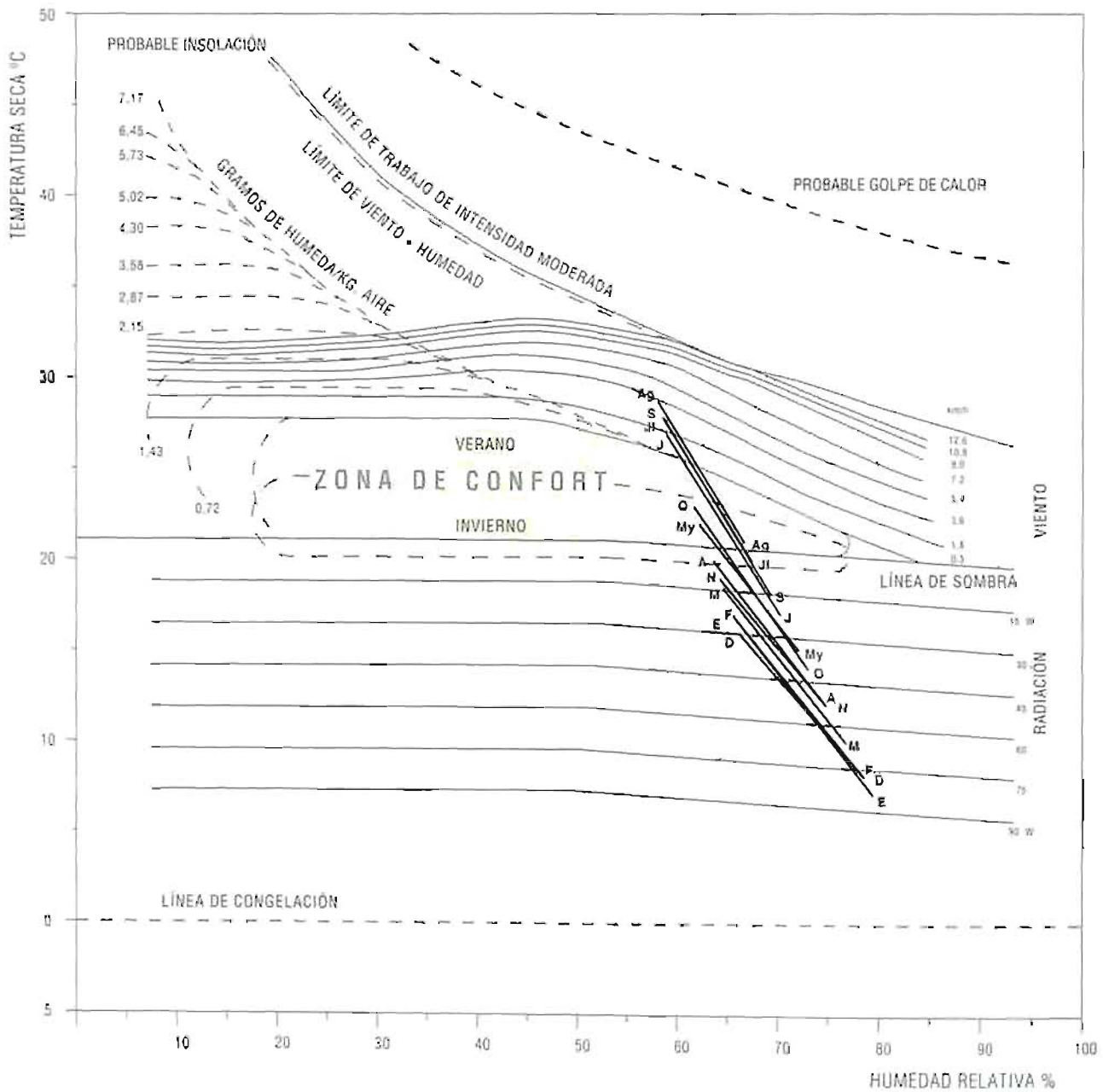
Las temperaturas son benignas en Málaga durante todo el año. Así, en los meses más fríos, las medias de las máximas son del orden de 16-17°C mientras que las de las mínimas no descienden por debajo de los 7-8°C. La humedad se mantiene por debajo del 70% por lo que no produce sensaciones desagradables.

Puede decirse que no existe invierno en el sentido de que sean meses fríos y desde noviembre a abril las temperaturas exteriores son tales que durante el día basta una radiación del

orden de 45w para obtener el confort, y por las noches el bienestar se consigue con ropas de abrigo ligero, o por supuesto, también por medio de radiación.

Los meses de octubre y mayo son muy agradables, necesitándose sombra durante el día y ropa ligera de verano en las noches para obtener una sensación térmica agradable.

Hay cuatro meses de días calurosos, cuyas medias de máximas superan los 25°C, aunque no llegan a los 30°C. Una ligera ventilación, que habitualmente procuran las brisas marinas, basta para la obtención del bienestar.



**MÁLAGA**

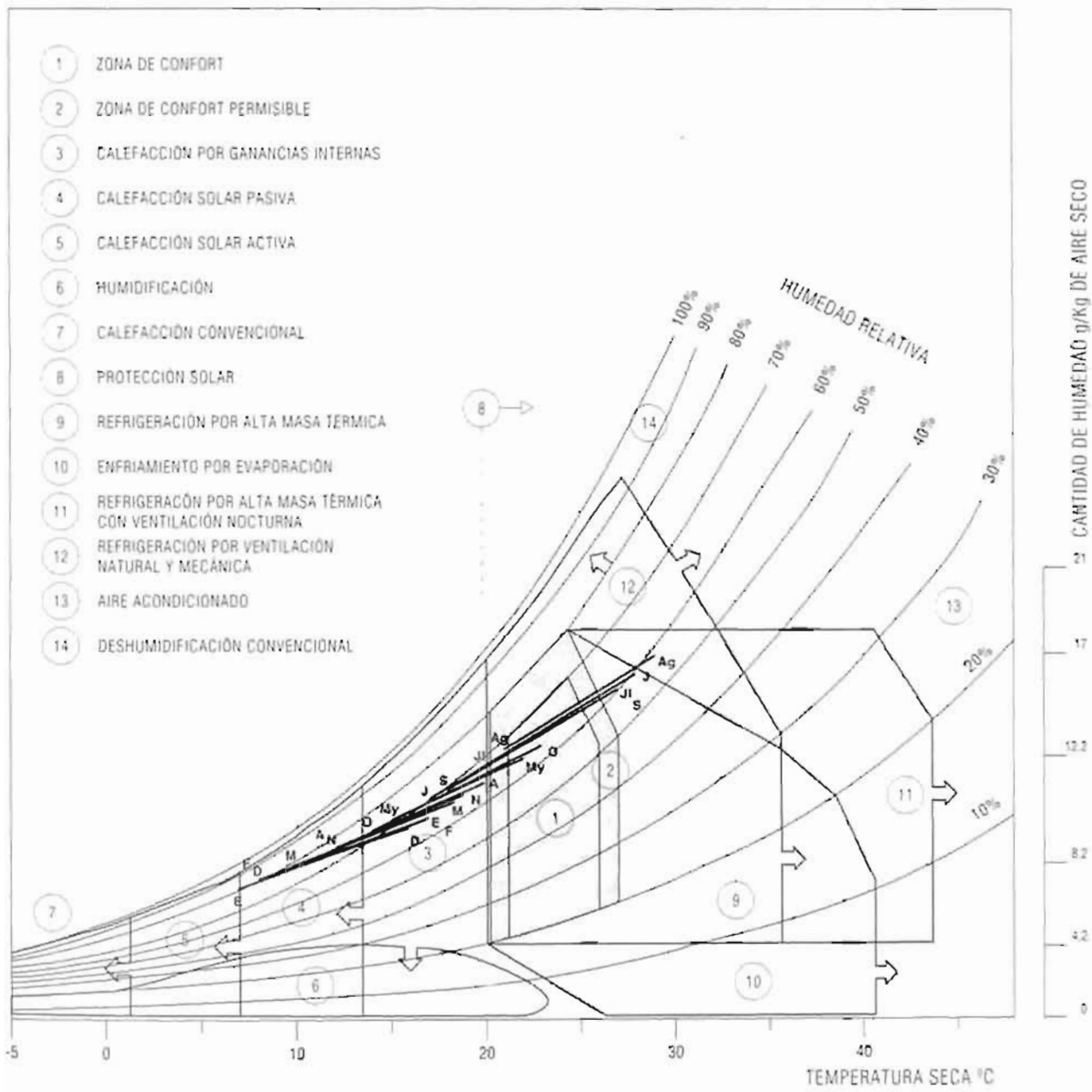
**Diagrama bioclimático de Givoni**

En el interior de las edificaciones basta para mantener el equilibrio térmico con un buen comportamiento solar pasivo de la construcción en los meses más fríos.

En primavera y otoño es suficiente la energía que procura la ocupación para que la sensación térmica sea agradable.

El uso de materiales de capacidad calorífica apropiada, que retrasen la onda térmica del orden de al menos 8 horas, o ventilación bien natural, bien mecánica, son suficientes en verano para restablecer las condiciones de confort.

La ventilación natural, que puede exigir velocidades de hasta 3,6 Km/h, hay que crearla con el diseño del edificio, ya que aunque la zona tiene un régimen de brisas marítimo, la frecuencia de calmas es de un 29% en verano, por lo que no basta con el aprovechamiento del viento.





**VÉLEZ MÁLAGA**

**Diagrama bioclimático de Givoni**

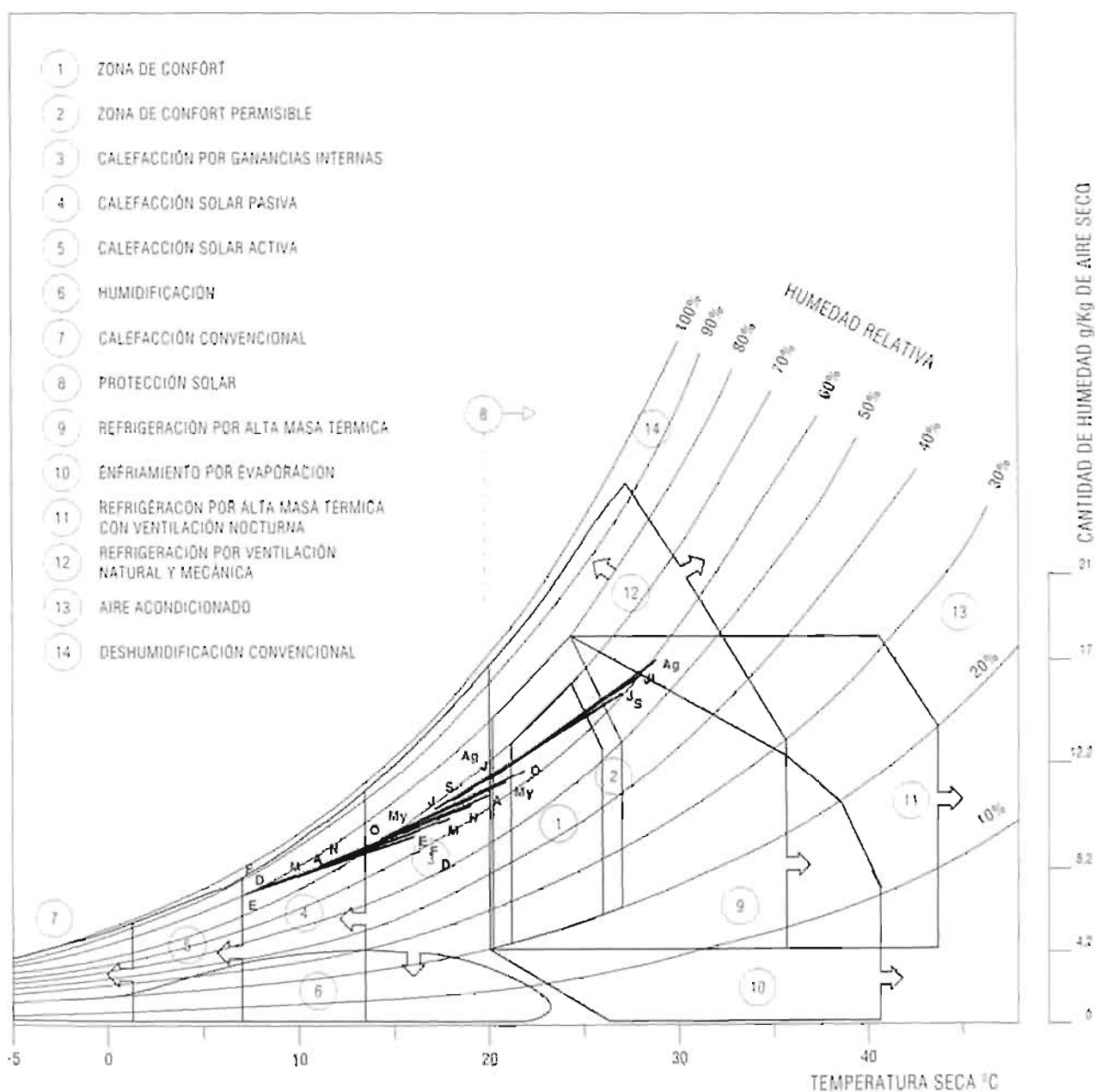
Un buen diseño de la vivienda y el uso de materiales adecuados pueden mantener la situación de confort en su interior durante todo el año.

En los meses más fríos, la aportación de calor necesaria para restablecer el confort puede obtenerse por métodos solar-pasivos.

La primavera y el otoño tienen unas características climáticas térmicamente suaves y la mera ocupación de las viviendas procura en ellas un ambiente térmico agradable.

En los meses de más calor, el uso de materiales de alta masa térmica, que retrasen la onda calorífica exterior-interior 8 horas, al menos, o un buen diseño que permita la ventilación, serán suficientes para controlar que no haya excesos de calor en el interior de las edificaciones.

La ventilación natural, que puede exigir velocidades de hasta 3,6 Km/h, hay que crearla con el diseño del edificio, ya que la frecuencia de calmas es alta.





JAÉN

Diagrama bioclimático de Givoni

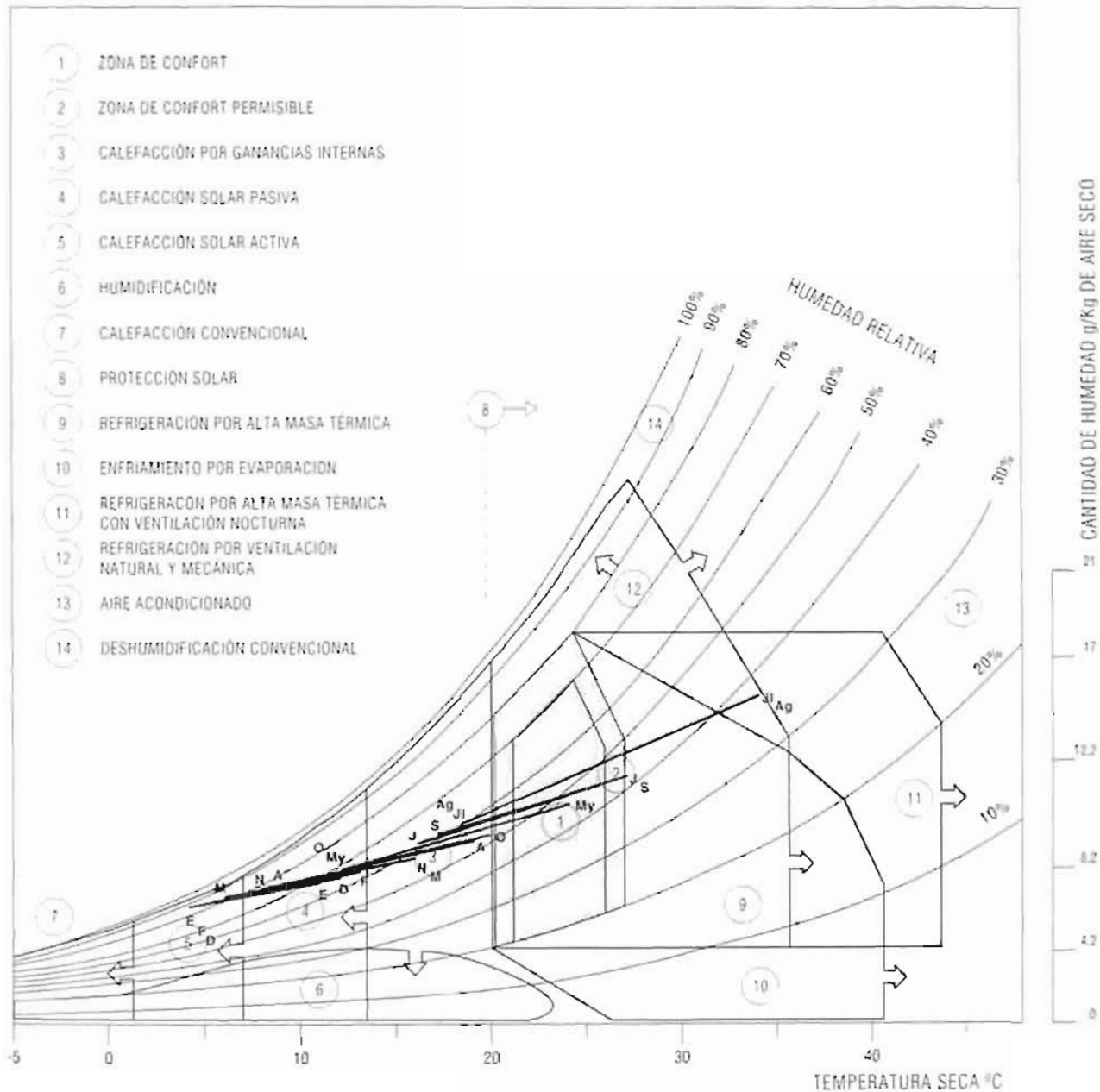
Durante el invierno, en el interior de las edificaciones se puede mantener una sensación térmica agradable durante casi todo el día por medios solar-pasivos. No así durante las noches o en los días más fríos, de helada, en los que se precisa medios bien solar-activos, bien convencionales para la obtención de la energía necesaria.

Cuando se suaviza el tiempo, durante los meses de octubre y noviembre y los de abril y mayo, basta para la obtención del confort, con un buen diseño para el aprovechamiento solar pasivo, y desde mediados de mayo y junio y el mes de sep-

tiembre hasta mediados de octubre, las condiciones térmicas internas se mantienen simplemente por las ganancias de calor debidas a la ocupación del edificio.

En julio y agosto, se necesita regular el flujo de calor exterior-interior procurándole un desfase de unas 12 horas al menos, y un diseño que favorezca o procure una buena ventilación y aporte de humedad.

La ventilación natural, que puede exigir velocidades de hasta 15 Km/h, hay que crearla con el diseño del edificio, ya que la zona sufre una frecuencia de calmas del 53% en verano, por lo que no basta con el aprovechamiento del régimen de vientos.



**LINARES**

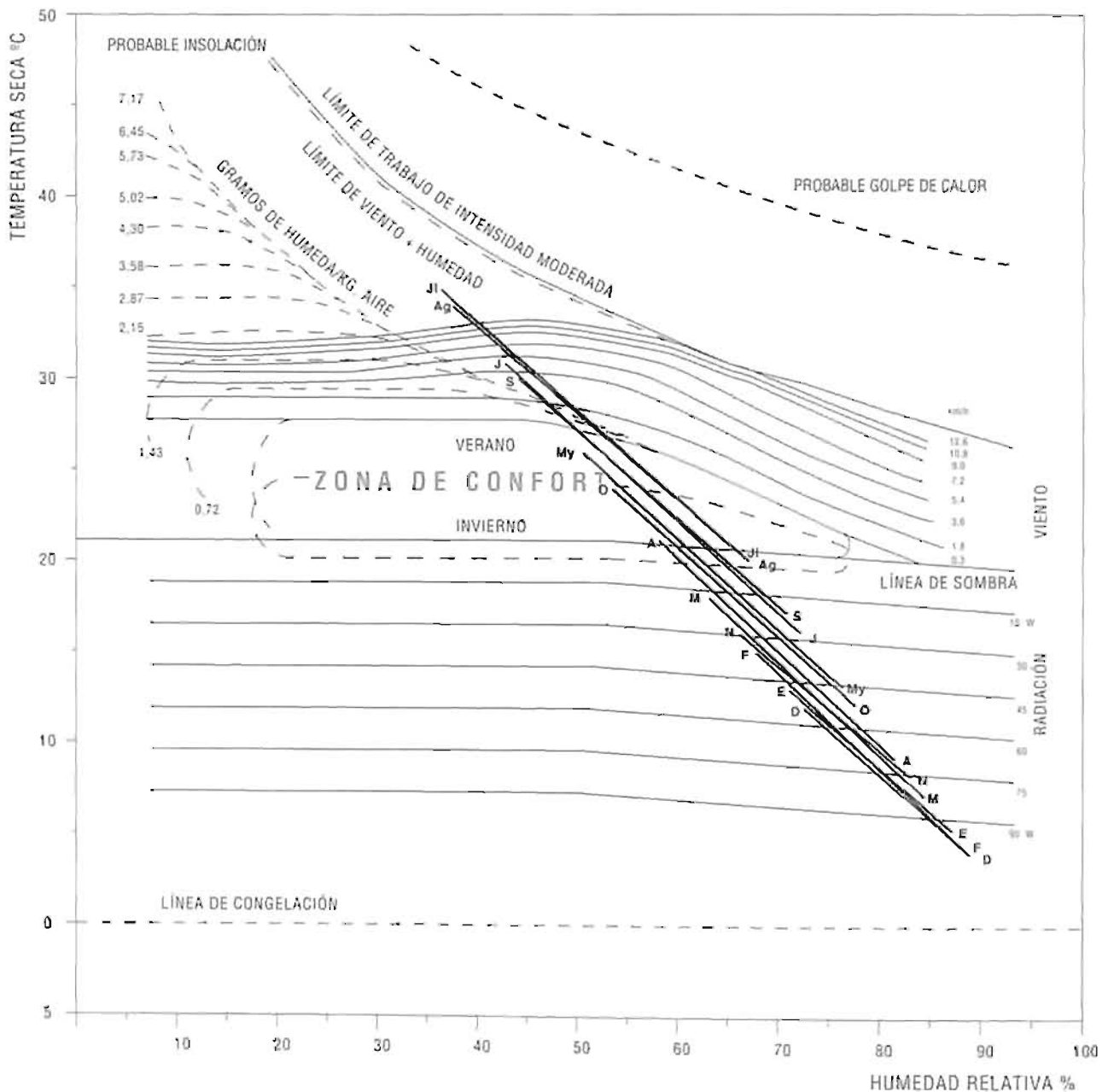
**Diagrama bioclimático de Olgay**

El invierno es bastante frío, con frecuentes heladas –del orden de 18 a 20 días anuales– y se extiende desde mediados del mes de noviembre hasta mediados del mes de marzo. En este tiempo, para obtener el confort es necesaria, durante el día, radiación solar y ropa de abrigo ligero y ropa de abrigo medio durante las noches que se convierte en ropas pesadas de abrigo en los días de helada.

De mediados de marzo, abril y mayo y durante el mes de octubre hasta mediados de noviembre se obtiene una sensación

térmica agradable durante el día, pero por las noches y días cubiertos se necesita ropa de abrigo medio.

El verano dura cuatro meses, de junio a mediados de septiembre, con medias de temperaturas máximas superiores a los 30°C. Normalmente se puede corregir el desconfort por medio de la ventilación, aunque en los momentos más calurosos de los días de julio y agosto se necesita la acción combinada de la ventilación y del aporte de humedad, efectos que dado el clima de la zona deben ser obtenidos por medio del diseño.



**LINARES**

**Diagrama bioclimático de Givoni**

Con respecto al establecimiento de las condiciones de confort dentro de las edificaciones son necesarios los siguientes recursos:

De mediados de noviembre a mediados de marzo, bastan generalmente sistemas solar-pasivos de captación de energía para mantener el interior de las edificaciones en un ambiente térmico agradable. Solo en los momentos más fríos, noches y días de helada se necesita el apoyo de sistemas activos, bien solares, bien convencionales.

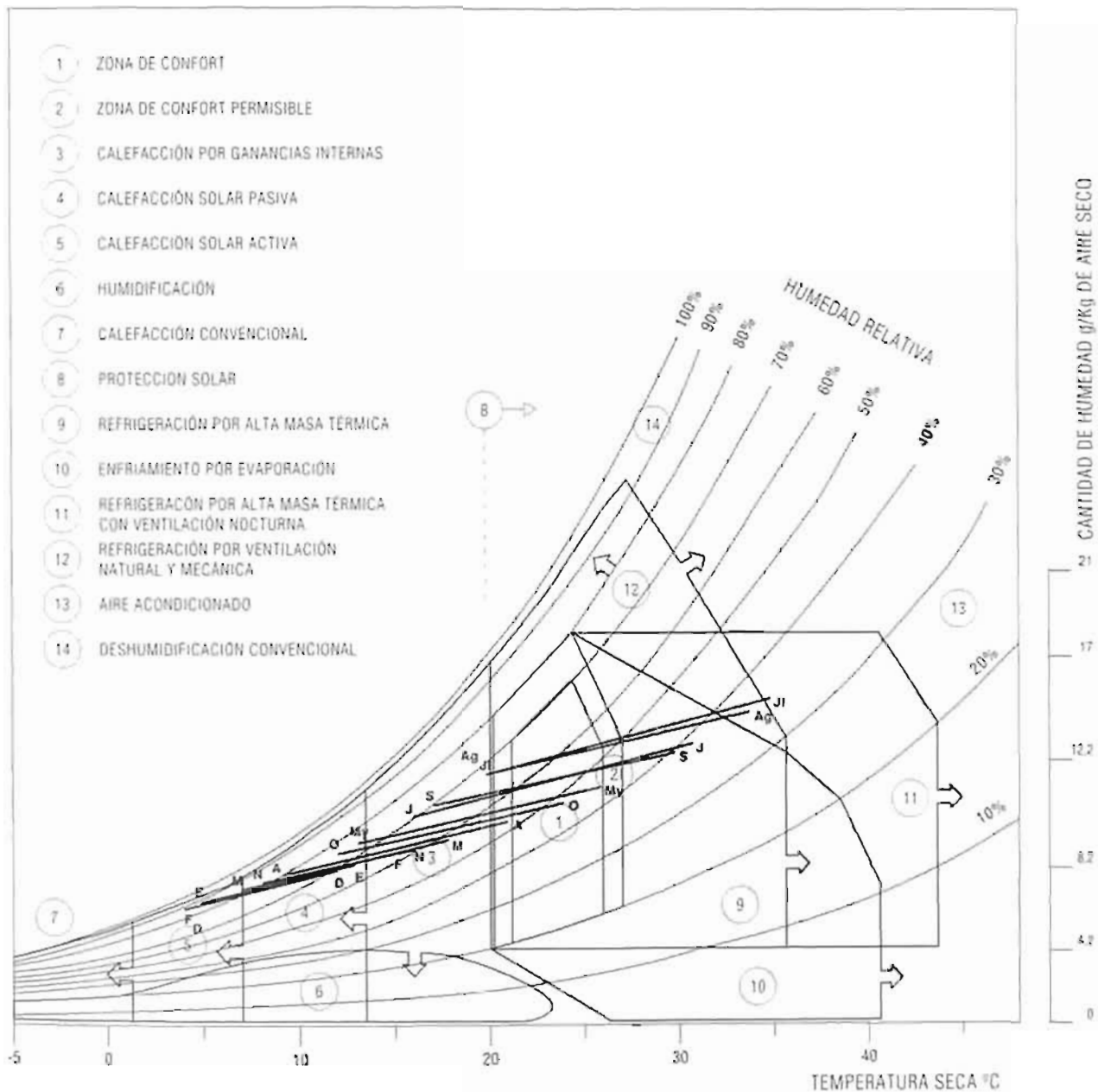
De mediados de marzo, abril y mayo y desde mediados de octubre y el mes de noviembre, un buen diseño y materiales

de características termofísicas adecuadas pueden, de un modo solar pasivo, aportar el calor necesario para el confort.

junio y septiembre, son dos meses de fuerte calor, pero en los que, debido a la diferencia de temperaturas máxima-minima, basta también el uso de materiales adecuados, que retrasen el efecto calorífico en el interior unas 12 horas, y/o una buena ventilación natural o mecánica para obtener sensación térmica agradable.

Durante los meses de julio y agosto es necesario el concurso de los dos sistemas, alta inercia térmica, más buena ventilación nocturna por la obtención del confort.

La ventilación natural, que puede exigir velocidades de hasta 15 Km/h, hay que crearla con el diseño del edificio, ya que la zona sufre una frecuencia muy alta de calmas, por lo que no basta con el aprovechamiento del régimen de vientos.



**GRANADA**

**Diagrama bioclimático de Olgay**

El clima de Granada tiene grandes diferencias. Desde frecuentes heladas en invierno (más de 50 días al año) a medias de temperaturas máximas superiores a los 35°C en el mes de julio. La oscilación diaria de temperaturas es también amplia, con valores de 10°C en invierno y de hasta 19°C en el mes de julio, de modo que aunque las temperaturas máximas son altas, las medias se mantienen dentro de la zona de confort.

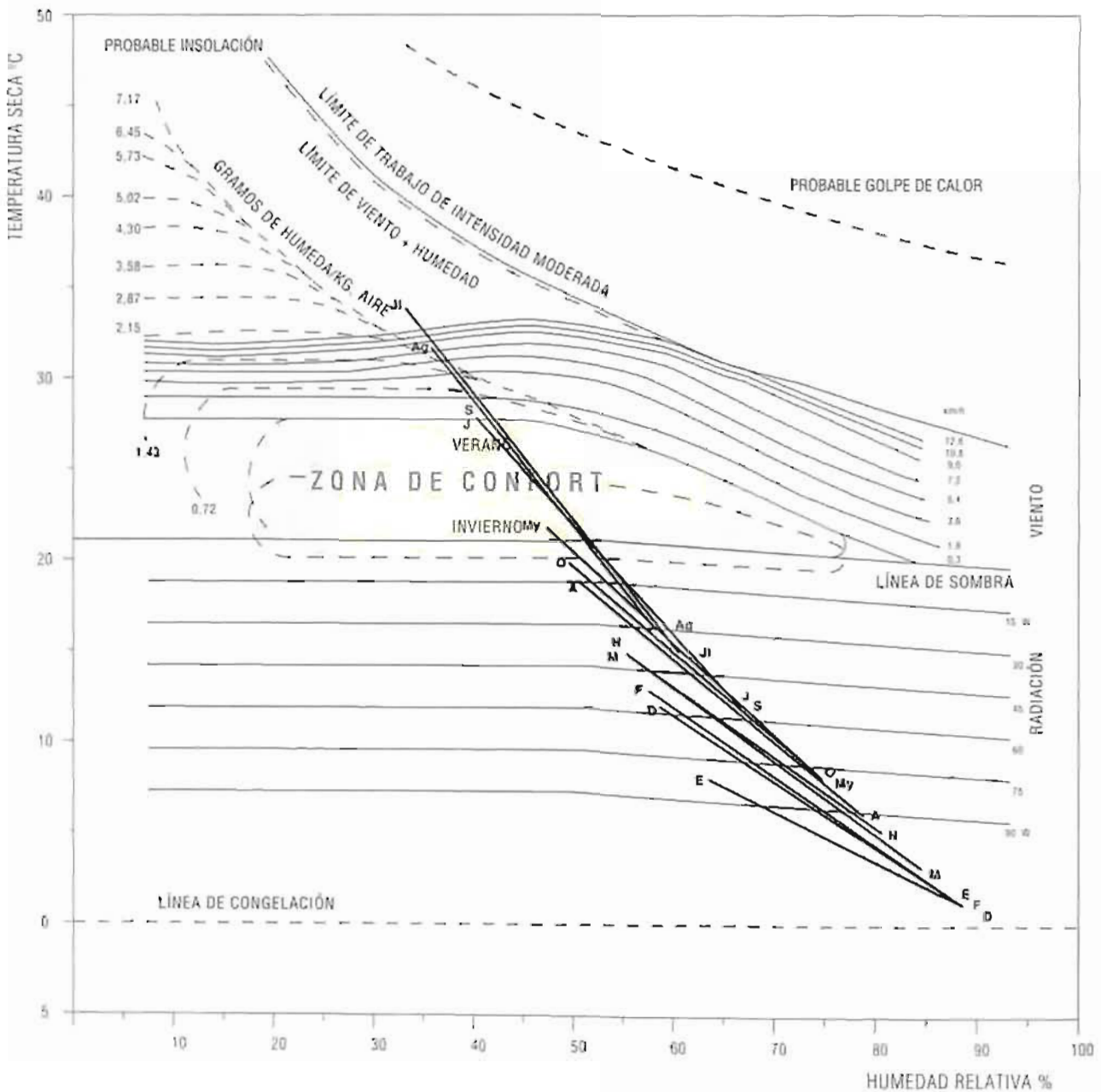
El tiempo invernal, con medias de mínimas inferiores a los 7°C se extiende desde mediados de noviembre a mediados de abril, con los máximos fríos, T<sub>mi</sub> próxima a 0°C, en los meses de diciembre, enero y febrero. En estas fechas es necesario para mantener la sensación térmica agradable el uso de ropas de abrigo ligero y radiación durante el día, y ropas de abrigo

medio durante la noche, que se convertirán en ropas de abrigo pesado en los días más fríos.

abril, mayo, octubre y noviembre, son meses frescos en los que en las horas centrales del día es suficiente la radiación solar para la obtención del confort pero que necesita ropas de abrigo ligero en el resto de las horas y cuando no luce el sol.

junio y septiembre son, en general, meses de condiciones térmicas agradables y durante el día se obtiene fácilmente el confort a la sombra y por las noches basta usar ropas de abrigo ligero.

El mes de julio es el más caluroso del año, y para conseguir el confort se necesita el uso combinado del movimiento del aire y el aporte de humedad. En agosto, sin embargo, basta una de las dos correcciones para llegar a la sensación de bienestar.



**GRANADA**

**Diagrama bioclimático de Givoni**

Desde mediados de noviembre a mediados de abril, para tener una sensación térmica agradable en el interior de las viviendas, se necesita aporte de energía, que en general puede obtenerse por medios solar-pasivos, aunque en los momentos más fríos, noches y días de helada o muy cubiertos será necesario el concurso de otros tipos de energía, bien solar-activa, bien convencional.

En abril, mayo, octubre y hasta mediados de noviembre el calor necesario para el confort puede obtenerse por medios solar-pasivos.

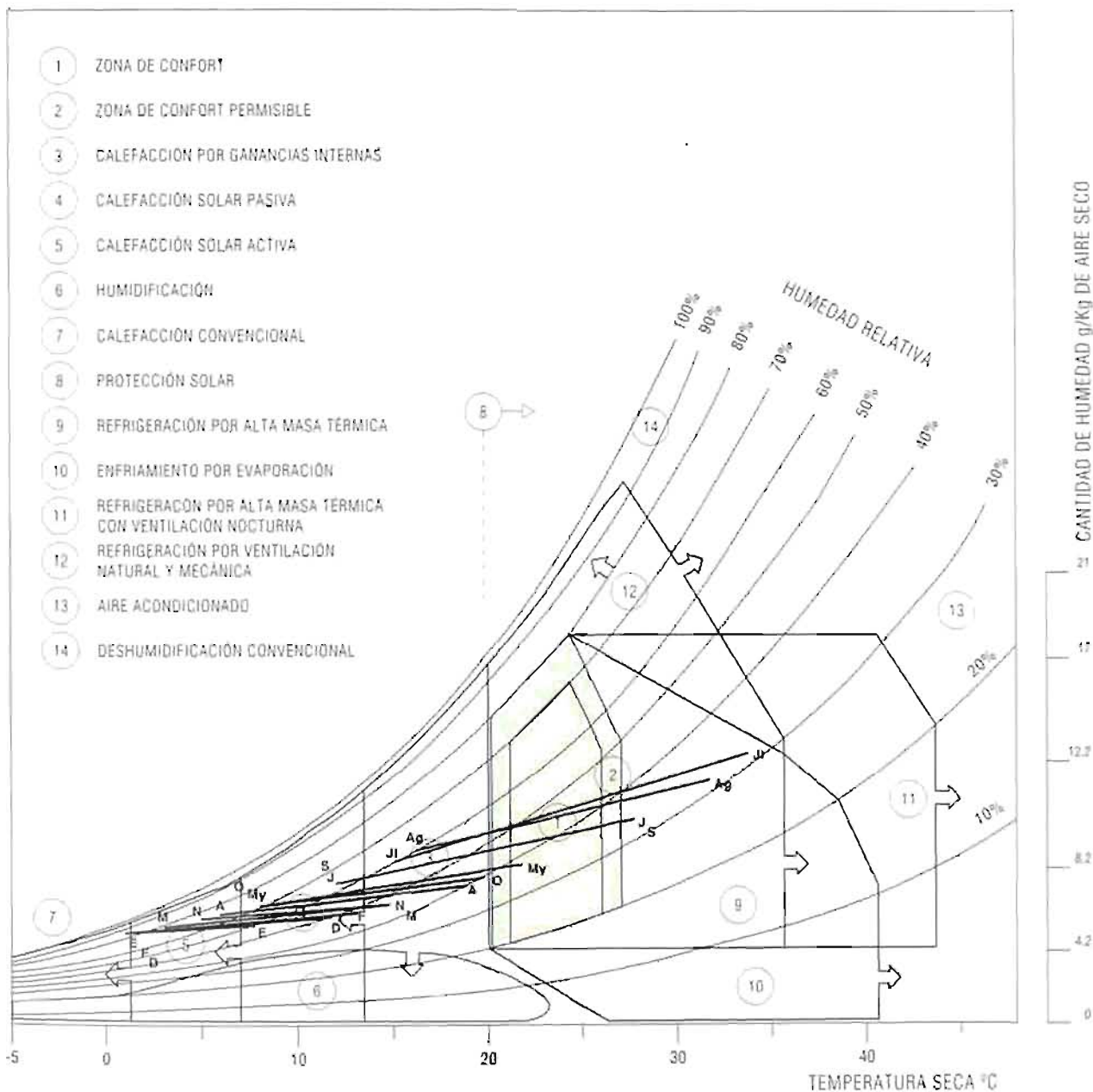
Dadas las grandes diferencias de temperaturas día-noche en junio y septiembre, el confort dentro de las edificaciones se obtiene por

la combinación de un buen diseño para el aprovechamiento solar pasivo y el uso de materiales de alta capacidad calorífica.

Del mismo modo, para controlar los intercambios de calor dentro-fuera en julio y agosto es necesario el uso de materiales de gran capacidad calorífica que aumenten la inercia térmica de la edificación, con desfase de onda de unas 12 horas al menos, y aproximar la temperatura interior a la temperatura media diaria que en estos meses es del orden de los 24°C.

El diseño debe, a su vez, favorecer la ventilación o prever sistemas de ventilación mecánica.

La ventilación natural, que puede exigir velocidades de hasta 15 Km/h, hay que crearla con el diseño del edificio, ya que la zona sufre una frecuencia de calmas del 40% en verano, por lo que no basta con el aprovechamiento del régimen de vientos.



**ALMERÍA**

**Diagrama bioclimático de Olgay**

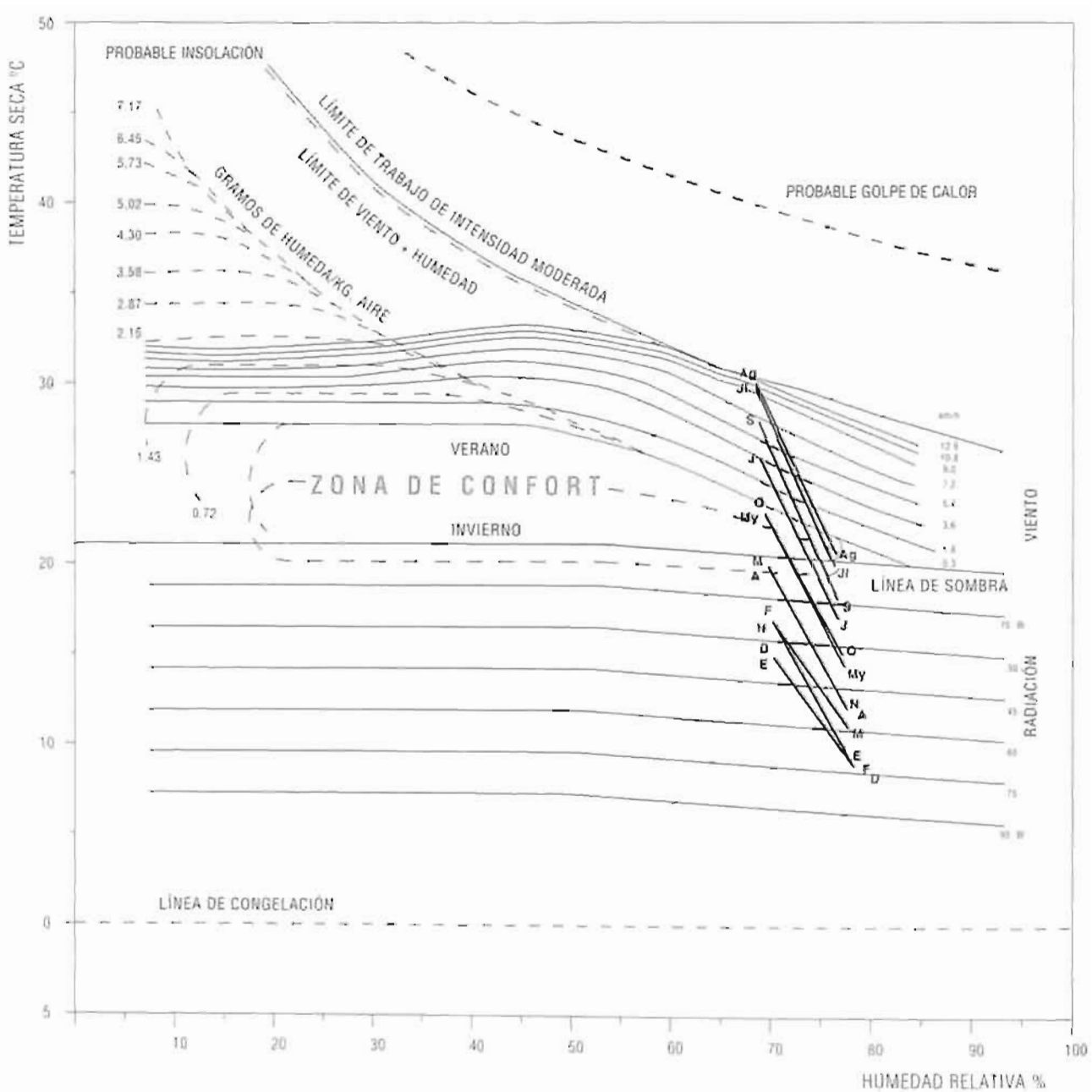
Almería es una ciudad con clima agradable en invierno y en verano. La media de las temperaturas mínimas no es inferior a los 9°C en invierno y la media de las máximas no es superior a los 30°C en verano. La humedad relativa se mantiene dentro de unos límites muy aceptables del 66 al 78%, que no provocan sensaciones desagradables.

De mediados de noviembre a mediados de abril, las temperaturas son suaves, con medias en los meses más fríos de 12°C y máximas de 15°C, por lo que durante las horas de sol se

alcanza fácilmente la sensación de confort con la radiación solar, y por las noches, suele bastar ropa de abrigo ligero.

La última quincena de abril, mayo octubre y hasta mediados de noviembre es tiempo en el que durante el día se encuentra el confort a la sombra, y por las noches bastan ropas ligeras para tener sensación agradable.

Los meses de verano junio, julio, agosto y septiembre son calurosos, pero en general puede obtenerse el confort por medio del movimiento del aire. Dada la proximidad del mar las brisas son abundantes con lo que se tiene muy a menudo la sensación de confort.



**ALMERÍA**

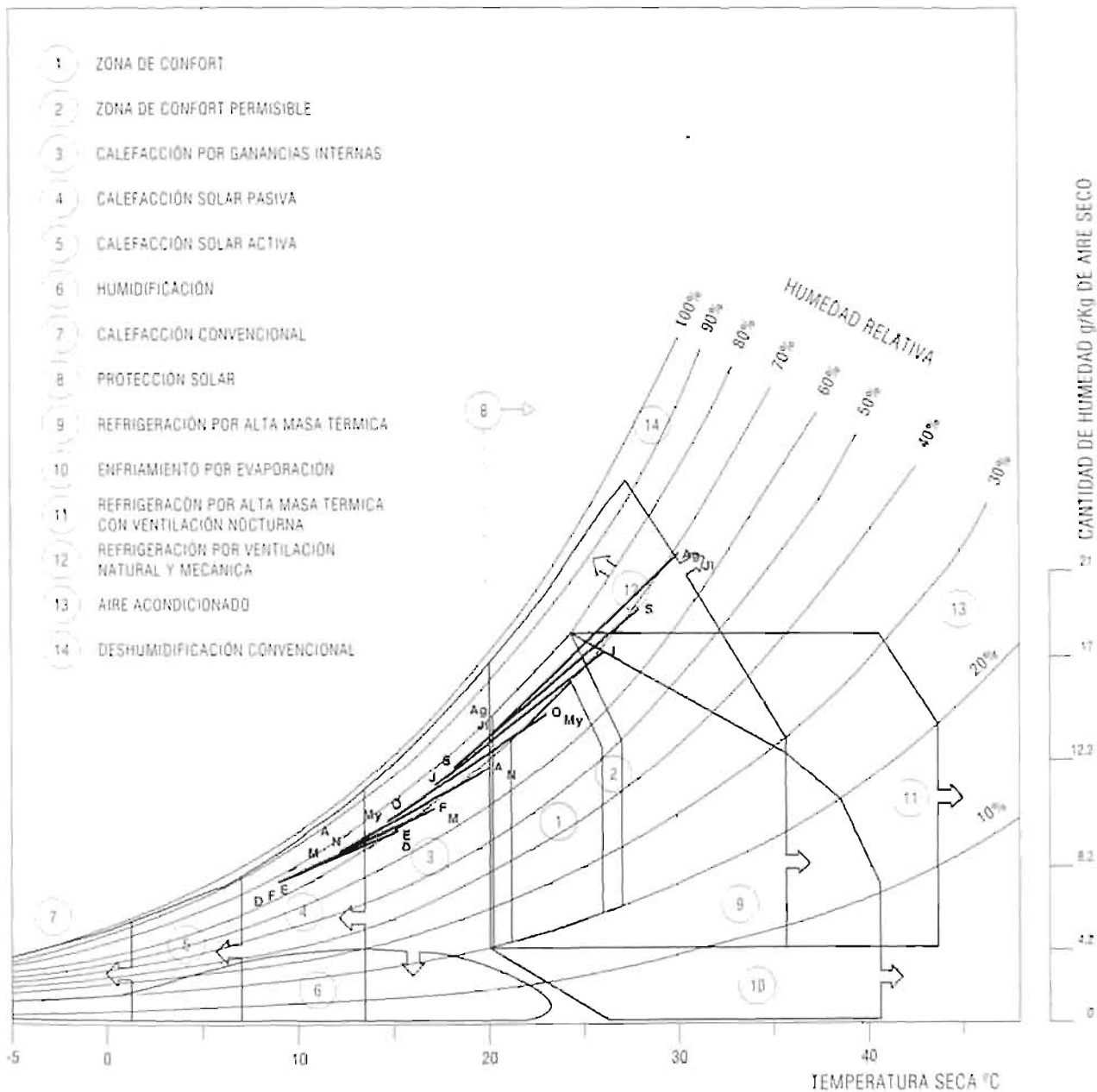
**Diagrama bioclimático de Givoni**

En el interior de las edificaciones, durante los meses de invierno basta con un comportamiento solar pasivo adecuado para el mantenimiento de las condiciones de confort.

abril, mayo, octubre y noviembre cuentan con un clima en el que basta la ocupación del edificio para mantenerlo en condiciones agradables.

Los meses de junio y septiembre es fácil controlar el exceso de calor por medio de la ventilación o/y el empleo de una masa térmica adecuada que retrase la onda calorífica fuera-dentro unas 8 horas al menos, mientras que en julio y agosto hay que recurrir también a la ventilación, bien natural bien obtenida por medios mecánicos.

Para la ventilación natural, que puede exigir velocidades de hasta 12,6 Km/h, cabe aprovechar el régimen de brisas, siempre facilitando posibilidades de corrientes con el diseño del edificio.



**GÁDOR**

**Diagrama bioclimático de Olgyay**

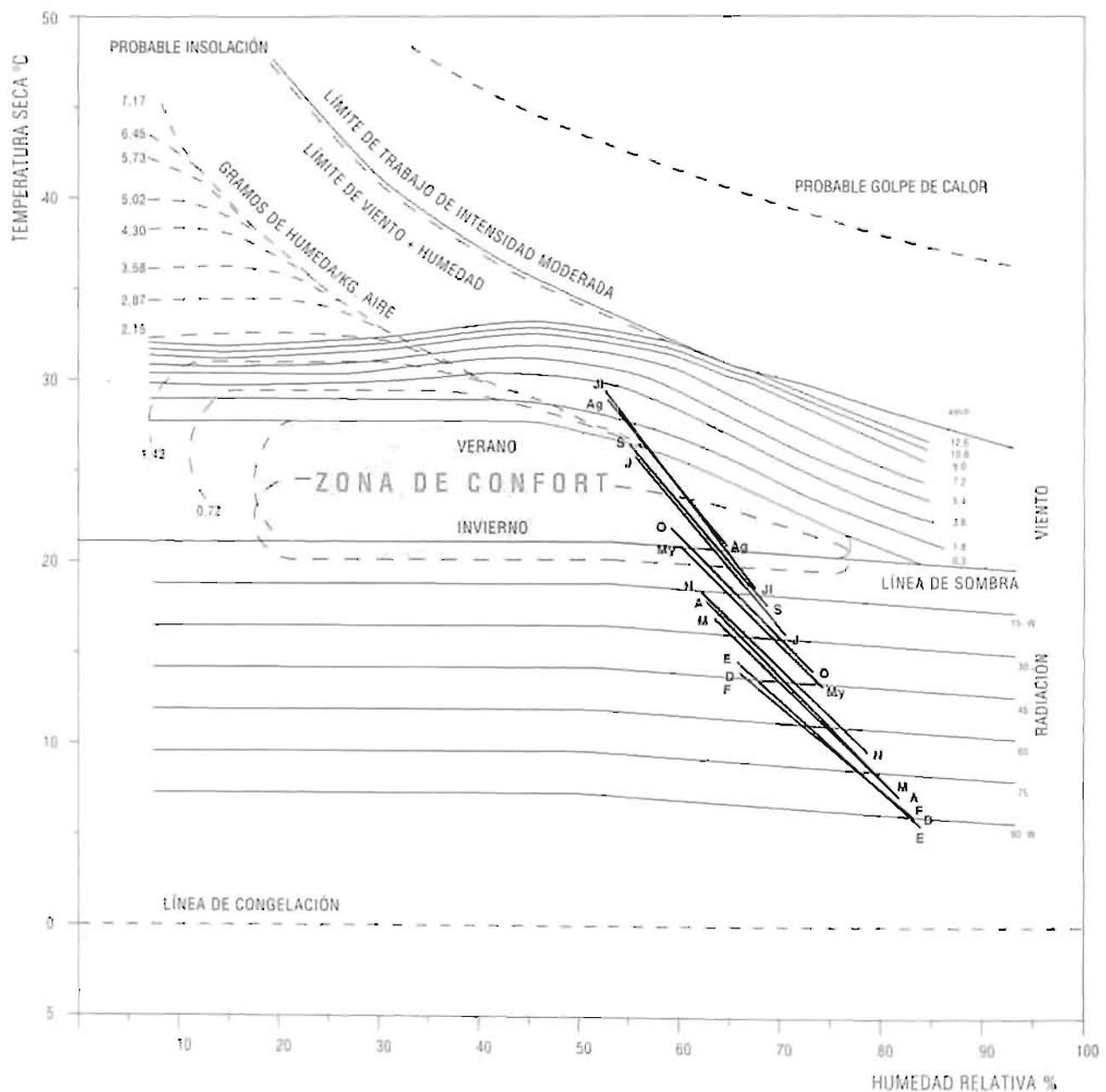
Es una zona de temperaturas suaves pues las medias de las mínimas no son inferiores a los 7°C ni las de las máximas superiores a los 30°C. Únicamente en las noches de invierno la humedad relativa alcanza valores por encima del 77%, que puede resultar desagradable.

En los meses de diciembre, enero, febrero y marzo, los más fríos del año, la sensación de confort durante el día puede obtenerse con la radiación solar existente y por las noches con ropas de abrigo ligero que en los momentos más fríos puede convertirse en abrigo medio. Las heladas son pocas, unas diez al año, y por supuesto en esos días la necesidad de radiación y abrigo es mayor.

Desde abril hasta mediados de mayo y desde octubre hasta mediados de noviembre, se cuenta con temperaturas diurnas agradables y nocturnas que hacen necesario el uso de abrigo ligero o el recurso de radiación para la obtención del confort.

Desde mediados de mayo hasta el mes de junio y desde septiembre hasta mediados de octubre las temperaturas son agradables durante todo el día y se obtiene la sensación de confort a la sombra durante el día, y con ropas ligeras de verano durante la noche.

Julio y agosto son los meses más cálidos del año y se necesita el concurso de brisas para tener sensación térmica agradable.



**GÁDOR**

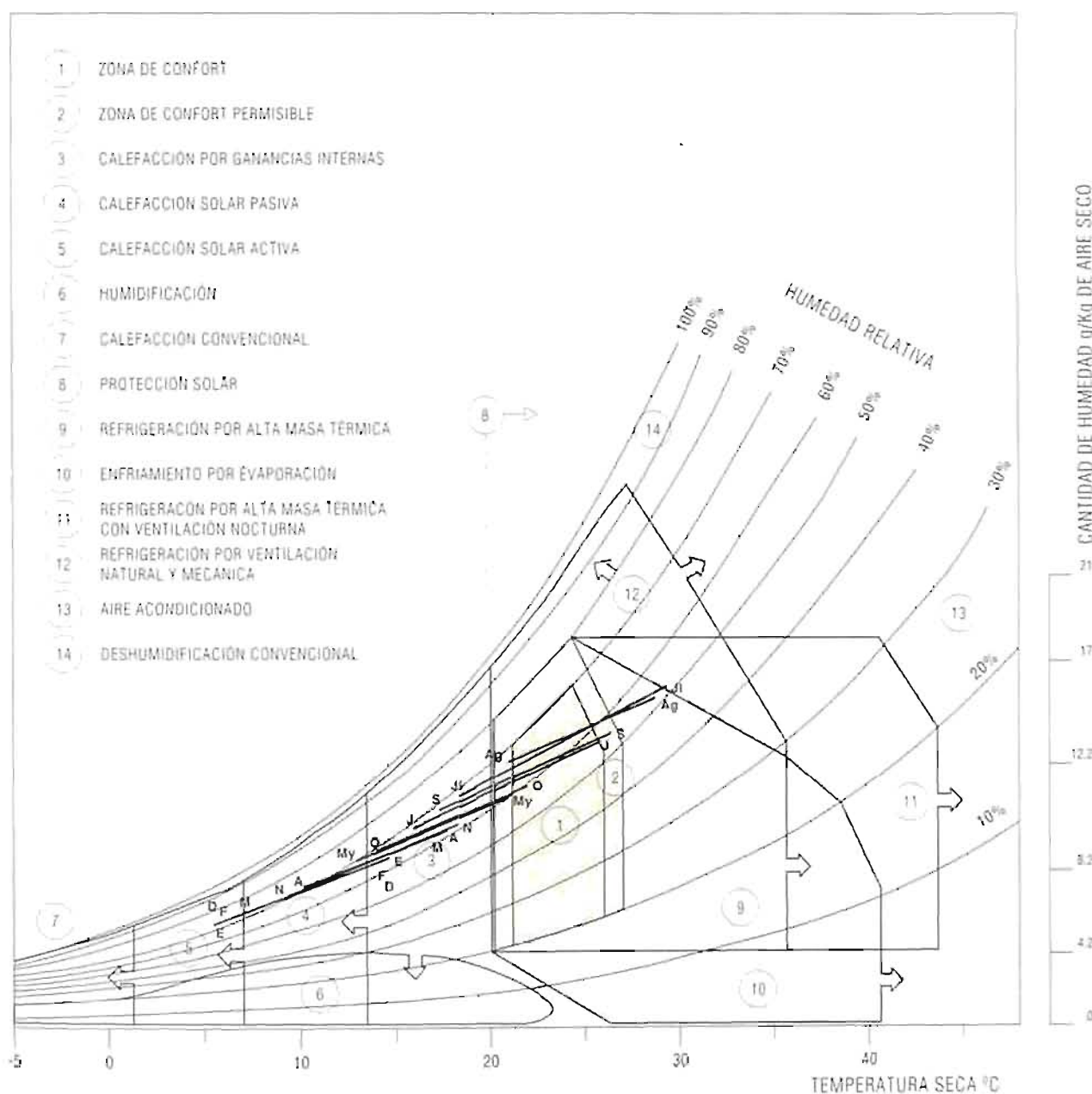
**Diagrama bioclimático de Givoni**

Prácticamente de noviembre a abril basta con un buen aprovechamiento solar pasivo de la construcción para mantener las condiciones térmicas dentro de la zona de confort, aunque en los momentos más fríos de los meses de diciembre, enero y febrero es necesario el concurso de otras aportaciones de calor, bien solar activo, bien de calefacción convencional.

En los meses de mayo hasta mediados de junio y de mediados de septiembre y octubre, las condiciones climáticas son tales que basta la ocupación de la edificación para mantener las constantes térmicas en zona de bienestar.

De mediados de junio a mediados de septiembre, el confort puede obtenerse por medio de inercia térmica, que retrase la onda calorífica 8 horas al menos, por medio de ventilación natural o mecánica y/o por medio de enfriamiento evaporativo, que ha de ser muy bien estudiado debido a la baja cantidad de lluvias en la zona.

La ventilación natural, que puede exigir velocidades de hasta 3,6 Km/h, hay que crearla con el diseño del edificio, ya que la zona sufre una frecuencia alta de calmas, por lo que no basta con el aprovechamiento del viento.





## Estrategias de diseño y recomendaciones. Carta bioclimática de Givoni

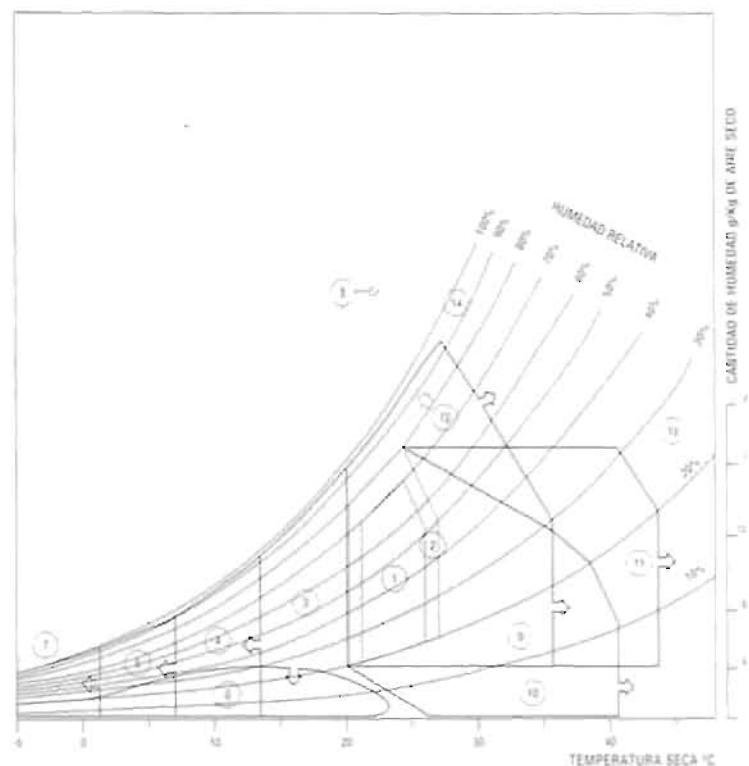
En este apartado se hace un análisis de las distintas estrategias que pueden ser utilizadas en Andalucía, dependiendo de las características necesarias de la construcción que indica Givoni en su cuadro.

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

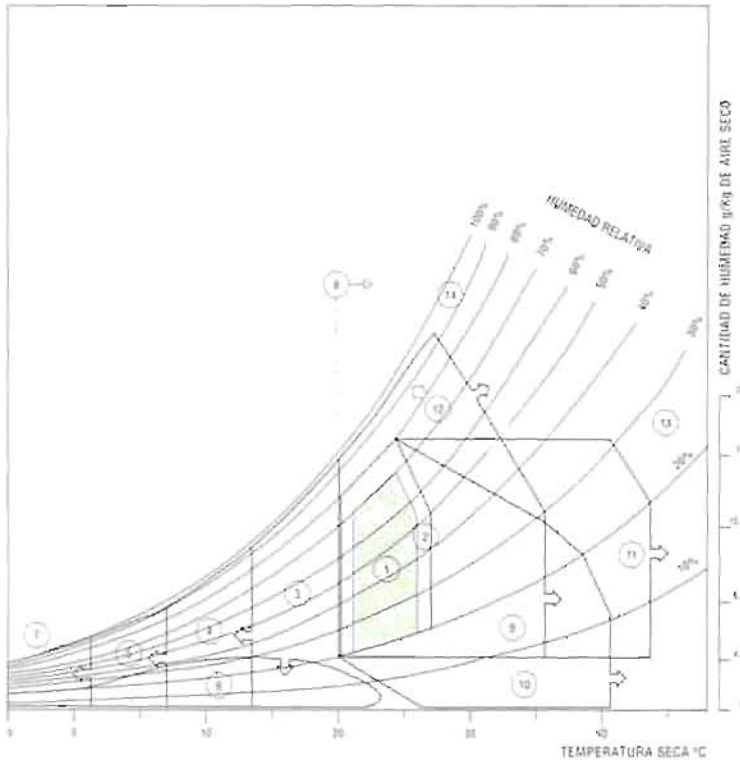
Las zonas citadas y que se desarrollan a continuación son:

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

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



## 1. Zona de confort



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

En el diagrama de Givoni la zona de confort está limitada por los 21°C, entre el 20% y el 75% de humedad relativa y una línea quebrada correspondiente a los 26°C, entre el 20% y el 52% de humedad, y entre este último punto y el punto definido por 24°C y 75% de humedad.

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

## 2. Zona de confort permisible

La zona denominada de "confort permisible" en el diagrama de Givoni está limitada por la zona de confort y un perímetro definido por los 20°C, entre el 20% y el 80% de humedad relativa y una línea quebrada correspondiente a los 27°C, entre el 20% y el 50% de humedad, y entre este último punto y el punto definido por 24,5°C y 80% de humedad.

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

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

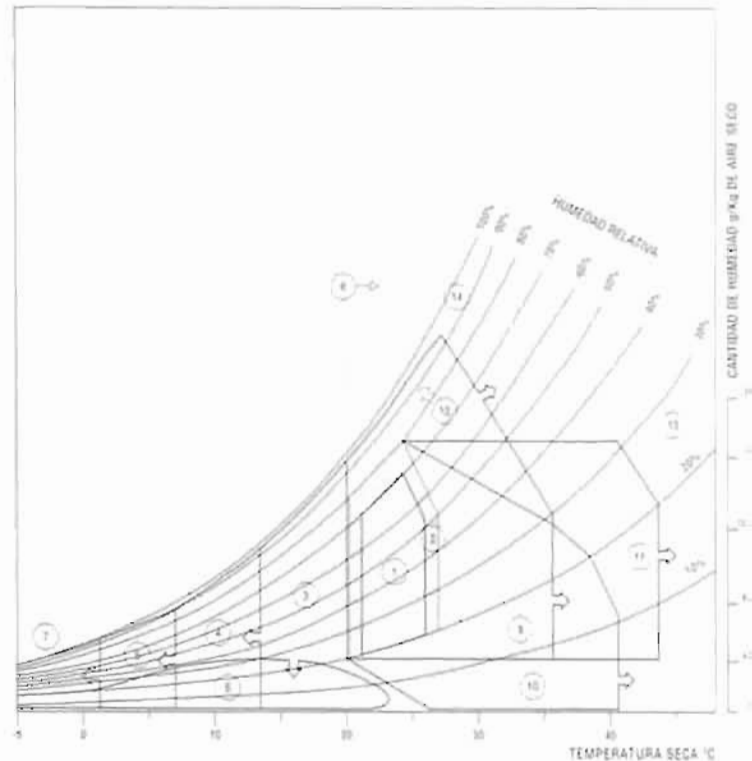
La escala de medida del factor de corrección del vestido más admitida es el CLO. Esta escala va desde cero, cuando no hay ropa, hasta cuatro, que representa gruesa indumentaria polar, pasando por la unidad que corresponde a traje y ropa interior normales. La unidad se define como la resistencia que encuentra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

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

**Tabla factor de ropa-temperatura de confort**

FACTOR ROPA	CANTIDAD DE ROPA	MÁX. T° DE CONFORT
0	Desnudo	28,5°C
0,5	Ropa ligera de verano	25,0°C
1,0	Traje normal	22,0°C
1,5	Ropa de abrigo medio	18°C
2,0	Ropa con abrigo grueso	14,5°C

Como se puede observar unas variaciones en la ropa relativamente pequeñas producen un gran efecto en la corrección

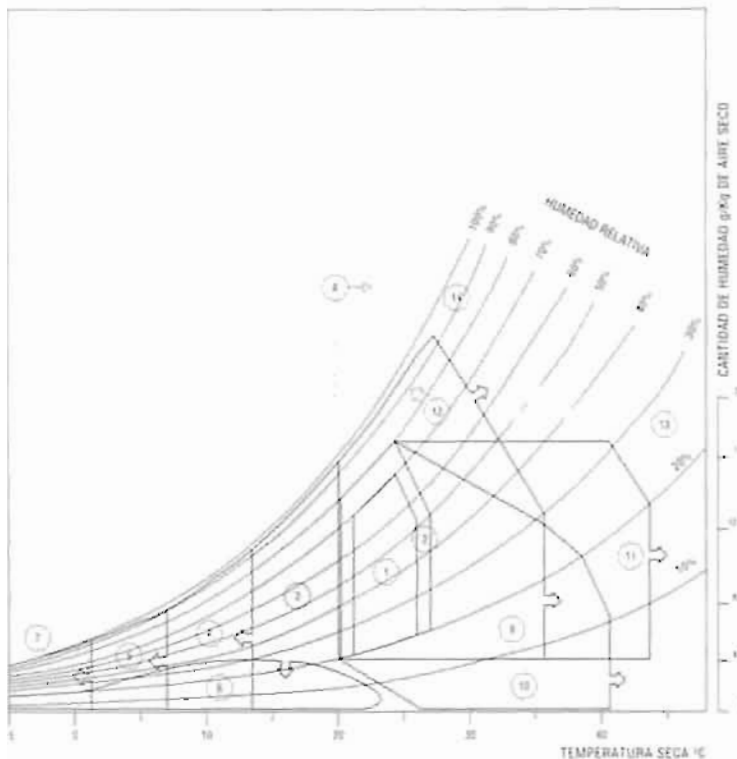


de temperaturas, efecto que conviene tener en cuenta, en cuanto a la sensación de confort en los edificios que estemos diseñando.

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

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

### 3. Calefacción por ganancias internas



La zona del diagrama de Givoni denominada "calefacción por ganancias internas", engloba las situaciones comprendidas entre los 13,5°C y los 20°C, en las que se consigue llegar a condiciones de confort mediante el aumento de la temperatura ambiente del recinto que se da por el mero hecho de habitar (vivir o trabajar) en una construcción.

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

Es importante tener en cuenta este tipo de ganancias, ya que durante determinadas épocas del año será suficiente para conseguir el confort en cualquier zona geográfica de Andalucía donde ubiquemos la actuación. La presencia de personas en el interior de un recinto modifica la temperatura ambiente por dos motivos:

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

**Tabla de calor producido según la actividad**

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

Basado en la tabla A 7.1 de la guía IHVE 1970  
No hay datos concretos sobre niños, ancianos y mujeres

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

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

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

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

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

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

## 4. Calefacción por aprovechamiento pasivo de la energía solar

En el diagrama de Givoni, el área comprendida entre las temperaturas de 7°C a 13,5°C corresponde a las condiciones ambientales en las que se puede conseguir el confort en el interior de la vivienda por sistemas de "aprovechamiento pasivo de la energía solar".

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

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

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

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

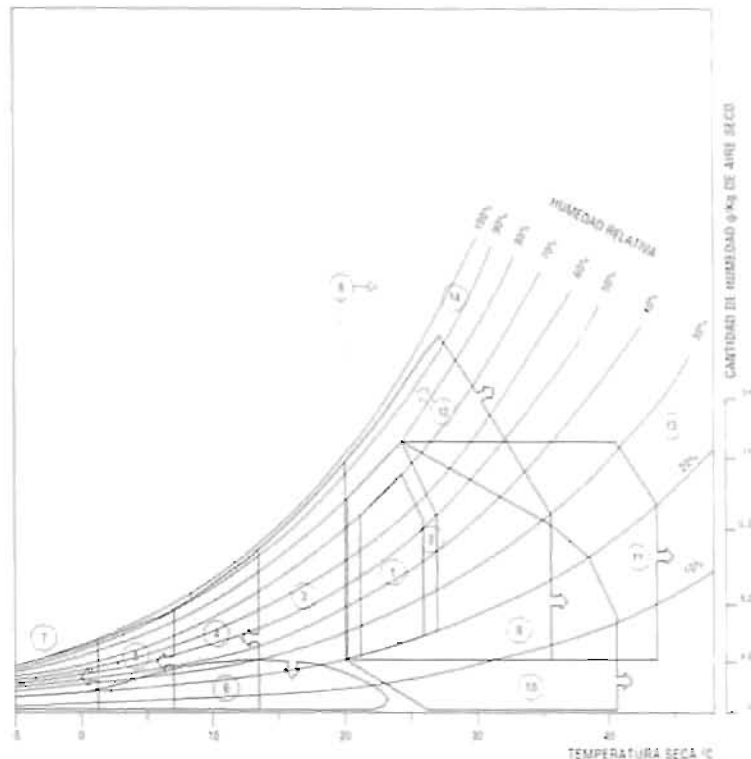
Sistemas directos son aquellos en los que la estancia se calienta por la acción directa de los rayos solares.

Sistemas indirectos son aquellos en los que la radiación solar incide primero en una masa térmica que está situada entre el sol y el ambiente a calentar.

Se denominan independientes aquellos sistemas en los que la captación solar y el almacenamiento térmico están separados del espacio habitable.

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

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

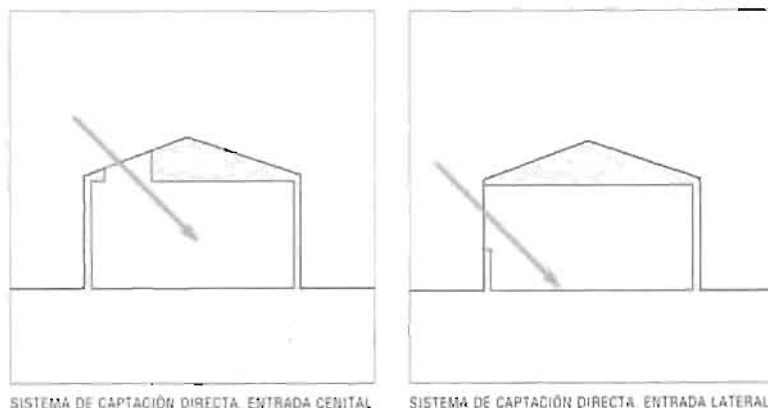


Una cuestión importante a señalar aquí es que, en todo caso, y en mayor o menor medida (dependiendo del diseño y de las características termofísicas de los materiales empleados), hay elementos en los que confluyen las funciones de captación, acumulación y distribución. En los distintos apartados de este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

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

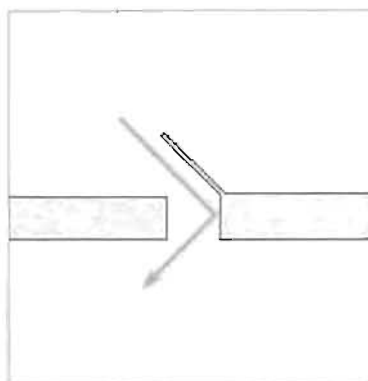
### LOS SISTEMAS DE CAPTACIÓN

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



SISTEMA DE CAPTACIÓN DIRECTA. ENTRADA CENTRAL

SISTEMA DE CAPTACIÓN DIRECTA. ENTRADA LATERAL



SISTEMA DE CAPTACIÓN DIRECTA. POR REFLEXIÓN

### Sistemas de captación directa

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

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

#### Características del hueco

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

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

Se pueden observar los diferentes valores de radiación en función de la orientación en el cuadro adjunto, procedente del "Libro de la Energía Solar Pasiva" de E. Mazria, con valores teóricos para una latitud de 40°. Se ha añadido, en línea discontinua, la radiación incidente en un plano horizontal en Sevilla, con datos procedentes del Atlas Climático de España. De todo ello se deduce la relativa validez de los cuadros teóricos.

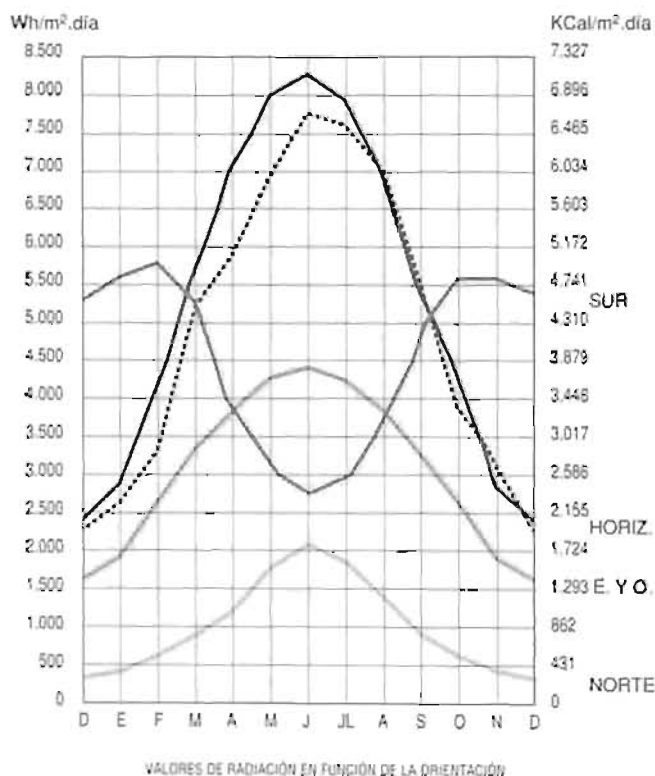
En el apartado dedicado a la radiación se ha visto una serie de cuadros en los que se señalan las condiciones óptimas con respecto a las obstrucciones.

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

Los huecos horizontales en cubierta reciben la mayor cantidad de radiación en el verano, por lo que su utilización debe ir acompañada de un estudio para determinar las protecciones necesarias a adoptar en esta época para evitar que haya grandes sobrecalentamientos. Prueba de la importancia de este aspecto está en que las iluminaciones cenitales en la arquitectura tradicional andaluza se realizan a través de lucernarios con vidrios verticales y luz reflejada.

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

**Proporción hueco/macizo en todo el cerramiento:** Si el porcentaje de huecos, en el cerramiento de orientación sur, es



VALORES DE RADIACIÓN EN FUNCIÓN DE LA ORIENTACIÓN

menor del 20%, el tipo de vidrio a colocar puede ser simple, ya que las ganancias de calor son superiores a las pérdidas a través del mismo.

**Características de la carpintería**

Interesan dos factores, el coeficiente K (coeficiente de transmisión térmica del material) y la conductividad térmica que, unidos al tamaño de la sección de los marcos y cercos, influirán en el coeficiente global de transmisión térmica K del hueco y en la superficie real de captación.

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

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

**Cuadro comparativo de materiales de carpintería**

FACTOR	MATERIAL				
	ACERO	MADERA	ALUMINIO		PVC
			Normal	Rot. p/t	
Conduc. térm. (Kcal/hm <sup>2</sup> C)	50	0.12	175	5.41	0.16
Espesor (cm)	0,8/1	4,5	4,5	5	6
K (Kcal/hm <sup>2</sup> C)	4,99	1,52	5,18	2,6	1,5
Anchura (cm)	4/6	10/15	4/8		12/15
Coste mantenimiento	Medio	Alto	Medio		Bajo

**Características del vidrio**

Entre los factores y coeficientes que definen los tipos de vidrios, los más usuales son el factor de transmisión (FT), y el coeficiente de transmisión térmica K.

Si se busca un aumento de la captación se favorecerá la entrada de radiación eligiendo un vidrio con un alto valor del factor de transmisión (FT), y se evitarán las pérdidas de calor buscando un vidrio con bajo valor del coeficiente de transmisión térmica K. También pueden utilizarse vidrios que eviten el efecto de recalentamiento en orientaciones o climas en que se necesitan adecuaciones al exceso de calor en el exterior.

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

En la tabla adjunta se da un abanico de valores de los principales factores que intervienen, para diversos tipos de vidrios. Los valores varían de unos fabricantes a otros, por lo que para una información más concreta, deben consultarse los catálogos comerciales de los principales fabricantes que recogen los valores particulares de diferentes tipos de vidrio y sus combinaciones.

**Tabla comparativa de vidrios**

TIPO DE VIDRIO	e (mm)	FACTORES			
		Tl%	Te%	Fs%	K
Simple normal	2	92	87	88	4.9
	4	90	85	88	4.9
	6	89	82	85	4.8
	10	88	76	80	4.7
S. absorbente	6	14-32	26-46	35-52	4.9
S. reflectante	6	44-74	44-72	57-78	4.8
Doble normal	6	80	66	72	2.6
Doble absorbente	6+6	38-67	38-58	47-67	2.6
Doble reflectante	6+6	4-37	3-38	11-45	2.6
Doble baja emisividad	6+6	4-78	3-62	9-72	1.3-2.7

Leyenda de códigos:

e: Espesor del vidrio en mm. La cámara se considera de 12mm para los cálculos

Tl: Factor de Transmisión Luminosa (%)

Te: Factor de Transmisión Energética (%)

Fs: Factor Solar (%)

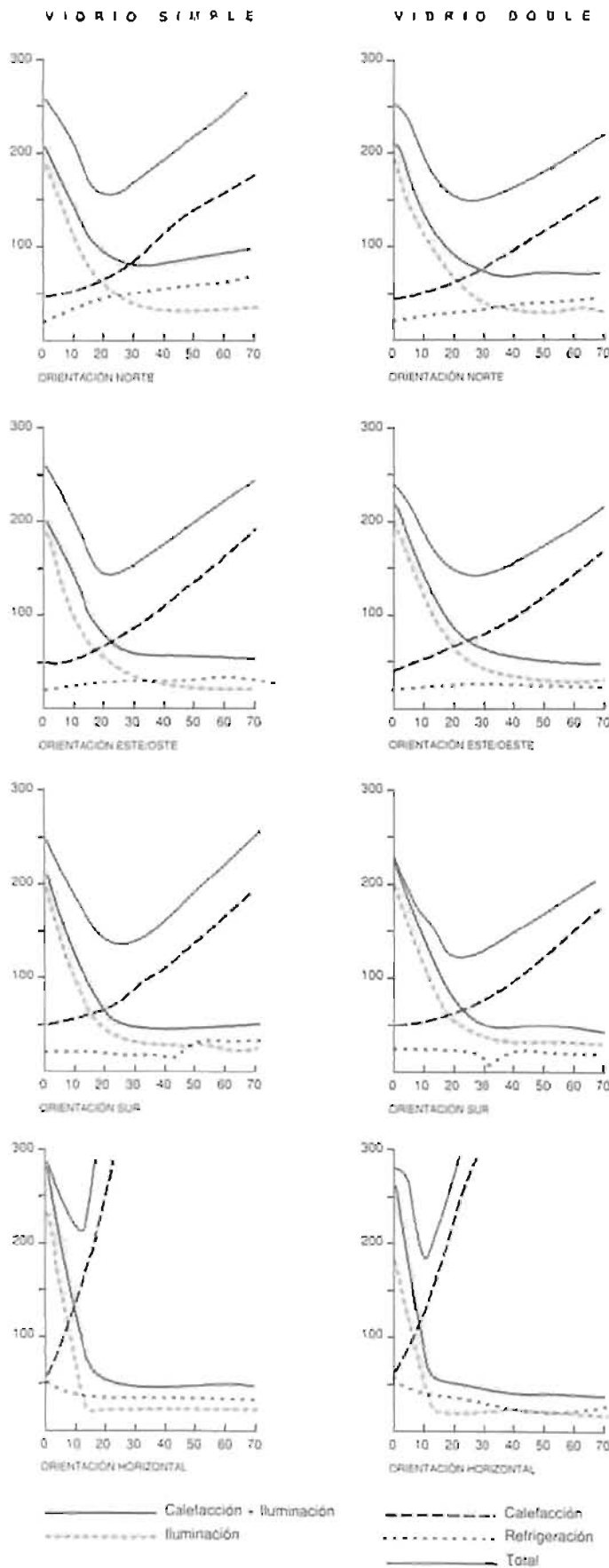
K: Coeficiente de Transmisión de calor (Kcal/hm<sup>2</sup> C)

Los datos proceden de documentación técnica proporcionada por diversos fabricantes. La duplicidad de datos está en función de la combinación específica, así como del fabricante elegido.

El tamaño de las ventanas captoras depende de varios factores: orientación, características del vidrio, etc., pero muy simplísimamente podría recomendarse para un clima templado como el andaluz que la superficie de ventana captora al sur, en relación a la superficie útil del local a calefactar se aproximase a:

Temp. media exterior enero	Sup. de ventana al sur en % de sup. útil de local
+ 2° C	16% 20%
+ 4° C	14% 18%
+ 8° C	12% 16%
+ 12° C	10% 14%

Escogiendo los valores más bajos en latitudes cercanas a 36° L. N. y los más altos en las cercanas a 39° L. N. Estos valores son para ventanas con vidrio simple con un factor solar del 85% aproximadamente; si se colocasen vidrios dobles, de baja emi-



CURVAS DE ENERGÍA. ESTUDIO COMPARATIVO DE CONSUMO ANUAL DE ENERGÍA

sividad, etc., con factor solar más bajo, habría que aumentar el tamaño de la ventana según el % de disminución del factor solar del vidrio.

En el gasto energético global de un edificio no sólo hay que contar la calefacción.

En el cuadro anterior se puede ver una serie de gráficos procedentes de un estudio teórico comparativo de consumos anuales de energía para clima templado, en los que se refieren, para distintas orientaciones y tipos de vidrio, las curvas de gasto energético (en el eje vertical) medidas en Kwh/m² en función del porcentaje de superficie acristalada (en el eje horizontal). Aparecen las curvas de gastos correspondientes a calefacción, iluminación y la suma de ambas como instalaciones más comunes, la refrigeración y a la suma de calefacción, iluminación y refrigeración como total.

**Sistemas de captación indirectos**

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

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

La captación-acumulación se puede realizar en las fachadas, las cubiertas o en el suelo; todos ellos se estudiarán en el apartado de la acumulación.

**Sistemas de captación independientes**

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

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

**Caja solar-invernadero.** Invernadero separado de los paramentos en contacto con el recinto.

**SISTEMAS DE ACUMULACIÓN**

En el aprovechamiento pasivo la acumulación de calor se basa en las cualidades termofísicas de los materiales, y se traduce en

forma de calor latente y calor sensible. Existen más formas de acumulación de energía pero por la necesidad de utilizar aparatos de regulación y control se engloban dentro del capítulo correspondiente a la calefacción solar activa.

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

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

**Calor sensible.** Se basa en la inercia térmica de los materiales, acumulando y radiando el calor de una forma gradual por la simple diferencia de temperaturas.

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

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

### Elementos de acumulación directos

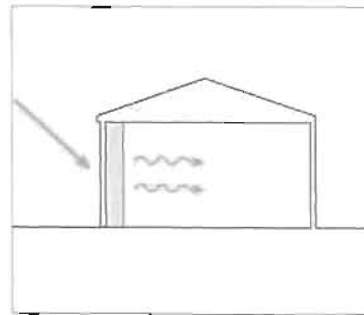
Se corresponden con los sistemas de captación directos. La acumulación se realiza en la masa de los materiales con los que se construyen los recintos calefactados, paredes, suelos o techos.

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

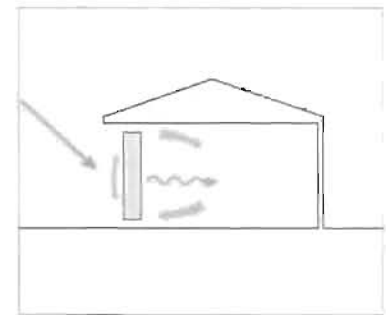
Los elementos acumuladores se deben disponer donde mayores sean las variaciones de temperatura: superficies vidriadas (captoras), locales periféricos.

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

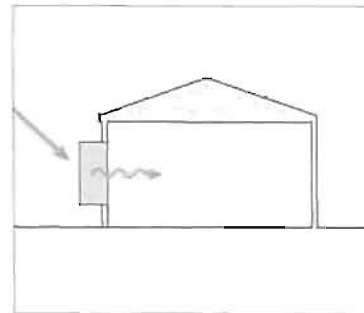
En este tipo de captación-acumulación hay que tener cuidado con los elementos como cortinas, alfombras, mobiliario de madera, superficies reflectantes etc. porque al ser materiales aislantes no acumulan calor, por lo que un exceso de los mismos puede anular el efecto deseado y limitar



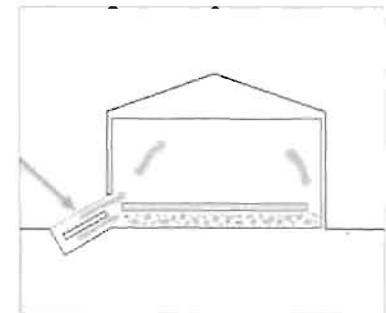
SISTEMA DE CAPTACIÓN INDIRECTA  
ACUMULACIÓN ELEMENTO INTERIOR



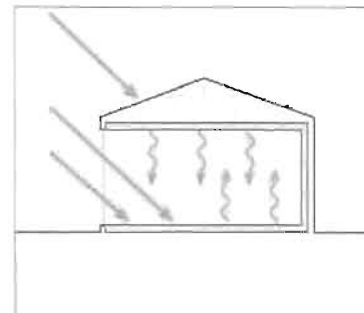
SISTEMA DE CAPTACIÓN INDIRECTA  
MURO TROMBÉ



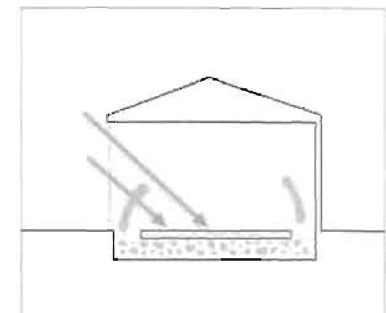
SISTEMA DE CAPTACIÓN INDIRECTA  
ACUMULACIÓN ELEMENTO EXTERIOR



SISTEMA DE CAPTACIÓN INDEPENDIENTE  
TERMOSIFÓN



SISTEMA DE CAPTACIÓN DIRECTA  
ACUMULACIÓN EN SUPERFICIES PERIMETRALES



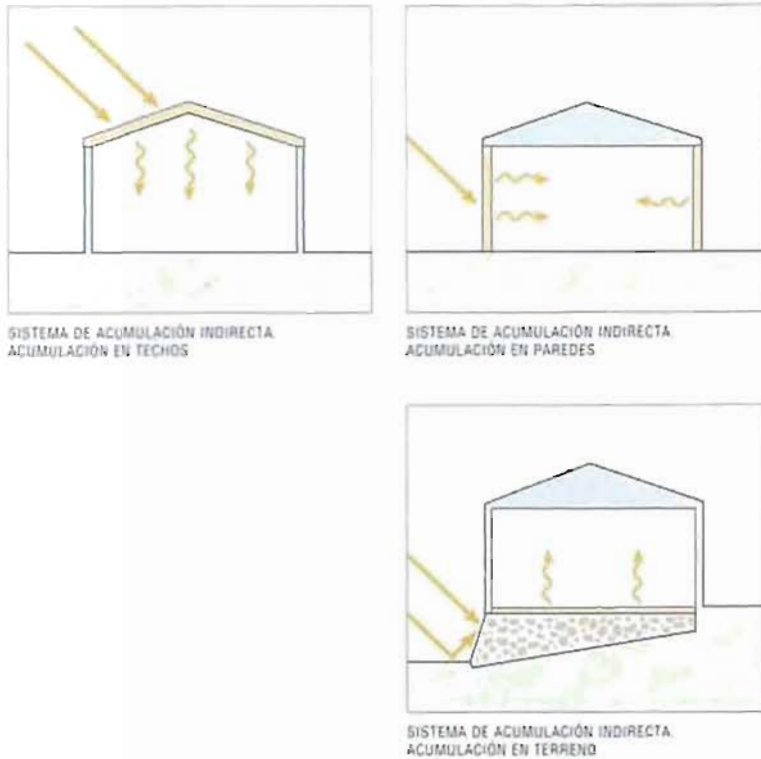
SISTEMA DE CAPTACIÓN DIRECTA  
ACUMULACIÓN EN ELEMENTOS BAJO EL SUELO

el calentamiento del aire de la estancia, con el consecuente enfriamiento en el momento en que deja de haber radiación solar.

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

### Elementos de acumulación indirectos

En los sistemas de aporte de calor indirecto, los elementos captadores son a la vez elementos acumuladores y reguladores de la energía calorífica. En general se puede decir que con mejor o peor funcionamiento el conjunto de las superficies envolventes del edificio conforman un sistema de aporte indirecto de energía solar. Indudablemente hay inge-



nios que mejoran la captación y regulación formando elementos específicos, algunos de los cuales se citan al final de este apartado.

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

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

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

#### Por la cubierta

La acumulación se realiza en el propio forjado plano de cubierta.

Para incrementar los efectos de captación y acumulación puede disponerse sobre la cubierta algún material pesado, que puede ser agua (cubiertas estanque), o simplemente incrementar el espesor de los forjados. En función del material dispuesto y su espesor será el rendimiento.

Para un rendimiento medio se utilizarán 20cm de agua o 30 de material sólido. Para una mayor eficiencia pueden utilizarse acabados de color oscuro, a fin de absorber la mayor radiación posible.

También se mejora el comportamiento del sistema, pudiendo reducir espesores o superficies acumuladoras, con la inclinación de los paramentos de cubierta, a fin de mejorar la incidencia del sol en invierno.

#### Por el terreno

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

El terreno se puede considerar como una masa infinita que mantiene una temperatura estable, a pesar de las oscilaciones térmicas del exterior, por ello es obligatorio el aislamiento perimetral para evitar pérdidas de calor hacia el terreno, que mantiene una temperatura de unos 13°C.

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

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

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

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

Otro sistema de adecuación al medio es la estancia que se desarrolla total o parcialmente excavada en el terreno, o enterrada; por acumulación de masas de tierra de gran espesor se aprovecha la estabilidad térmica del subsuelo. Son sistemas muy eficientes para situaciones climáticas extremas.

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

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

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

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

### Por las fachadas

La acumulación se realiza en las diferentes capas del muro de cerramiento. La radiación incidente sobre el mismo se acumula en forma de calor según las capacidades caloríficas de cada elemento.

El calor acumulado en el muro se transmite a través de las capas según la diferencia de temperaturas.

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

Muro invernadero: La radiación penetra en un invernadero adosado a una pared del edificio en contacto con el recinto interior vividero que se pretende calefactar.

Muro trombe: La radiación es interceptada directamente tras una superficie colectora de vidrio por un muro de gran capacidad calorífica que forma parte del cerramiento del edificio.

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

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

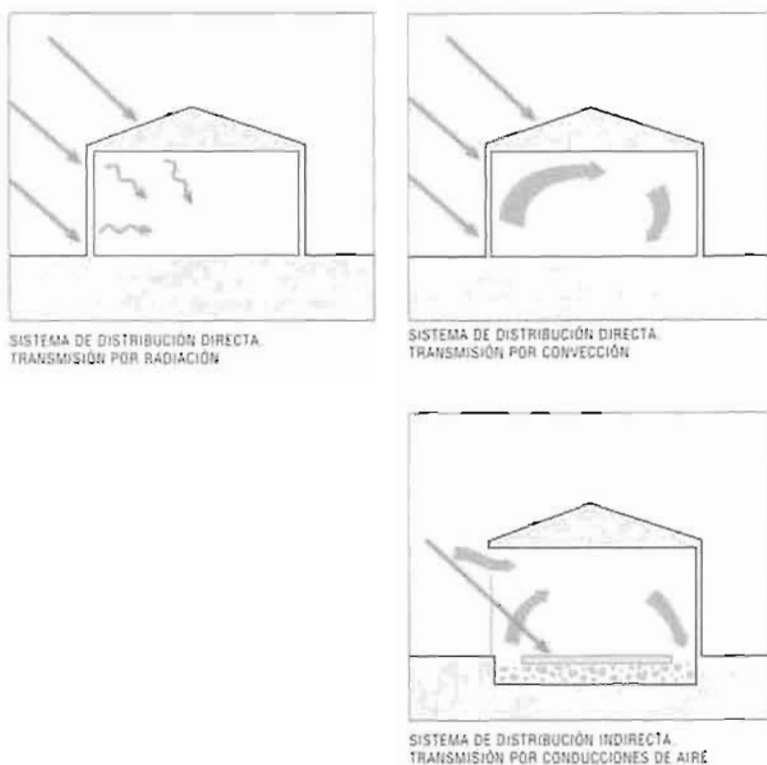
En la tabla adjunta se dan los valores correspondientes a los materiales más utilizados en la construcción.

**Tabla de calores específicos**

TIPO DE MATERIAL	CALOR ESPECÍFICO Kcal/Kg <sup>o</sup> C	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA Kcal/hm <sup>o</sup> C	DENSIDAD APARENTE Kg/m <sup>3</sup>
<b>PASTAS, MORTEROS Y HORMIGONES</b>			
Yeso	0,200	0,26	800
Cartón yeso	0,210	0,16	900
Cal viva	0,216	0,75	1600
Bloque hormigón	0,210	0,38	1000
Hormigón	0,226	1,40	2400
Mat. medio	0,200		
Mortero	0,240	1,20	2000
Mortero arlita ligera	0,251	0,103	500
Mortero arlita densa	0,251	0,474	1500

**Tabla de calores específicos**

TIPO DE MATERIAL	CALOR ESPECÍFICO Kcal/Kg <sup>o</sup> C	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA Kcal/hm <sup>o</sup> C	DENSIDAD APARENTE Kg/m <sup>3</sup>
<b>MATERIALES CERÁMICOS</b>			
Ladrillo hueco	0,210	0,420	1200
Ladrillo perforado	0,220	0,650	1600
Ladrillo macizo	0,230	0,750	1800
<b>Bloque termoarcilla</b>			
14cm	0,240	0,230	980
19cm	0,240	0,180	920
24cm	0,240	0,180	890
29cm	0,240	0,175	860
media	0,240	0,191	912,5
Bovedilla	0,210	0,57	600
<b>VARIOS</b>			
Agua	1,000	0,047	1000
Aire	0,240	0,290	1,293
Vidrios	0,191	0,820	2500
<b>AISLANTES</b>			
Poliest. expandido	0,380	0,032	15
	0,380	0,028	25
Esp. poliuretano	0,380	0,020	32
Poli. extruido	0,380	0,028	33
Fibra de vidrio	0,200	0,038	10-18
(calibel)	0,200	0,033	70
Corcho	0,410		
<b>MADERAS</b>			
Fronosas	0,600	0,180	800
Coníferas	0,650	0,120	600
<b>METALES</b>			
Acero	0,115	50	7850
Hierro	0,107	65	7400
Fundición	0,119	65	7400
Cobre	0,092	330	8900
Cinc	0,095	97,2	7190
Bronce	0,086	55	8500
Aluminio	0,214	175	2690
Plomo	0,031	30	11400
<b>ROCAS Y SUELOS</b>			
Arcilla	0,215	0,80	2100
Arena	0,185	0,50	1500
Grava	0,240	0,70	1700
Mármol	0,213		
Roca	0,220	2-3	1700- -3000
Cuero	0,700		



## SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

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

### Distribución directa, superficial

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

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

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

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

### Distribución indirecta, por conducciones de aire

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

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

Cualquiera de los sistemas completos que se dispongan en el edificio se obtendrán por la combinación de algunos de los elementos vistos en este apartado, combinación que realizará el diseñador del edificio según su criterio, aunque la recomendación es que deben ser sistemas de sencillo funcionamiento y construcción así como de fácil mantenimiento, por no decir nulo, y deben estar integrados en el diseño global del edificio.

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

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

- Riesgos de sobrecalentamientos en determinados periodos cercanos a confort.
- Aumento de costos iniciales.

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

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

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

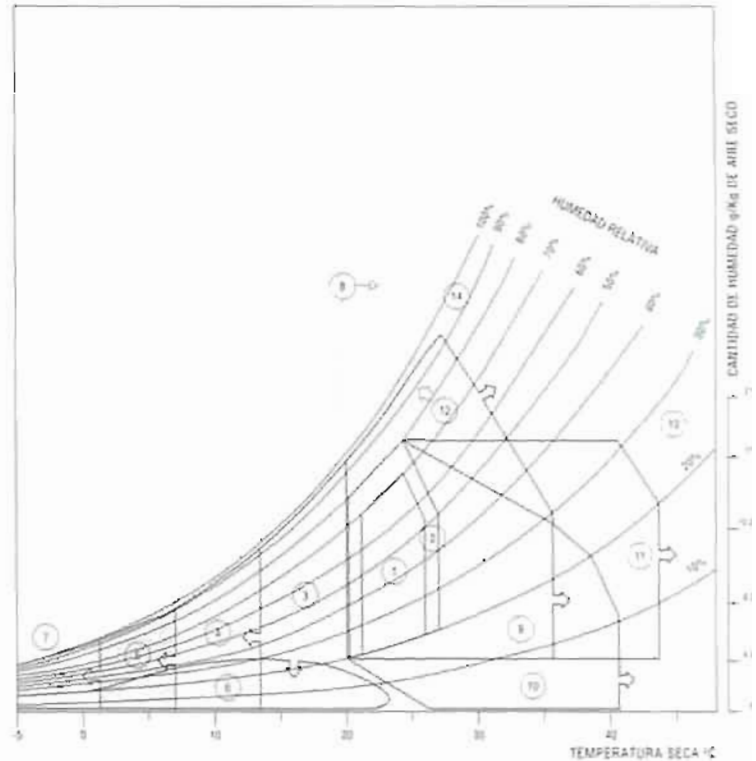
## 5. Calefacción por aprovechamiento activo de la energía solar

El área definida como "calefacción solar activa" es la comprendida entre las temperaturas de 1,5°C y 7°C del diagrama de Givoni.

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

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

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



### SISTEMAS DE CAPTACIÓN

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

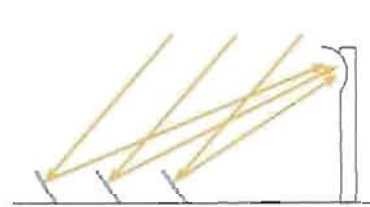
#### Mecanismos activos

Los elementos captadores activos de la radiación solar son en general de dos tipos cuyo fundamento y uso son diferentes.

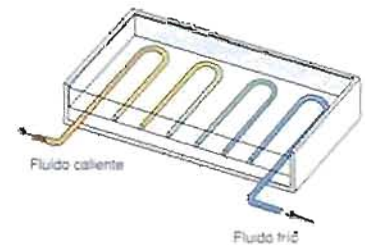
En unos, la captación de la radiación se hace en forma de calor. Los captadores domésticos basados en este principio lo hacen a través del calentamiento de un fluido que recorre, bien por condiciones naturales, bien por impulsión un serpentín. En las grandes centrales solares se usa la concentración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

Otro tipo de colectores solares recoge la energía solar en forma de energía eléctrica a través de paneles fotovoltaicos.

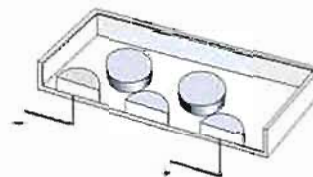
Es de señalar que en los captadores domésticos actuales no se producen temperaturas muy elevadas, es difícil calentar el fluido por encima de los 60°C, por lo que sólo pueden ser útiles



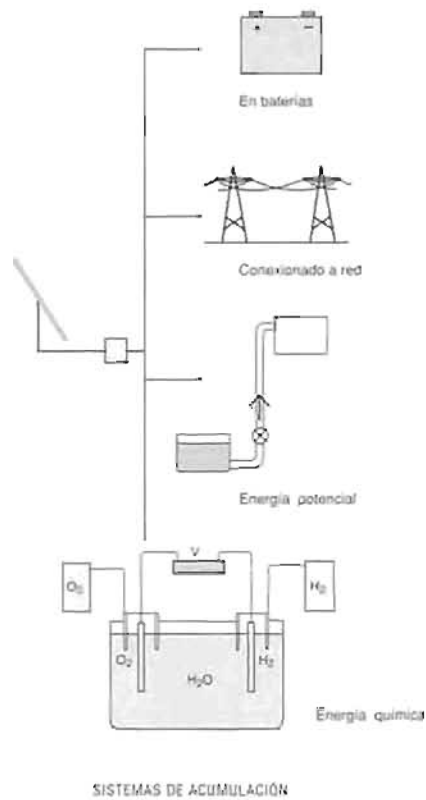
SISTEMA DE CAPTACIÓN:  
MECANISMO DE CONCENTRACIÓN



SISTEMA DE CAPTACIÓN:  
PLACA DOMÉSTICA



SISTEMA DE CAPTACIÓN:  
PANELES FOTOVOLTAICOS



para sistemas de calefacción por baja temperatura. Ya hay paneles que consiguen altas temperaturas, similares a las de los quemadores de la calefacción convencional pero aún de un coste elevado.

### Mejora de la captación pasiva

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

- Por medio de reflectores que concentren la radiación en las zonas deseadas.
- Por la automatización de movimientos de elementos aislantes o de cierre.
- La captación se puede mejorar notablemente con el uso de espejos y reflectores que deben ser controlados y accionados con mecanismos externos para evitar el efecto contrario.

### SISTEMAS DE ACUMULACIÓN

Mientras que el aprovechamiento pasivo directo e indirecto de la energía solar utilizaba para la acumulación del calor la masa de los elementos del edificio (muros, fachadas, cubiertas, soleas,...), en el aprovechamiento activo la acumulación se realiza

en "depósitos" localizados y centralizados. En los sistemas activos la cantidad de energía acumulada se puede dimensionar según las necesidades y las condiciones del lugar. En Andalucía se puede hacer una previsión de dos días.

Para los sistemas de calefacción solar importa sobre todo la energía calorífica aunque la obtenida pueda ser de muy diferente índole. Acorde con esto, los "depósitos" pueden ser de cualquier tipo de energía: térmica, eléctrica, potencial o química, garantizando siempre una reversibilidad del proceso al menos durante un período de tiempo amplio.

### Energía eléctrica

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

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

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

### Energía potencial

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

### Energía química

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

### Energía calorífica

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

### Almacenamiento por calor latente

El proceso de cambio de estado de algunas sustancias tiene gran importancia por la gran cantidad de energía que se puede acumular en un espacio relativamente reducido.

Las sustancias utilizadas suelen ser sales cuyo punto de cambio de fase se sitúa en torno a los 30°C, existiendo aun ciertos problemas con la extracción del calor y con la reversibilidad eterna del proceso. En la tabla adjunta están reflejados los

ejemplos más usuales con su temperatura de cambio de estado y el calor absorbido.

El calor que se desprende o se absorbe de forma inmediata es muy elevado por lo que su uso es adecuado cuando la acumulación es de forma inmediata.

#### Tabla de sales

TIPO DE SAL	TEMP. °C	CALOR LATENTE WH/KG
Cloruro cálcico	29-39	48
Carbonato sódico	32-36	74
Fosfato sódico	36	73
Nitrato cálcico	40-42	58
Sulfato sódico	32	67
Tiosulfato sódico	49-51	50

#### Almacenamiento en forma de calor sensible

Suele hacerse en depósitos que contienen algún fluido, generalmente agua, en el que dada su alta capacidad calorífica se almacena el calor que le proporciona el serpentín del captador solar.

#### SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

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

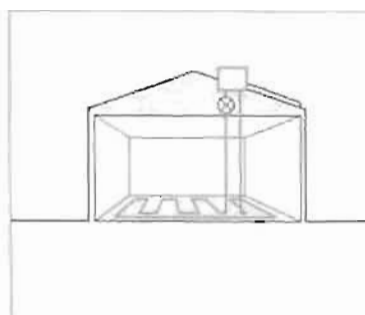
La forma más cómoda para la distribución es mediante fluidos siendo el agua y el aire los más cómodos y usuales por el fácil mantenimiento y sustitución.

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

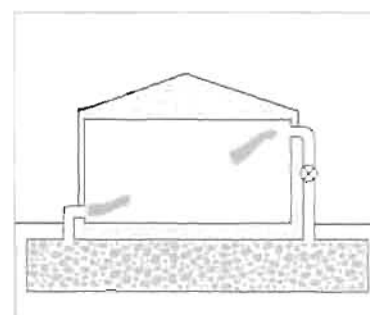
Como ya se ha dicho antes, los captadores solares habituales no pueden alcanzar en el fluido de distribución temperaturas muy altas, por lo que son muy eficaces en los sistemas de calefacción de baja temperatura en cualquiera de sus formas:

- Por aire caliente
- Por radiadores de zócalo
- Por suelo y techo radiantes

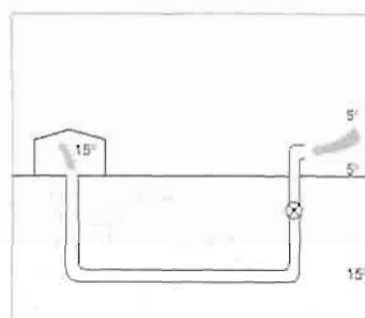
La distribución debe realizarse en el momento adecuado para evitar que se suministre calor cuando no haga falta, con posibles problemas de sobrecalentamiento.



SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN POR AGUA: SUELO RADIANTE



SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN POR AIRE ACUMULADO EN EL INTERIOR



SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN POR AIRE EXTERIOR

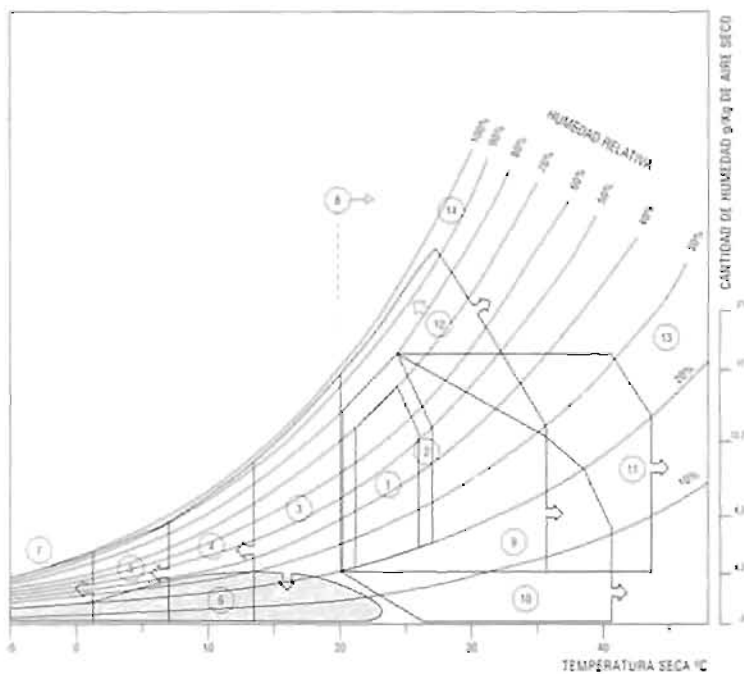
Los sistemas de calefacción solar activa se pueden aplicar a la vivienda de diseño y construcción convencional y a las viviendas ya existentes.

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

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

En general podría decirse que en Andalucía la mejor posición para equipos activos de captación solar sería una orientación al sur (con una desviación posible de hasta 15° este a 15° oeste) y una inclinación de 55°, más o menos 10° con la horizontal para equipos que funcionen en invierno (calefacción) y una inclinación de 40° más o menos 10° con la horizontal para equipos que deban funcionar todo el año (agua caliente sanitaria, fotovoltaica, etc.) En todo caso se recomienda consultar con los fabricantes de los equipos que se vayan a instalar.

## 6. Humidificación



alcanzar el confort se busca el aumento de la humedad relativa del interior del local, proceso que en general deberá ir acompañado por alguno de los sistemas de calefacción existentes.

Aunque este tipo de medidas no será necesario en la generalidad del territorio andaluz, debido a sus condiciones de humedad, existen localizaciones muy puntuales en las que podría darse el caso de que fueran aplicables.

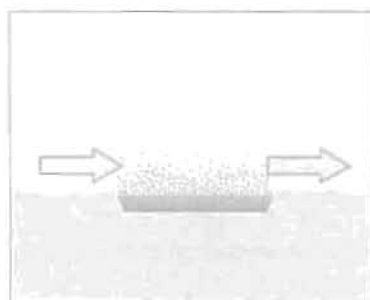
El aporte de humedad se realiza introduciendo aire en el recinto, al cual se le hace pasar previamente por una superficie húmeda. Los sistemas pueden ser varios.

- Láminas de agua, fuentes, estanques o surtidores, en el interior del recinto, o bien en la zona exterior de toma de aire.
- Introducción del aire a través de tubos enterrados con un tercio de su altura llena de agua (combinación de humedad y equilibrio térmico).
- Hacer pasar el aire por filtros húmedos que serán los que aporten el grado de humedad.
- Presencia de vegetación, a ser posible frondosa y de hoja grande. Es fundamental la elección del tipo de vegetación a colocar, sobre todo en el exterior, ya que debe ser lo más integrada posible, tanto en el paisaje, como en el clima de ubicación; se recomienda siempre el uso de especies autóctonas o de fácil aclimatación.

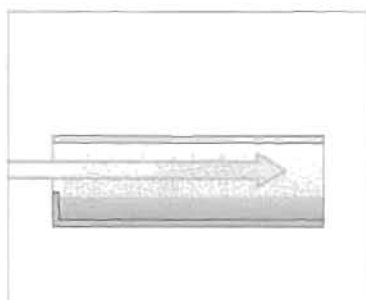
Para realizar el aporte de aire pueden utilizarse medios pasivos (tiro forzado, diferencias de presión, etc) o bien medios mecánicos activos. Este concepto siempre va en combinación con alguno de los sistemas de calefacción estudiados. Sólo en casos de temperaturas que oscilen entre 20°C y 23°C y con humedades relativas inferiores al 15%, podría alcanzarse el confort con la única aportación de humedad, aunque para ese caso hay sistemas más convenientes de utilización.

En estos procesos el agua es un elemento fundamental, tanto en el caso de la humidificación del aire como en el de empleo de vegetación (riego). Podrá, pues, utilizarse en zonas donde no existan problemas de escasez y sequía, pues en caso contrario el sistema sería desaconsejable. El inconveniente de estos procedimientos es el complicado control de la cantidad de humedad en el aire, ya que para ello se tendrían que utilizar sistemas automatizados con sensores y sistemas de aporte de humedad controlada. Aunque hay que decir que nunca se debe llegar a aportes de humedad que hagan inconfortable el ambiente.

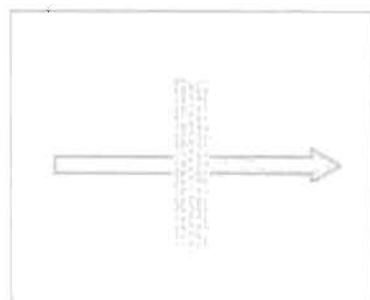
Por otro lado, existen aparatos humidificadores, algunos de ellos móviles, que al tiempo de humidificar purifican el aire al tener filtros que retienen las partículas en suspensión. Son aparatos que se considerarían dentro de los sistemas activos, ya que para su funcionamiento es necesario el consumo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



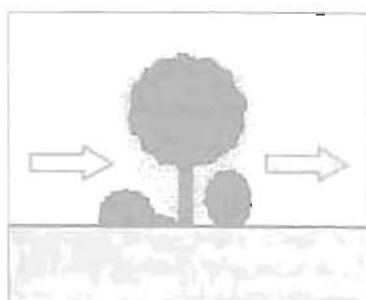
HUMIDIFICACIÓN POR LÁMINA DE AGUA



HUMIDIFICACIÓN POR CONDUCCIONES ENTERRADAS CON AGUA



HUMIDIFICACIÓN POR FILTROS HÚMEDOS



HUMIDIFICACIÓN POR VEGETACIÓN FRONDOSA

Esta zona del diagrama de Givoni comprende las situaciones, con un grado de humedad relativa menor del 20%, siendo la temperatura menor de los 23°C, y entre los 5°C y los 13°C, el grado de humedad es menor del 35%. Se une en parte de esta zona el efecto de la falta de humedad con el del frío. Para

## 7. Calefacción convencional

El área correspondiente en el diagrama de Givoni denominada "calefacción convencional" es la más extrema y ocupa todas las situaciones con una temperatura inferior a  $1,5^{\circ}\text{C}$ .

El aumento de temperatura necesario para alcanzar la sensación de confort, no puede producirse únicamente por medios bioclimáticos activos y pasivos, sino que hay que acudir a medios de calefacción convencionales, con producción de calor mediante el consumo de algún tipo de energía (carbón, gasóleo, gas, electricidad).

En Andalucía, esta situación se da exclusivamente en algunas localizaciones y en los momentos más fríos de los días de invierno.

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

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

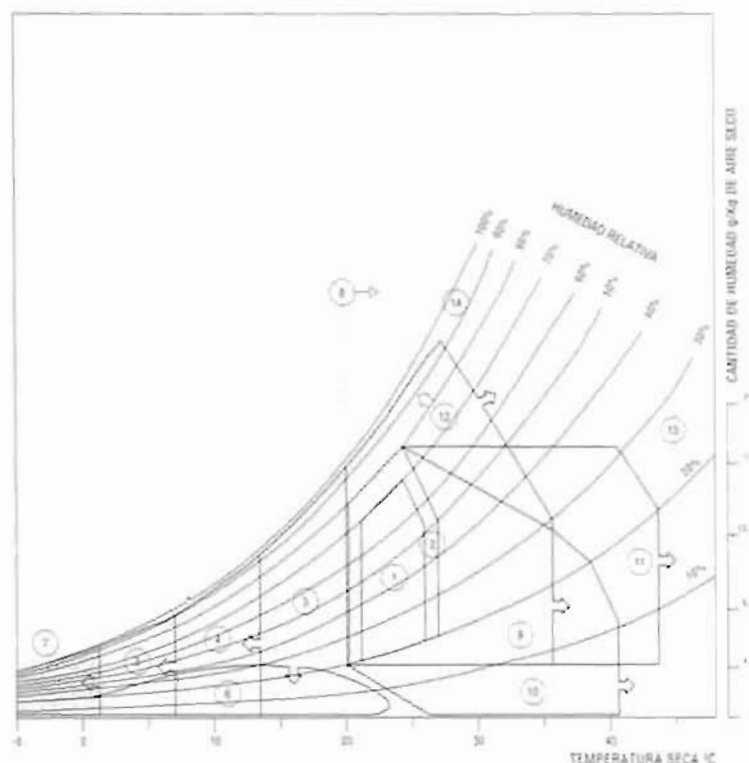
Los sistemas de baja temperatura pueden entroncar con la calefacción solar activa, utilizando colectores solares como base apoyados, en caso necesario, por sistemas convencionales.

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

### Tipo de instalación

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

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



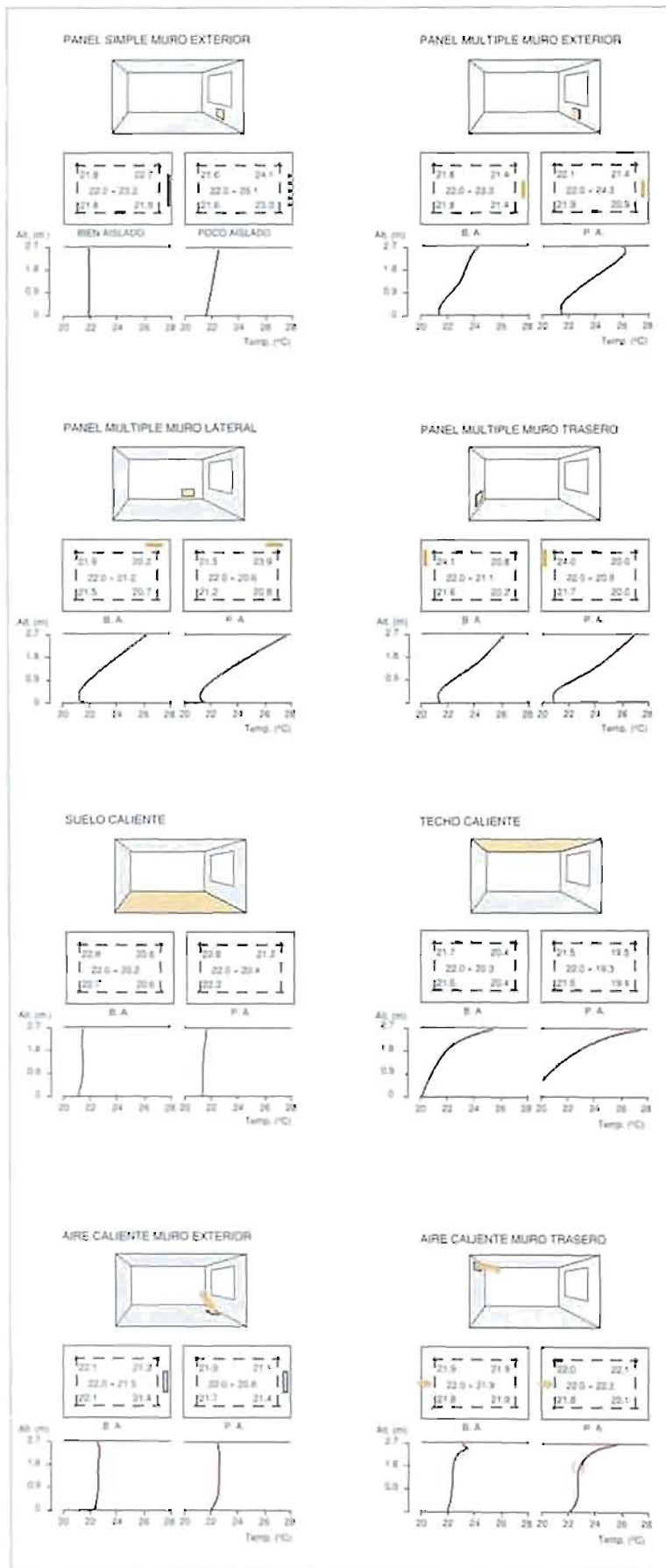
### Tipo de combustible

Además de los costes de consumo, teniendo en cuenta los rendimientos de las instalaciones y el poder calorífico de los combustibles, es de gran importancia el nivel de contaminación que produce cada producto en su combustión, así como las diferentes posibilidades de reciclaje: de humos, del combustible no consumido, etc.

Factor importante es la posición del elemento emisor dentro del recinto ya que, como se puede observar en los cuadros de la página siguiente, tiene gran influencia en el comportamiento de la temperatura interior. En estos cuadros se estudian diversas posiciones de los elementos emisores, así como diversos sistemas de calefacción.

Se analiza la distribución de temperaturas tanto en horizontal, a un nivel de 70 cm del nivel del suelo, como en vertical, en el centro de la habitación, para los casos de tener un buen aislamiento en el muro exterior y en el caso de tenerlo mínimo.

En el caso de calefacción por suelo radiante, la elección del tipo de pavimento influye decisivamente en el rendimiento del sistema; como ejemplo se puede observar la emisión de una calefacción de suelo radiante con agua a  $40^{\circ}$  y con paso o distancias entre tubos de la instalación que varía entre 7,5 y 30 cm para



CUADRO COMPARATIVO DE ELEMENTOS EMISORES

una temperatura ambiente de 19°C que es la habitual para este tipo de instalaciones.

**Emisión del suelo en w/m²**

TIPO DE PAVIMENTO	DISTANCIA CM PASO DE TUBO	EMISIÓN w/m²
Cerámica	7,5	148
	15	122
	22,5	102
	30	86
Parquet madera	7,5	120
	15	102
	22,5	88
	30	75
Moqueta	7,5	85
	15	76
	22,5	68
	30	59

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

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

## 8. Protección solar

La "protección solar" según el diagrama de Givoni es considerada necesaria a partir de los 20°C, debiéndose combinar con los demás sistemas que correspondan; la misión de ésta es evitar la incidencia de la radiación solar directa en la piel del edificio, bien en los huecos captadores o de iluminación o ventilación, bien en cualquier tipo de cerramiento, es decir, funciona como apantallamientos para interceptar dichas radiaciones.

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

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

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

El parámetro con el que se indica el grado de eficacia es el coeficiente de sombra. Cuanto mayor sea este valor, menor será la eficacia del sistema, ya que la cantidad de radiación en el interior será mayor (ver el cuadro de referencia de los sistemas más habituales, obtenido del libro "Design with Climate" de Olgyay and Olgyay, traducido al castellano, al final de este apartado).

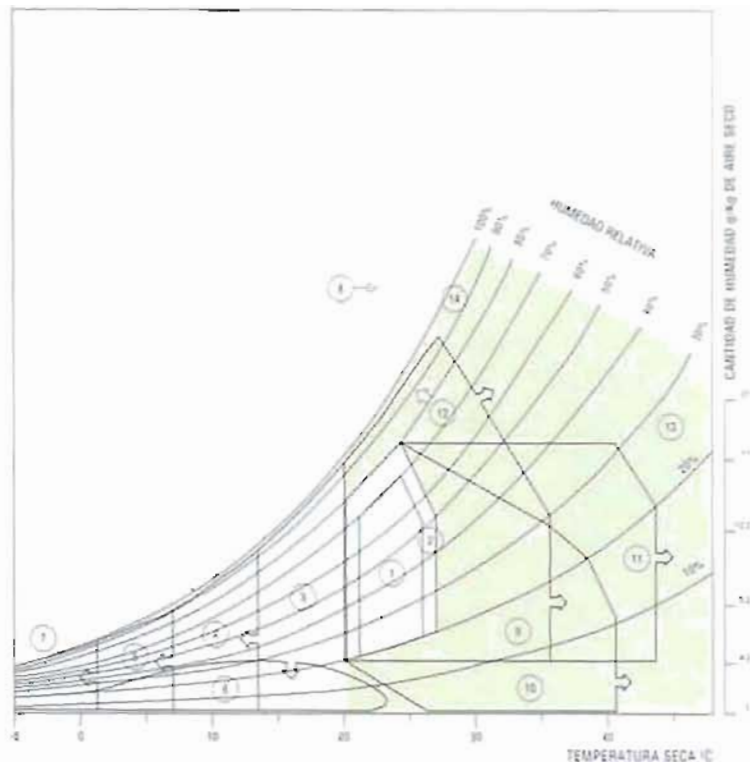
Un sistema efectivo está subordinado a múltiples factores: al sol, a la cantidad de radiación, o a su ángulo de incidencia; estos factores son acordes a la orientación, latitud y posición geográfica en la que se encuentre el edificio, lo que implica la imposibilidad de la estandarización, teniendo que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

Existen unas tipologías básicas que adaptadas y combinadas darán la protección ideal para cada lugar; la elección del sistema y sus posibles combinaciones son atribuciones del diseñador.

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

### PROTECCIONES DE LOS HUECOS

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



### Elementos exteriores

Los principales se pueden agrupar de la siguiente manera:

#### Estores exteriores

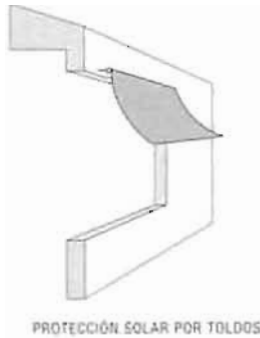
Las persianas venecianas, compuestas por lamas de aluminio, presentan mayores posibilidades como interceptoras de los rayos solares, produciendo sombra además de los diferentes grados de intimidad y ventajas visuales.

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

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

#### Persianas enrollables y celosías

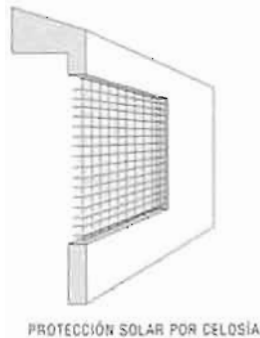
Pueden estar compuestas por láminas de aluminio, acero, plástico, madera, etc., y adoptar distintas soluciones: persianas enrollables, proyectables, con láminas orientables, etc.



PROTECCIÓN SOLAR POR TOLDOS



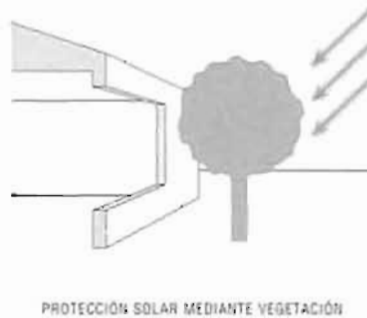
PROTECCIÓN SOLAR POR PERSIANAS



PROTECCIÓN SOLAR POR CELOSÍAS



PROTECCIÓN SOLAR POR UMBRÁCULOS



PROTECCIÓN SOLAR MEDIANTE VEGETACIÓN

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

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

### Umbráculos

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

Aunque están integrados en este apartado de la protección de huecos, pues en general anteceden a alguno de ellos, en función de su tamaño y su disposición pueden también proteger muros e incluso formar espacios intermedios sombreados entre

las condiciones exteriores y el espacio interior facilitando el control del confort humano.

### "Brise-soleil" o parasoles

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

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

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

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

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

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

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

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

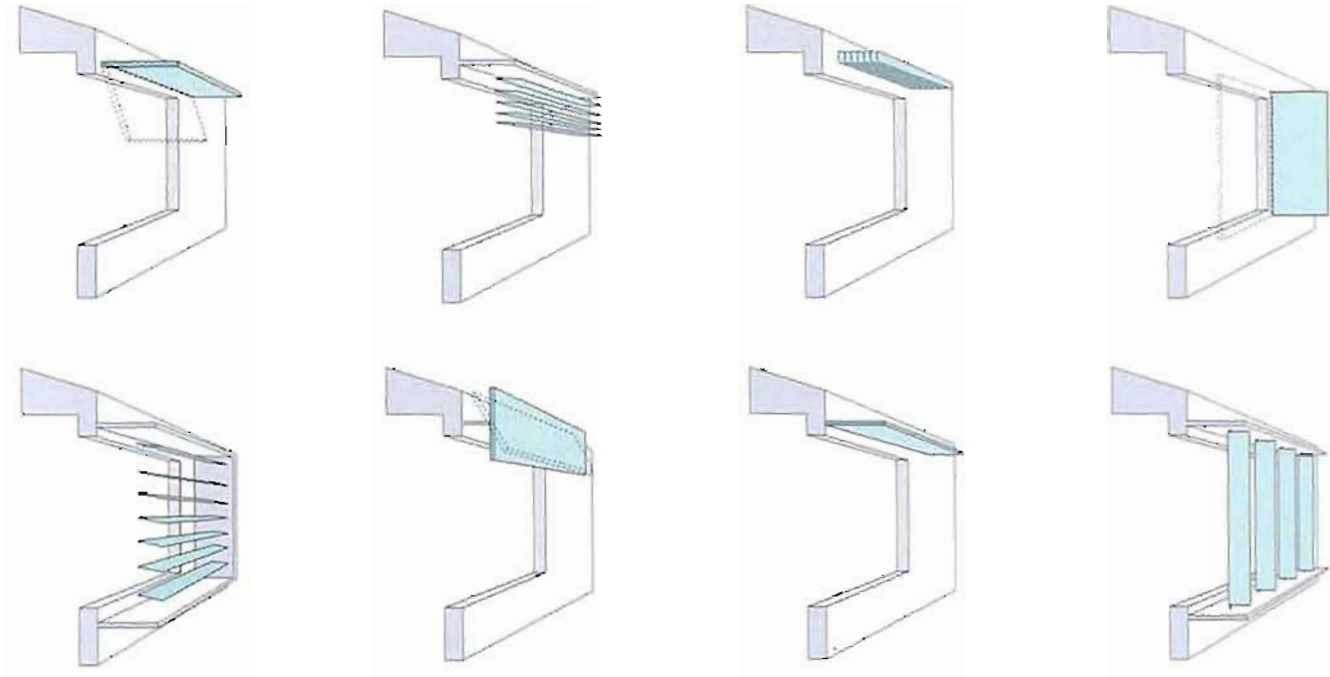
A continuación se muestra una serie de parasoles fijos con una cotas orientativas, con la finalidad de observar el gran tamaño que este tipo de opciones puede llegar a tener.

El tamaño exacto de las diferentes protecciones deberá determinarse por medio de las cartas solares, de modo que, según las necesidades de cada lugar en los momentos en que haya que sombread, conozcamos el ángulo de incidencia de los rayos del sol en cada época determinada para poder definir los tiempos de funcionamiento del sistema.

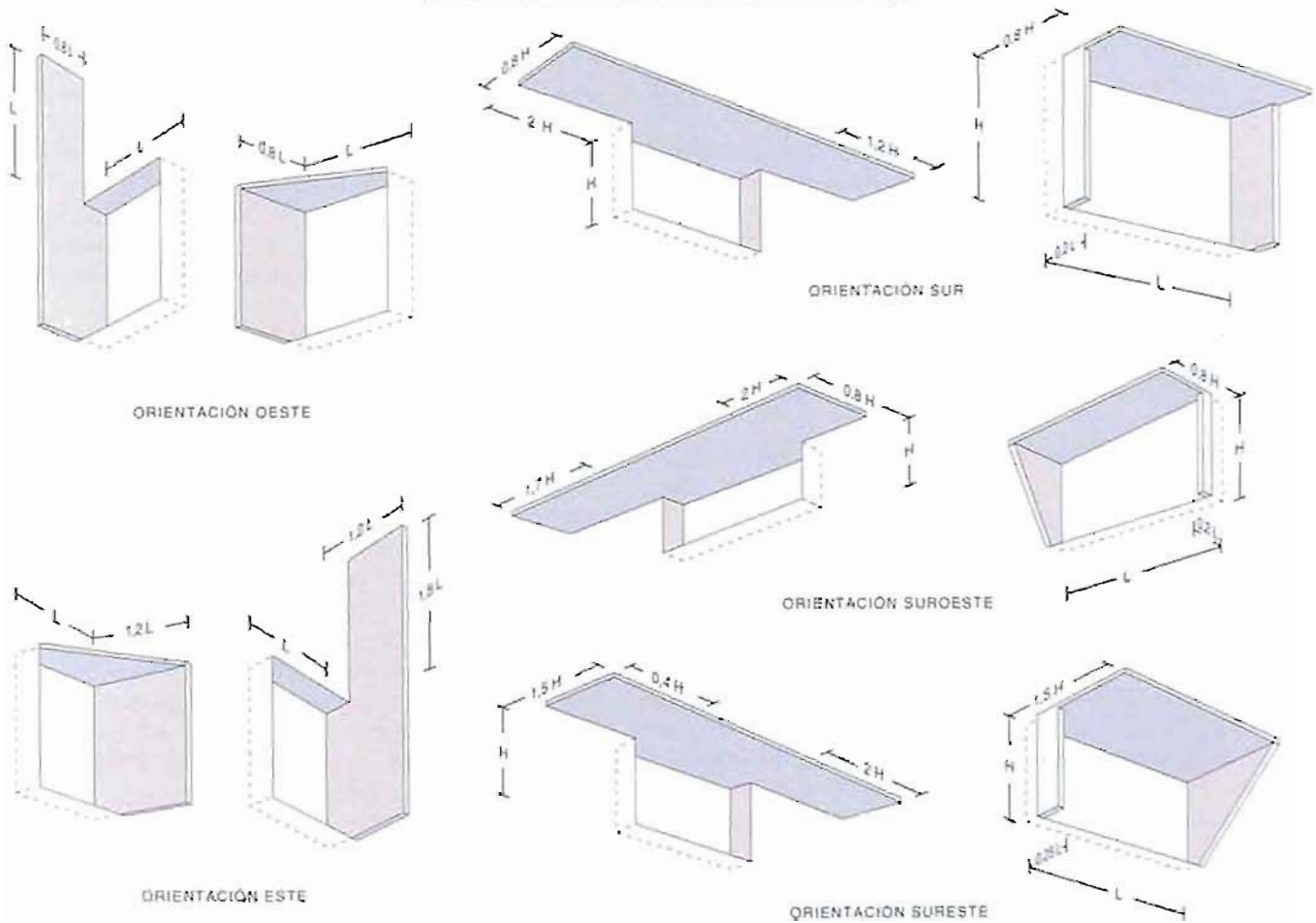
### La vegetación

Interponer elementos arbóreos delante del hueco, en edificios de relativa altura, da resultados generalmente muy positivos.

PROTECCIÓN SOLAR MEDIANTE PARASOLES



PARASOLES FIJOS CON COTAS ORIENTATIVAS



dependiendo tanto del tipo de árbol, como de su desarrollo biológico particular; las recomendaciones para su utilización serían: árboles de hoja caduca para orientaciones, E, SE, S, SO y O; emparrados caducos horizontales a sur, y cortinas vegetales o trepadoras a E, O y N. Obviamente este sistema puede intervenir tanto en la protección de huecos como en la de los cerramientos creando espacios en sombra.

### Elementos interiores

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

### Los medios en la piel del hueco

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

### Vidrios con tratamientos especiales

Las diferentes opciones, con el fin de alterar voluntariamente las características espectrofotométricas del vidrio, surgen partiendo del vidrio más convencional por el efecto de alguna de las actuaciones siguientes:

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

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

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

Cuanto mayor sea el valor de este parámetro menor será la cantidad de energía que atraviese el elemento. Hay que indicar que no toda la energía absorbida es eliminada hacia el exterior, existe un porcentaje que es remitido hacia el interior y que va en función principalmente de la temperatura de cada cara del vidrio.

La modificación de este valor se obtiene coloreando la masa de un vidrio base, tipo Planilux, con óxidos metálicos, que, en fun-

ción de su poder absorbente, obtiene los diferentes grados de absorción.

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

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

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

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

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

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

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

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

La aplicación de estos vidrios no varía el valor del coeficiente de transmisión de calor, K del elemento base, no influyendo por tanto en el aislamiento del edificio. Si la cara tratada está colocada hacia el interior, permitirá la reflexión del calor interior del recinto, evitando pérdidas, y además se produce el efecto, desde el interior, de ver sin ser visto.

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

**Vidrios de baja emisividad:** Son vidrios tratados en una de sus caras con capas de precipitaciones metálicas que constituyen una barrera capaz de bloquear buena parte de la radiación calorífica de un edificio, infrarrojos de larga longitud de onda, reenviándola hacia el interior, evitando la pérdida calorífica.

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

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

El factor de transmisión luminosa es similar a la de la luna base, por lo cual, la transparencia es una de sus características, aspecto muy apreciable.

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

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

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

**Vidrios selectivos con los espectros de radiación:** Son aquellos que dejan pasar un determinado espectro de radiación, bloqueando el resto. Reducen las ganancias de calor, teniendo un gran nivel de iluminación natural.

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

Varios son los métodos: termocrómicos, fotocromicos, electrocromicos, con cristales líquidos, con películas holográficas.

**Vidrios termocrómicos.** Son vidrios con ciertas capas que cambian sus propiedades ópticas por la acción del calor.

**Vidrios fotocromicos.** Los vidrios que contienen agentes fotocromicos cambian su transmisión luminosa (oscurecimiento), por el efecto de la irradiación. Este efecto es reversible volviendo a su estado anterior cuando desaparece el estímulo. Actualmente tienen un elevado coste.

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

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



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

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

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

#### Elementos adosados al vidrio

Consiste en adosar una lamina exterior, combinación de políester y metales, adherida bien mediante adhesivo, bien proyectada (lácas)

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

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

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

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

### PROTECCIÓN DE LOS CERRAMIENTOS

La disminución de la temperatura de la superficie exterior del cerramiento tiene una gran influencia en la distribución interior de temperaturas. Este efecto de disminución de temperaturas puede conseguirse, bien aumentando la cualidades de

reflexión del paramento por medio de colores claros, revestimientos reflectantes, etc., o bien mediante algunos de los sistemas ya vistos para los huecos, que interceptan la radiación solar antes de incidir sobre el muro (parasoles, umbráculos, vegetación, etc).

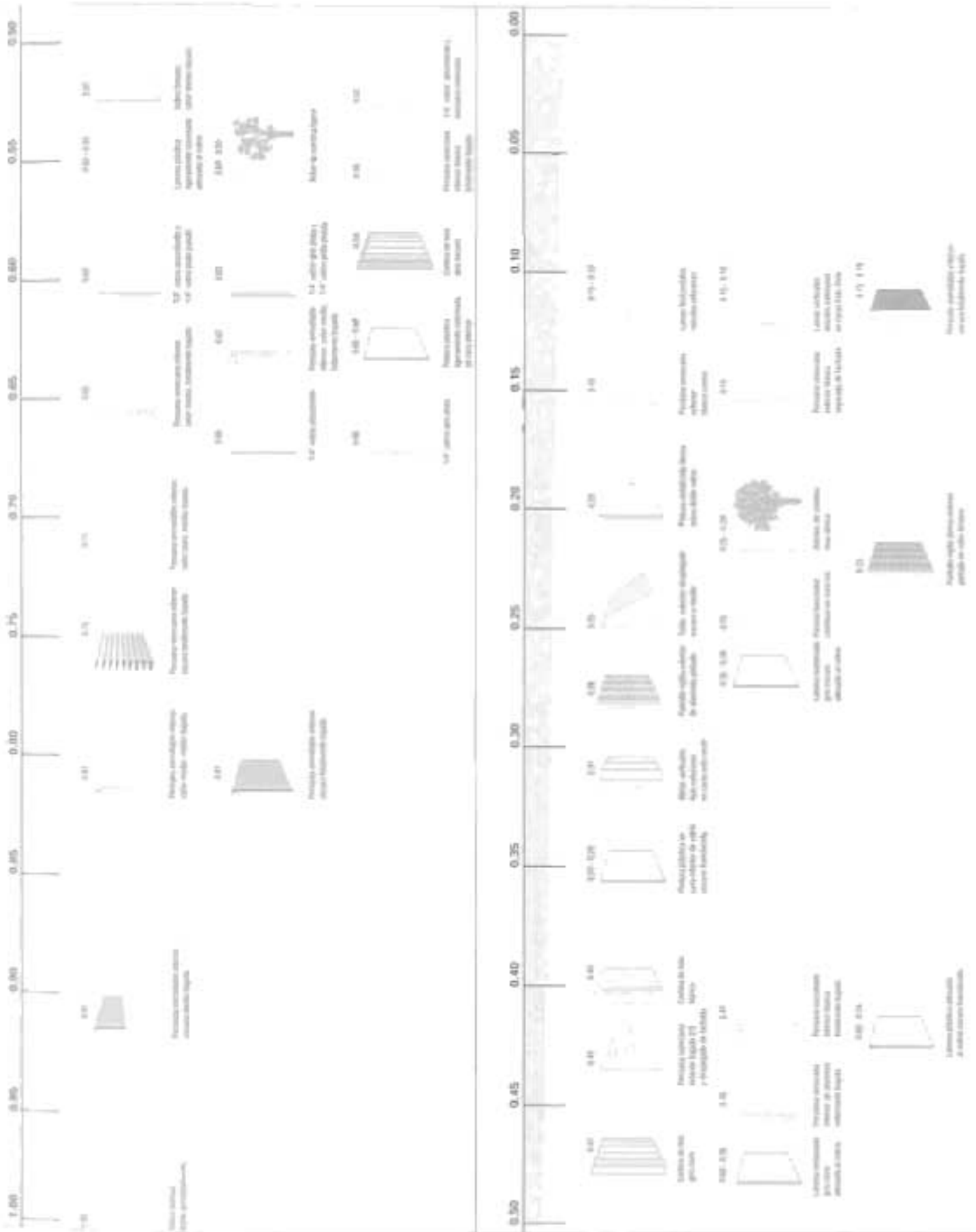
En la tabla adjunta se pueden observar los diferentes porcentajes de absorción de la radiación incidente en diferentes tipos de superficies.

**Tabla de absorción según tipo de superficie**

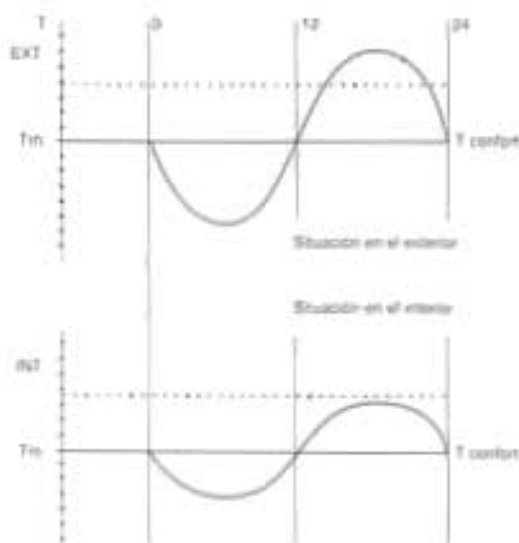
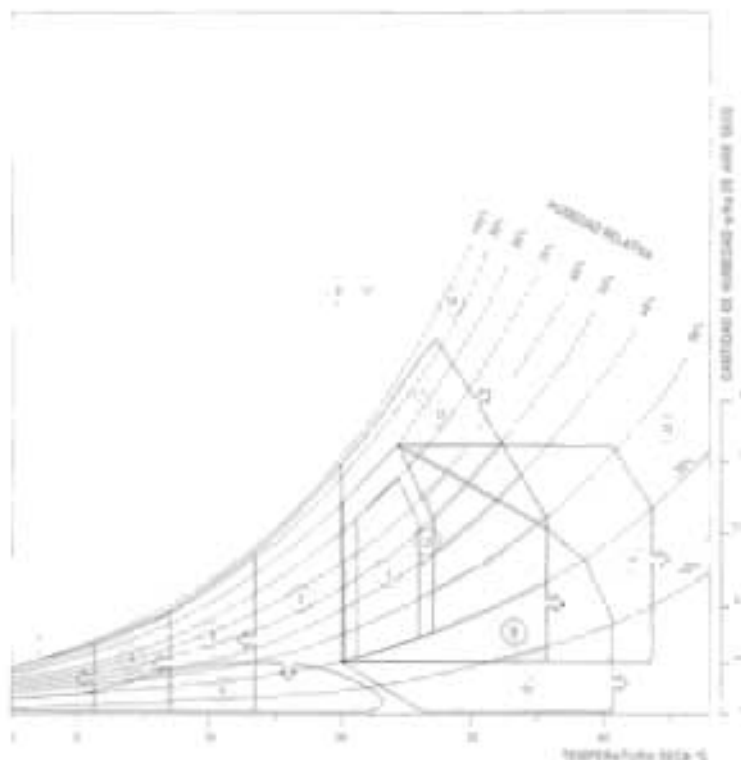
TIPO DE SUPERFICIE	% ABSORC.
Reflectantes	0,20
Rugosas de color blanco	0,25-0,40
Amarillo claro al amarillo oscuro	0,40-0,50
Verde, rojo, y marrón	0,50-0,70
Marrón oscuro al azul	0,70-0,80
Azul oscuro al negro	0,80-0,90

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

COEFICIENTE DE SOMBRA PARA RADIACIÓN POR TRANSMISIÓN



## 9. Refrigeración por alta masa térmica



AMORTIGUAMIENTO DE LA ONDA TÉRMICA

La zona de influencia para "refrigeración por alta masa térmica" en el diagrama de Givoni, comprende un área definida por una línea poligonal, representada en la figura adjunta, que cubre el espacio existente entre la zona de confort permisible y la línea quebrada que partiendo de los 20°C y 20% HR une los puntos definidos por 36°C y 8% HR, 35°C y 30% HR, 32°C y 50% HR y 25°C y 80% HR.

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

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

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

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

La cantidad de calor que puede absorber y disipar un material está ligada a las propiedades termofísicas de cada material, siendo directamente proporcional a la admisibilidad de un material como ya se vio al tratar de los sistemas de acumulación en el apartado 4.

Además de los parámetros ya vistos en la tabla del apartado 4, conductividad, calor específico y densidad hay otros parámetros que influyen en la cantidad de energía acumulada:

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

El máximo rendimiento se obtiene situando los materiales aislantes al exterior y los materiales con mayor inercia térmica en el interior del recinto protegidos de la radiación solar tanto por su posición como por la situación del aislante.

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

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

### Amortiguamiento

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

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

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

### Desfase

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

### Disipación

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

La disipación de calor se realiza a través de los paramentos del edificio: las fachadas, la cubierta o la solera, por convección, radiación, y transmisión.

#### Por las fachadas

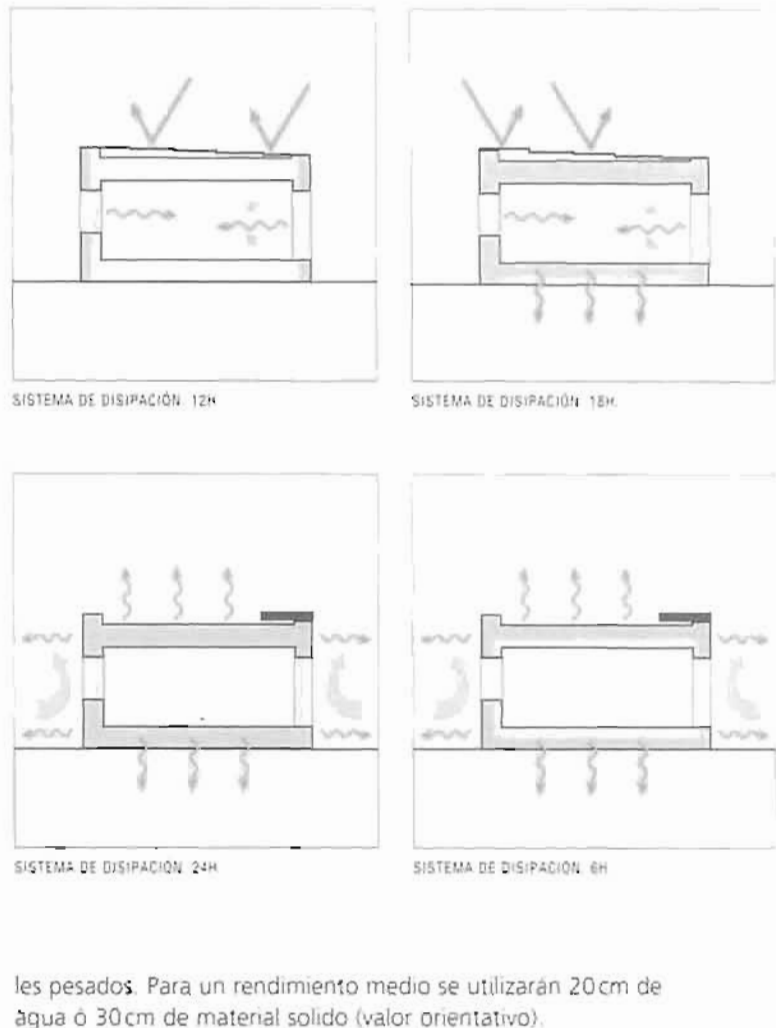
Se produce un enfriamiento del muro por convección con la masa de aire que rodea al edificio.

#### Por la cubierta

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

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

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



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

#### Por el suelo

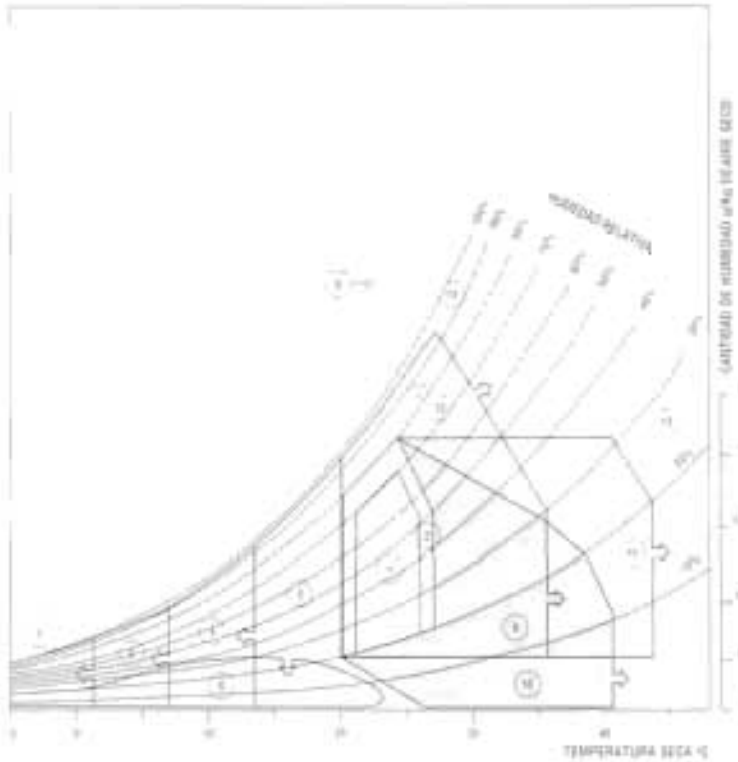
Cuando el edificio se encuentra en contacto directo con el terreno, el enfriamiento se produce fundamentalmente por transmisión. Durante todo el día el suelo absorbe el calor del recinto.

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

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

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

## 10. Enfriamiento por evaporación

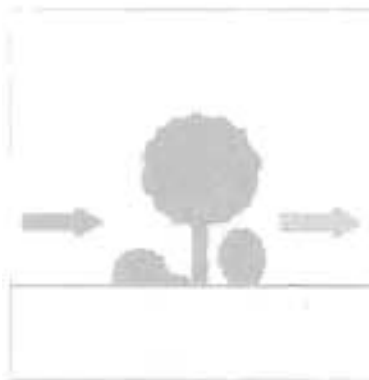


La zona de influencia del "enfriamiento por evaporación" en el diagrama de Givoni, comprende un área definida por una línea poligonal, representada en la figura adjunta, que cubre el área comprendida entre la zona de confort, la zona inferior del diagrama y una línea quebrada que partiendo de los 40,5° C, para humedades relativas inferiores al 10%, y une los puntos definidos por 38,5° C y 20% HR, 35,5° C y 29% HR, y el vértice superior de la zona de confort (24,5° C y 80% HR).

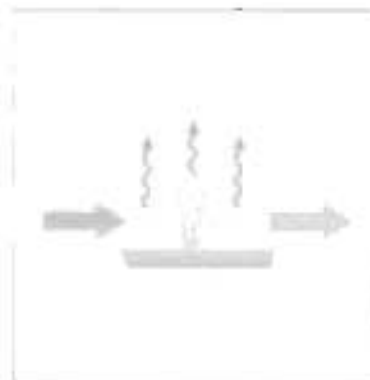
En esta región del diagrama, se busca un efecto combinado, por un lado la disminución de la temperatura, por medio del calor absorbido al producirse la evaporación de agua o de algún otro fluido, y por otro el aumento de la humedad relativa, al aumentar la cantidad de vapor en el ambiente, siempre y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

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

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



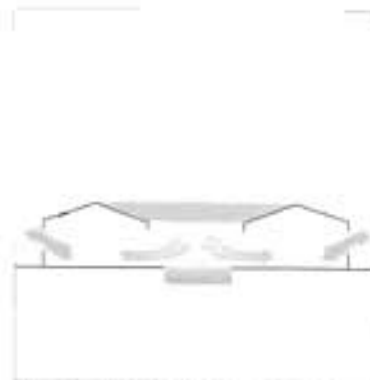
EVAPORACIÓN POR SISTEMAS PASIVOS DIRECTOS. VEGETACIÓN FRONDOSA



EVAPORACIÓN POR SISTEMAS PASIVOS DIRECTOS. SURTIDORES Y LÁMINAS DE AGUA



EVAPORACIÓN POR SISTEMAS PASIVOS DIRECTOS. CONDUCCIONES ENTERRADAS CON AGUA



EVAPORACIÓN POR SISTEMAS PASIVOS DIRECTOS. PATIOS CON ESTANQUES

### Pasivos directos

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

- Vegetación, por el proceso de evapotranspiración, preferentemente de hoja grande, frondosa y caduca, de tal modo que, en el período invernal, no se pierda la posibilidad de obtener calor solar.
- Presencia de agua, fuentes, surtidores, estanques, en espacios adjuntos a los huecos, o en el mismo interior, favorecido por ventilaciones que cruzan las zonas húmedas.
- Hacer pasar el aire por canalizaciones enterradas con un tercio de su altura lleno de agua (combinación de humedad y equilibrio térmico), o bien por hacerlo pasar por láminas de agua de gran superficie que se encuentren enterradas.
- Patios cerrados con fuentes o estanques, convirtiéndose en un foco de humedad y frescor para los recintos anexos, también se reducen las ganancias solares si las aberturas de las habitaciones se producen exclusivamente a este patio.

### Pasivos indirectos

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

- Se coloca una masa de agua en la cámara de uno de los cerramientos, de tal modo que la evaporación de la superficie húmeda rebaje la temperatura de las paredes de la cámara y estas puedan absorber el calor del interior. Hay que tomar medidas especiales de impermeabilización para evitar fugas y manchas de humedad no deseables, y de aislamiento para evitar que el calor absorbido sea el del exterior y no el del recinto. Es el denominado "efecto botijo".

### Activos directos

Son medios que utilizan algún tipo de energía convencional pero actúan directamente sobre el aire a introducir en el interior del recinto.

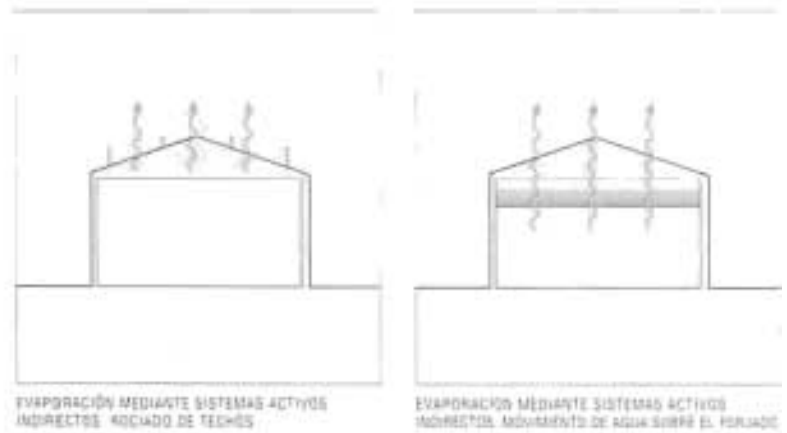
- Acondicionadores de evaporación, consistentes en ventiladores de impulsión a los que se acoplan unos filtros de agua.

### Activos indirectos

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

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

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



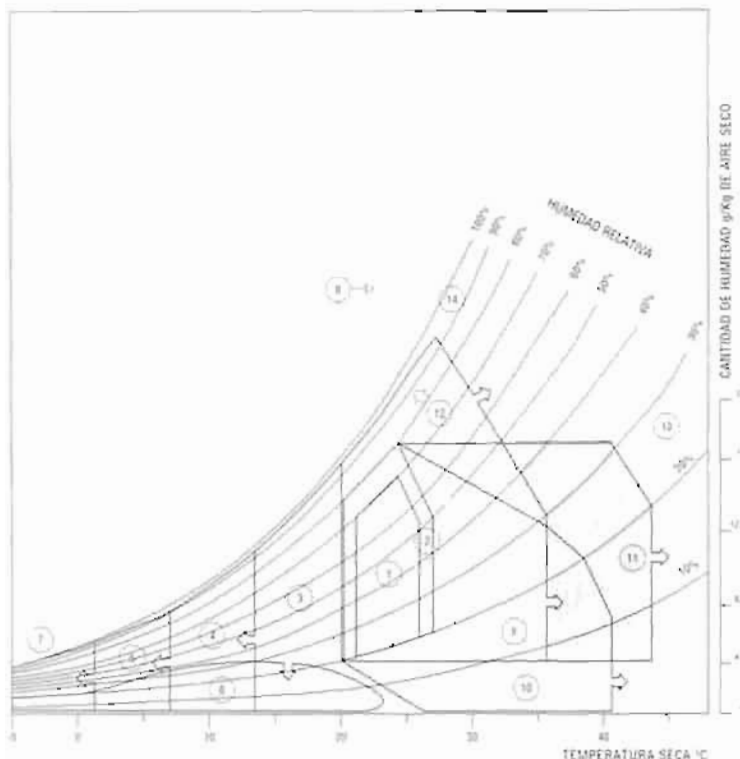
Debe disponerse de una provisión de agua suficiente para permitir la operación continuada del sistema, lo que es fundamental a la hora de seleccionar este método de refrigeración, teniendo en cuenta las posibles épocas de sequía, así como las zonas en las que la escasez del agua haga este sistema inadecuado.

Estos medios no permiten el reciclaje del aire enfriado y saturado de vapor, de tal modo que se precisa una obligatoria renovación constante del aire del recinto.

Los sistemas elegidos de refrigeración por evaporación deben combinarse con sistemas de protección solar ya que el proceso evaporativo debe robar el calor del aire interior y no del exterior.

Como recomendación para la obtención de un sistema eficaz se debe usar una combinación de masas de agua, vegetación y espacios dotados con fuentes, aprovechando los vientos dominantes para una mejor distribución del aire que ha sido enfriado o creando corrientes de aire con el diseño.

## 11. Refrigeración por alta masa térmica con renovación nocturna



La zona de influencia de la "alta masa térmica con renovación nocturna" en el diagrama de Givoni, comprende un área definida por una línea poligonal, representada en la figura adjunta, que cubre el espacio existente entre la zona 9 del diagrama de Givoni y una línea quebrada que partiendo de los 36°C y 8% HR une los puntos definidos por 43,5°C y 5% HR, 43,5°C y 20% HR, 40°C y 32% HR y 33,5°C y 50% HR.

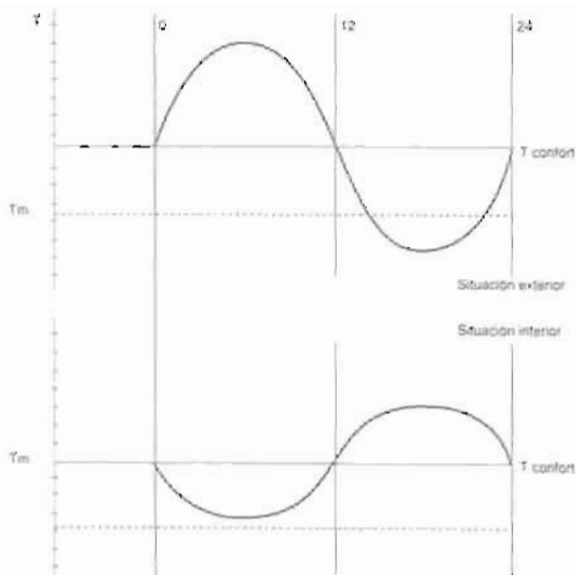
En las zonas en las que se da esta situación del diagrama de Givoni, la temperatura media está en torno a los 27° y para conseguir una reducción de la temperatura media interior por medios pasivos es necesario fomentar y aprovechar el desfase entre las condiciones exteriores y la respuesta interior.

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

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

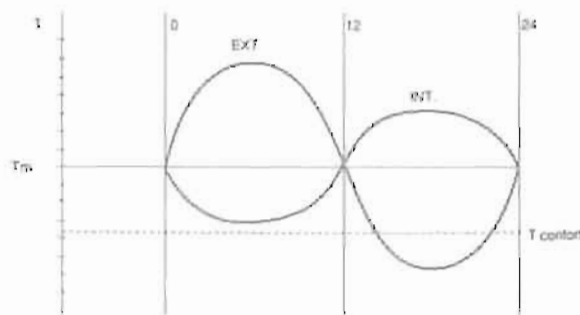
Es fundamental el concepto de protección solar. Sería inútil todo el proceso si se favoreciera la entrada de radiación en el espacio interior.

En este proceso de enfriamiento nocturno intervienen dos conceptos: el de disipación, que ya ha sido explicado en el apartado 9 y el de ventilación nocturna, en el que por efecto del aire exterior se enfrían los muros de la edificación hasta llegar a la temperatura mínima nocturna que será la base del nuevo proceso día-noche. Como puede verse, en estos casos es más importantes la frecuencia de las temperaturas mínimas que la de máximas.



DESFASE Y AMORTIGUAMIENTO DE LA ONDA TÉRMICA

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



SUPERPOSICIÓN DE DESFASES E INTERCAMBIOS INTERIOR-EXTERIOR

### Ventilación natural

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

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

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

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

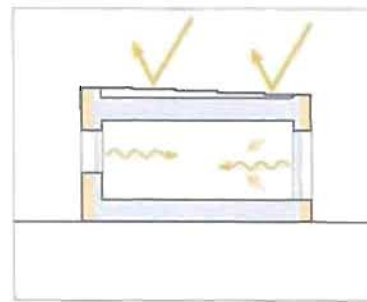
La forma del edificio y su organización urbana pueden adecuarse para obtener efectos de ventilación (ver parámetros bioclimáticos, ventilación).

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

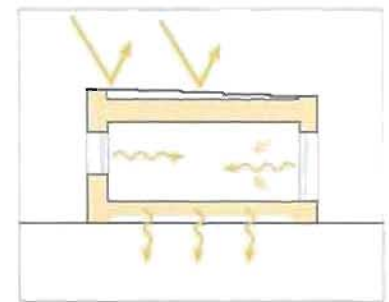
Si no se toman las precauciones necesarias (protección de la masa durante las horas de calor) puede darse el caso de que el sistema se invierta y se consiga acumular el calor del día y no disiparlo durante toda la noche.

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

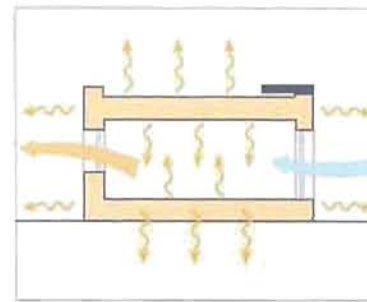
Los requerimientos de un sistema pasivo de refrigeración diferida son en todo similares a los planteados por el sistema análogo de calefacción en lo tocante al empleo de masa térmica para la construcción de muros, suelos o techos.



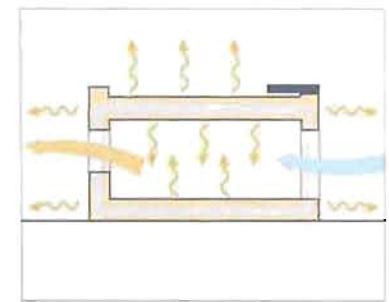
SISTEMAS DE DISIPACIÓN: 12h



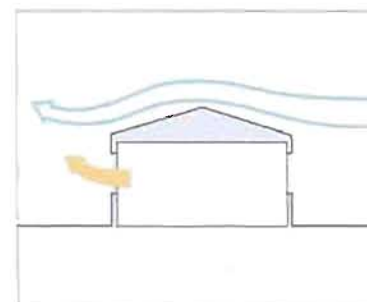
SISTEMAS DE DISIPACIÓN: 18h



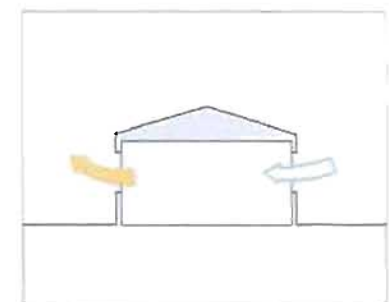
SISTEMAS DE DISIPACIÓN: 24h



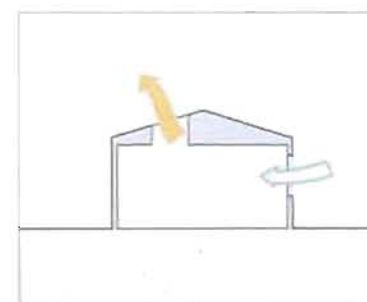
SISTEMAS DE DISIPACIÓN: 6h



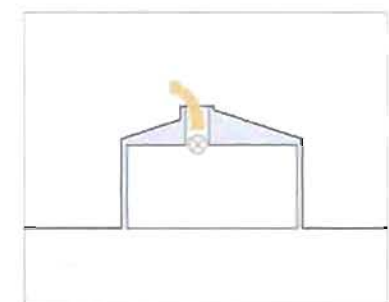
VENTILACIÓN POR PRESIÓN DEBIDA AL VIENTO



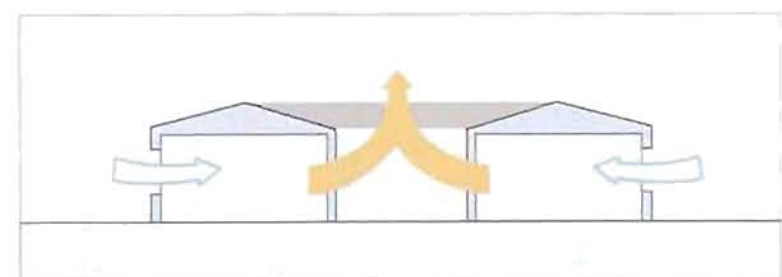
VENTILACIÓN CRUZADA



VENTILACIÓN POR SUCCIÓN VERTICAL

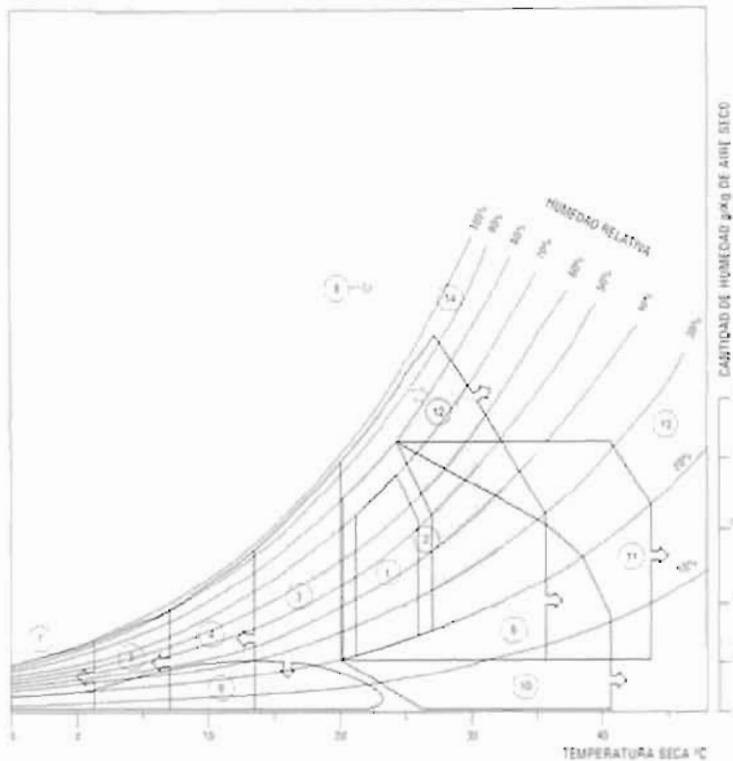


VENTILACIÓN FORZADA



VENTILACIÓN POR DIFERENTES CONDICIONES EN LA FACHADA

## 12. Refrigeración por ventilación natural y mecánica



La zona denominada como "refrigeración por ventilación natural y mecánica" ocupa un área del diagrama de Givoni comprendido entre las líneas de 95% y 20% de humedad relativa, por la zona de confort y por una línea quebrada, que en su tramo vertical inferior corresponde a los 32°C, y que llega hasta el 50% de humedad, donde se quiebra la línea hasta el punto determinado por 27,5°C y 95% de humedad.

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

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

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

La ventilación es combinación de sistemas generadores del movimiento del aire y sistemas de tratamiento del aire a intro-

ducir, aunque uno de los factores determinantes de su eficacia es la velocidad del aire.

### VENTILACIÓN NATURAL

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

#### Ventilación cruzada

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

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

- Disposición diagonal, en planta, de puertas y ventanas, con lo que se facilita una ventilación completa de la estancia.
- Uso de carpinterías practicables, en vez de correderas, buscando una composición que permita la mayor apertura posible, no dejando cristales fijos en las partes altas de los huecos, de tal modo que se facilite la salida del aire caliente acumulado en los estratos superiores de la habitación.
- Colocación de barandillas o superficies perforadas en petos de terrazas que no ofrezcan obstrucción al paso del aire.

#### Efecto chimenea

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

#### Cámara o chimenea solar

Se realiza una cámara calentada por captación directa que provoca una mayor succión del aire interior. La orientación de esta cámara debe ser la adecuada según las necesidades, si se

requiere el mayor tiro posible se debe situar donde reciba la máxima intensidad de radiación solar. Si se quiere un determinado horario de uso se pueden colocar dos cámaras, una orientada a este y otra a oeste

### Aspiración estática

La aspiración se efectúa por efecto Venturi. Se necesitan fuertes vientos, así como la orientación adecuada para utilizarlos o elementos con aspiradores tipo Shunt

### Torre de viento

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

## VENTILACIÓN MECÁNICA

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

## LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DEL AIRE

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

### Torres evaporativas

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

### Patios

Se hace circular el aire a través de un espacio exterior acotado, es decir, un ambiente descubierto, central, rodeado de habitaciones, con una fuente o estanque que refrescarán el aire por evaporación. Se aumenta la efectividad si se combina con sistemas de protección solar, vegetación, toldos, etc. El patio se comporta como un acumulador de aire frío, que luego se distribuye a los espacios circundantes, sirviendo también como zona de toma de aire fresco para las ventilaciones.



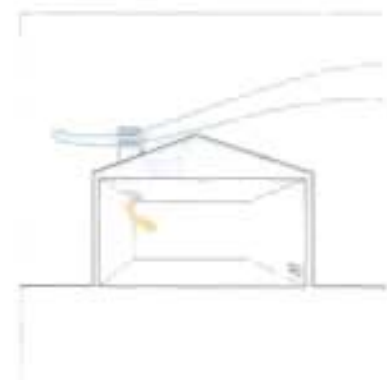
SISTEMAS GENERADORES DE MOVIMIENTO DE AIRE  
VENTILACIÓN CRUZADA



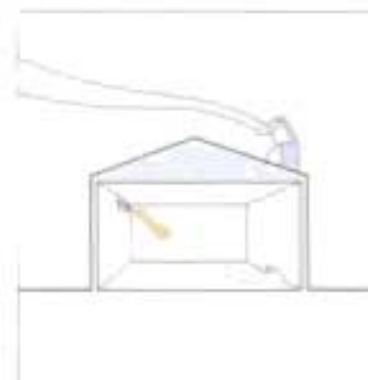
SISTEMAS GENERADORES DE MOVIMIENTO DE AIRE  
EFECTO CHIMENEA



SISTEMAS GENERADORES DE MOVIMIENTO DE AIRE  
CAPTURA SOLAR



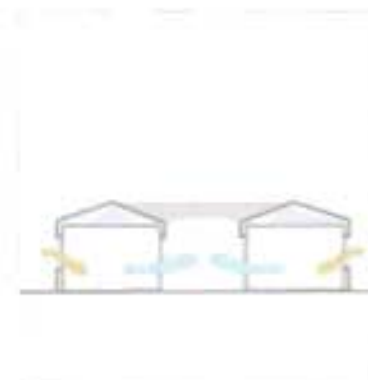
SISTEMAS GENERADORES DE MOVIMIENTO DE AIRE  
ASPIRACIÓN ESTÁTICA



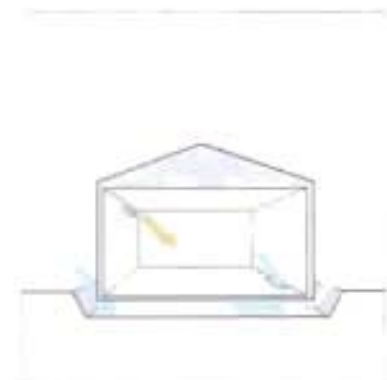
SISTEMAS GENERADORES DE MOVIMIENTO DE AIRE  
TORRE DE VIENTO



SISTEMAS DE TRATAMIENTO DEL AIRE  
TORRES EVAPORATIVAS



SISTEMAS DE TRATAMIENTO DEL AIRE  
PATIOS



SISTEMAS DE TRATAMIENTO DEL AIRE  
VENTILACIÓN SUBTERRÁNEA

### Ventilación subterránea

Se aprovecha la inercia térmica del terreno al hacer pasar el aire a través de conductos enterrados, entre 6 y 12 m de profundidad, donde la temperatura del terreno es constante, a unos 15° C, antes de introducirlo en el recinto. Las longitudes de conductos necesarias para garantizar el intercambio térmico son bastantes grandes, en función del volumen a aclimatar, (como referencia, unos treinta metros para un local de tamaño medio).

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

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

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

### 13. Aire acondicionado

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

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

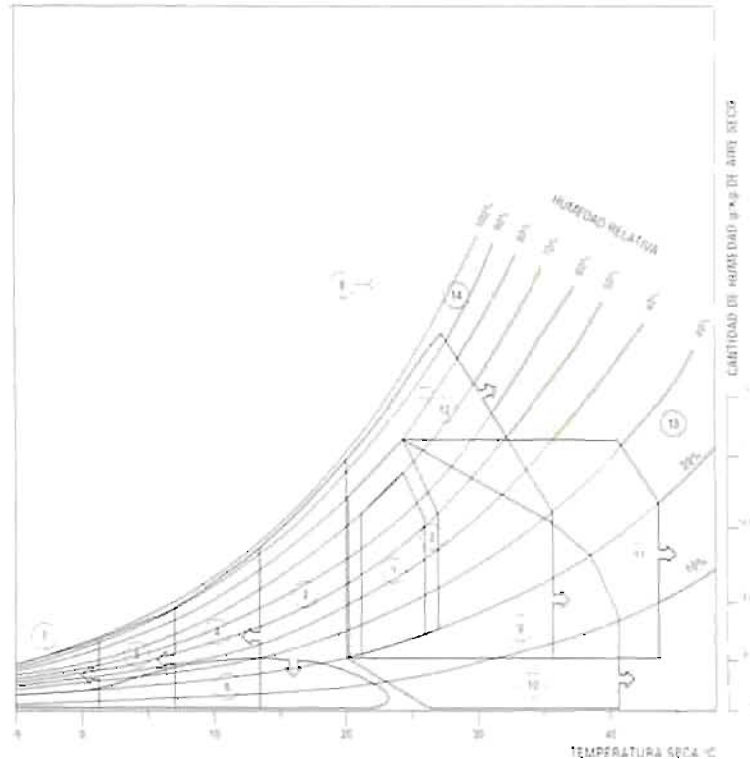
En Andalucía este tipo de acondicionamientos es necesario en situaciones extremas del verano en parte del territorio, no pudiéndose obtener el confort por medio de ningún otro sistema.

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

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

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

- Se debe tener en cuenta no solo el coste inicial de la propia instalación sino también el coste de mantenimiento y la repercusión de las posibles averías.
- Se debe prever la minimización de las instalaciones mediante un cálculo ajustado de la potencia necesaria en los aparatos, así como mediante un correcto aprovechamiento de los rendimientos efectivos de la maquinaria.

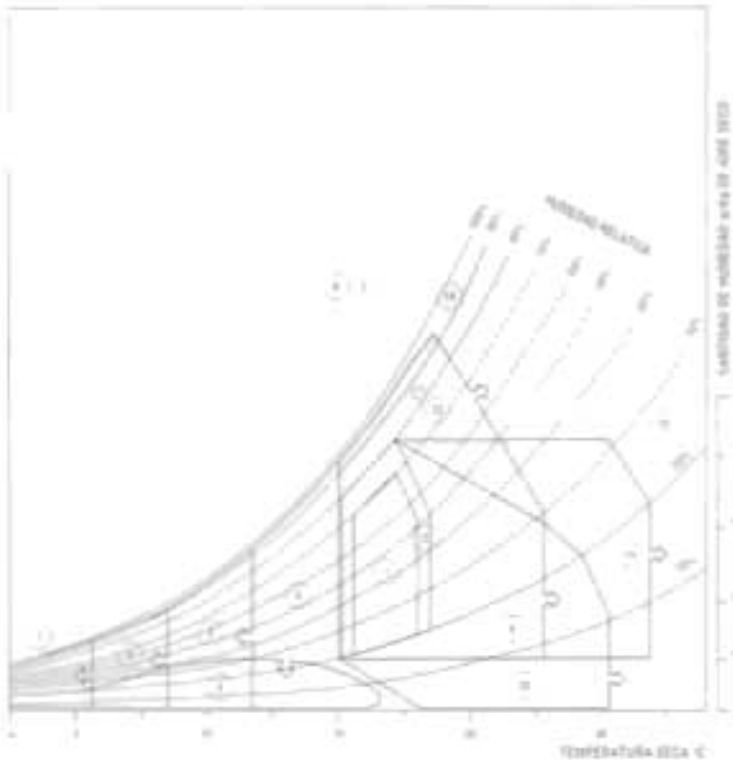


- Evitar el consumo y producción de materias contaminantes, como se ha mencionado anteriormente.

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

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

## 14. Deshumidificación convencional



Esta zona está comprendida entre el 80% y 100% de humedad relativa, y a partir de 20°C. En esta situación se trata de mejorar condiciones interiores de recintos con altos niveles de humedad, mediante deshumidificación o desecación del aire, con lo que podemos tornar confortables temperaturas entre 20°C y 30°C.

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

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

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

### Sales desecantes

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

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

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

### Placas salinas absorbentes

Son dos placas que contienen sales absorbentes del vapor de agua. Su funcionamiento es alternativo en el recinto, de modo que mientras una placa permanece en el interior absorbiendo el vapor de agua del aire, la otra se encuentra en zonas soleadas del exterior, eliminando por evaporación el vapor de agua, devolviendo la operatividad a las placas salinas.

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

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

## Estrategias de diseño y recomendaciones. Aislamiento

A pesar de no ser una zona definida en el diagrama de Givoni, es un aspecto fundamental para el correcto funcionamiento de cualquiera de los sistemas expuestos, por lo que se ha creído conveniente estudiarlo en un apartado propio.

La misión principal del uso de materiales aislantes es el evitar, o amortiguar, el intercambio de calor entre las dos caras, interna y externa, del elemento donde esté situado.

Hay una serie de factores considerados como fundamentales: posición dentro del elemento, material a utilizar y espesor adecuado.

### POSICIÓN DENTRO DEL ELEMENTO

Cuando el material aislante forma parte de un elemento multicapa, caso más habitual, la posición de éste implica un diferente comportamiento del conjunto.

Este comportamiento variará según la época en que estemos. La diferencia sustancial entre los diferentes períodos posibles, calefacción, confort, refrigeración, está en la posición de la fuente de calor. En ocasiones en el interior del recinto y otras en el exterior.

Este diferente comportamiento puede provocar que situaciones ideales para una determinada época sean contraproducentes para otra, debiéndose tener en cuenta a la hora de la elección. Por ello estudiaremos en cada posición el comportamiento en invierno y en verano.

Tres son las posibles situaciones del aislamiento: en la cara interna, en la cara externa, o en la cámara intermedia.

### Cara interna

#### Invierno

La temperatura interior del recinto aumenta con mayor rapidez al no haber pérdidas para calentar el muro. La temperatura de la superficie interior está más próxima a la del aire durante el período de calentamiento. La temperatura disminuye al finalizar el aporte de calor. Este sistema exige un sistema de calefacción regulable.

Dificulta y a veces llega a impedir la acumulación de calor solar en muros interiores en contacto con los locales de uso.

#### Verano

Al ser un sistema que aumenta la temperatura máxima interior produce riesgos de calentamientos excesivos en épocas de verano, apareciendo la contradicción de funcionamiento entre diferentes períodos.

Dificulta o impide que los muros refrigerados en la noche estén en contacto con el espacio de uso interior.

### Cara externa

#### Invierno

Se necesita un mayor período de tiempo para que la temperatura interior del recinto aumente, ya que previamente se tiene que calentar el cerramiento. Al calentar la totalidad del elemento se aprovecha la inercia térmica de éste, permitiendo la cesión de calor al recinto una vez terminado el aporte de la fuente inicial.

#### Verano

La radiación solar que atravesará la superficie y se transmitirá al interior será menor, siendo reflejado el calor hacia el exterior.

**Lista base de materiales aislantes**

MATERIAL	DENSIDAD APARENTE Kg/m <sup>3</sup>	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA W/m <sup>2</sup> °C
Arcilla expandida	300	0,08
	450	0,11
Aglomerado de corcho	110	0,040
Espuma elastomérica	60	0,034
Fibra de vidrio		
- Tipo I	10-18	0,044
- Tipo II	19-30	0,037
- Tipo III	31-45	0,034
- Tipo IV	46-65	0,033
- Tipo V	66-99	0,033
- Tipo VI	>91	0,037
Lana mineral		
- Tipo I	30-50	0,042
- Tipo II	51-70	0,040
- Tipo III	71-90	0,038
- Tipo IV	91-120	0,038
- Tipo V	>121	0,038
Perlita expandida	130	0,047
Poliestireno expandido		
- Tipo I	10	0,057
- Tipo II	12	0,044
- Tipo III	15	0,037
- Tipo IV	20	0,034
- Tipo V	25	0,033
Poliestireno extrusionado	33	0,033
Poliétileno reticulado	30	0,038
Polisocianurato, espuma	35	0,026
Poliuretano conformado, espuma		
- Tipo I	32	0,023
- Tipo II	35	0,023
- Tipo III	40	0,023
- Tipo IV	80	0,040
Poliuretano in situ, espuma		
- Tipo I	35	0,023
- Tipo II	40	0,023
Urea formol, espuma	10-12	0,034
	12-14	0,035
Vermiculita expandida	120	0,035
Vidrio celular	160	0,044

Datos según la tabla 2.8 de la NBE-CT-79

**En cámara intermedia**

Es una situación intermedia entre las dos anteriores. Manejando la situación de la cámara en el elemento se pueden adoptar los valores que se consideren oportunos.

En el caso de sistemas de ganancias de calor de aporte continuo, la posición del aislamiento no influye de forma significativa, aunque tienen el inconveniente de provocar mayores consumos en el caso de ser calefacción convencional.

**MATERIAL A UTILIZAR**

Existen muchos materiales que pueden ser utilizados como aislantes. La decisión de cuál es el que se utilizará debe hacerse sobre una base de factores tales como el coste, facilidad de colocación, durabilidad, comportamiento ante el fuego, capacidad de resistir daños físicos, grado de exposición a la intemperie, etc.

La lista que se adjunta debe ser considerada como base por parte del diseñador, a fin de equilibrar las ventajas e inconvenientes de los diferentes materiales, debiendo consultar a los propios fabricantes sobre las características específicas de cada uno de ellos.

**ESPESOR ADECUADO**

En España está vigente la Norma NBE-CT-79, de obligado cumplimiento, que establece las condiciones térmicas exigibles en los edificios, así como los datos que condicionan su determinación. Indicando unos valores máximos para el coeficiente de transmisión térmica global Kg de un edificio, así como para los coeficientes útiles de transmisión térmica K de los cerramientos, que están en función del factor de forma, de la zona climática de ubicación, del tipo de energía empleada en el sistema de calefacción y del tipo de cerramiento. Los valores que se obtienen de la aplicación de esta normativa proporcionan un nivel mínimo de aislamiento.

Esta norma no tiene en cuenta las ganancias solares ni las aclimataciones medioambientales posibles y contempla sólo las pérdidas de calefacción con energías habituales.

La cumplimentación de los formularios de la NBE-CT-79, aunque de obligada presentación y cumplimiento en algunos casos se transforma en un trámite más en el proyecto, lo que realmente interesa es conocer el balance térmico del edificio, para ello existen varios sistemas de cálculo de pérdidas de calor. A continuación se exponen en orden según la exactitud de los resultados:

- Cálculo mediante Kg global. (Método del manual ISOVER)

$$P = \{(Kg \cdot S) + (0,29 \cdot Vr \cdot N^{\circ}r)\} (Ti - Te) \text{ Kcal/h}$$

- Cálculo mediante sumatorio del K de cada elemento por su superficie y los grados-día.

$$P = \{(Ki \cdot Si \cdot G) + (0,29 \cdot Vr \cdot N^{\circ}r \cdot G)\} \cdot 24 \text{ Kcal/h}$$

- Cálculo según método CAMPSA

$$P = [Q / (T_i - T_e)] \cdot \{ (T_i - b) + (G/D) \} \cdot H \cdot D \text{ Kcal/año}$$

- Cálculo según método simplificado de medida múltiple BIM

$$P_i = (K_i \cdot S_i \cdot (T_i - T_e)) + (0,29 \cdot V_r \cdot N^{\circ}r \cdot (T_i - T_e)) \text{ Kcal/h}$$

- Coeficientes de pérdidas unitarias

$$C = K_i \cdot (T_i - T_e) \text{ Kcal/h m}^2$$

- Cargas de calefacción:

$$Z = P_i \cdot C \text{ Kcal/h}$$

donde:

P	Pérdidas de calor	P <sub>i</sub>	Pérdidas de calor por elementos
Q	Pérdidas de carga K <sub>i</sub> ·S <sub>i</sub> ·(T <sub>i</sub> -T <sub>e</sub> )	K <sub>g</sub>	Coefficiente de transmisión global
K <sub>i</sub>	Coefficiente de transmi. de cada elemento	S	Superficie del edificio
S <sub>i</sub>	Superficie de cada elemento	G	Grados día período de calefacción
V <sub>r</sub>	Volumen de aire renovado (vol. del edificio)	N <sup>o</sup> r	Número de renovaciones
T <sub>i</sub>	Temperatura interior	T <sub>e</sub>	Temperatura exterior
t <sub>b</sub>	Base grados día	D	Número de días anuales de calefacción
H	Número de horas de funcionamiento	C	Coefficiente de pérdidas unitarias
Z	Cargas de calefacción		

Se puede controlar la cantidad de pérdidas de calor con la modificación de los aislamientos en los cerramientos, controlando así las necesidades caloríficas interiores.

Ahora bien no se debe suponer que "cuanto más aislamiento mejor", la realidad es más compleja y no se comporta de un modo lineal.

La colocación de un determinado aislante en un elemento no aislado reduce significativamente las pérdidas de calor, pero al ir aumentando el espesor del aislamiento se van obteniendo influencias progresivamente menores, como se observa en la tabla adjunta, realizada para un elemento base de  $K = 5 \text{ w/m}^2\text{°C}$ , y un material aislante de conductividad térmica  $0,038 \text{ w/m}^{\circ}\text{C}$ .

**Tabla de aislamientos según espesor**

AISLAMIENTO	e mm	K W/m <sup>2</sup> °C
Elemento sin aislar	-	5,00
Aislamiento	10	2,15
Aislamiento	20	1,37
Aislamiento	30	1,01
Aislamiento	40	0,80
Aislamiento	50	0,66
Aislamiento	60	0,56
Aislamiento	80	0,43
Aislamiento	100	0,35

Los datos de esta tabla son orientativos, calculándose con datos globales y con un aislamiento tipo por lo que no deben utilizarse como base de cálculo.

El límite del aislamiento a colocar en un determinado elemento constructivo es de tipo económico, llegar al equilibrio coste/beneficio.

Un aspecto más a tener en cuenta es que cuanto mayor sea el aislamiento mayores serán los riesgos de condensaciones en los elementos. Hay que realizar entonces un estudio de los riesgos de condensación para determinar la colocación de la barrera de vapor adecuada.

Un caso especial son los huecos; éstos son roturas en los paramentos de cierre, interrumpiendo el sistema de aislamiento elegido, por ello son puntos críticos a analizar.

La parte más influyente en este aspecto dentro del hueco son los vidrios, al cubrir la mayor parte del hueco.

El valor del coeficiente K de un vidrio simple es  $4,9 \text{ Kcal/h}^{\circ}\text{cm}^2$ .

Con la utilización de los vidrios dobles, tipo Climait, se consiguen valores de  $2,6 \text{ Kcal/h}^{\circ}\text{cm}^2$ , con lo que se reducen prácticamente a la mitad las pérdidas de calor.

Existen algunas opciones evolucionadas de estos productos, orientadas a la reducción del coeficiente K. Dos vías son las segundas:

- Sustitución del aire de la cámara interior por otros gases con mejores características: menor conducción térmica, temperaturas de condensación más bajas, espectros de absorción en el espectro infrarrojo.
- Colocación de láminas con tratamientos especiales, como capas de baja emisividad, que actúen como barrera a la radiación infrarroja. Se puede conseguir valores de  $K = 1,5 \text{ Kcal/h}^{\circ}\text{cm}^2$ .

La localización recomendable de estos elementos es en aquellas orientaciones en las cuales interesa más controlar el nivel de aislamiento que la incidencia de los aportes solares (norte), ya que, en zonas de aportes importantes (sur) puede interesar que las ganancias sean la mayor cantidad posible.



## Estrategias de diseño y recomendaciones. Transmisión de calor en muros y forjados

En este apartado se presentan unos cuadros comparativos del comportamiento térmico de varias composiciones habituales de muros y forjados.

Se pretende, más que el análisis exacto de soluciones concretas que en parte dependen de características de fabricación y puesta en obra, la comparación entre diferentes combinaciones de materiales para la obtención de conclusiones extrapolables al diseño, pudiendo ser utilizados como un predimensionamiento en orden a elegir los materiales y la construcción que más se adecue para cada caso, una vez hecho el análisis de las necesidades de cada lugar.

La transmisión del calor en los elementos constructivos es un tema tratado durante los últimos cincuenta años con gran variedad de enfoques y resultados. En cualquier caso es complejo llegar a conseguir, mediante una expresión analítica, un resultado que coincida con los resultados experimentales.

Los resultados que aparecen en los cuadros siguientes, son el resumen de una parte de la investigación realizada por el Seminario de Arquitectura Integrada en su Medio Ambiente para el M.O.P.T.M.A., realizada en 1993.

Entre los diversos parámetros que ayudan en la elección de una u otra composición de muros y forjados, en los cuadros se aportan los enumerados a continuación, cuya significación recordamos aunque ya hayan sido explicados en capítulos anteriores:

### **Coefficiente de transmisión del calor-K**

Indica el flujo de calor que atraviesa un elemento, en la unidad de tiempo, por unidad de superficie y por unidad de diferencia de temperatura entre los ambientes que delimita.

Indica, también, el valor del aislamiento del elemento, señalando la cantidad de pérdidas de calor que se producen a través del mismo.

En los cuadros aparece dado en  $\text{Kcal/h m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ .

### **Capacidad térmica**

Evalúa la cantidad de calor que es capaz de acumular  $1 \text{ m}^2$  de muro o forjado.

Aparece medido en  $\text{Kcal/ m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ .

### **Amortiguamiento**

Es la relación existente entre la amplitud de la onda de radiación incidente sobre una cara de un elemento y la amplitud de respuesta en la otra cara, tras atravesarlo.

Se da el % de amplitud de onda que se mantiene.

### **Desfase**

Indica el periodo de tiempo entre el momento en el que una forma de radiación incide sobre un elemento y el momento en que, tras atravesarlo, es cedida al otro lado.

Es un dato de gran interés, pues en función de los materiales usados y sus espesores se puede controlar el periodo del día en el que empezará a penetrar el calor acumulado.

Se mide en horas.

**Muros**

Se ha seleccionado una serie de muros teniendo en cuenta que el espesor total resulte en torno a los 25cm, de manera que su construcción no consuma mucha superficie edificable y que abarquen un abanico de materiales habituales y fáciles de encontrar normalmente en las obras, con costes y soluciones asequibles a la edificación normal. Soluciones de mayor espesor o costo podrían inferirse aproximadamente a partir de éstas.

Se parte de analizar 7 "soportes", considerando un muro base capaz de soportar las normales solicitaciones mecánicas del cerramiento de un edificio.

Los "soportes" son:

- 1/2 pie de ladrillo cerámico hueco.
- 1/2 pie de ladrillo cerámico perforado.
- 1/2 pie de ladrillo cerámico macizo.
- Bloque de 14 cm de espesor de termoarcilla.
- Bloque de 24 cm de espesor de termoarcilla.
- Bloque de 20 cm de espesor de hormigón.
- Muro de 15 cm de espesor de hormigón.

Cada uno de los soportes se estudia con 9 composiciones diferentes; las opciones, señalando las capas del muro desde el interior al exterior, son las siguientes:

- Enlucido de yeso 2 cm + soporte.
- Enlucido 2 cm + soporte + revoco de mortero de cemento 2 cm.
- Enlucido 2 cm + tabique de ladrillo hueco sencillo 4 cm + cámara de aire + soporte + revoco 2 cm.
- Tabique de cartón-yeso + aislamiento de fibra de vidrio (tipo Calibel) 3 cm + mortero 1 cm + soporte + revoco 2 cm.
- Tabique de cartón-yeso + aislamiento de fibra de vidrio (tipo Calibel) 6 cm + mortero 1 cm + soporte + revoco 2 cm.
- Enlucido 2 cm + tabique de ladrillo hueco sencillo 4 cm + poliestireno expandido de 25Kg/m<sup>3</sup> 3 cm + soporte + revoco 2 cm.
- Enlucido 2 cm + tabique de ladrillo hueco sencillo 4 cm + poliestireno expandido de 25Kg/m<sup>3</sup> 6 cm + soporte + revoco 2 cm.
- Enlucido 2 cm + soporte + material de agarre + poliestireno extruido de 33Kg/m<sup>3</sup> 3 cm + revoco 2 cm.
- Enlucido 2 cm + soporte + material de agarre + poliestireno extruido de 33Kg/m<sup>3</sup> 6 cm + revoco 2 cm.

**Cuadro de amortiguamiento, del coeficiente de transmisión K, capacidad térmica y el desfase de diferentes tipos de muros**

AMORT. CAP. T	DESF.	SOPORTE 1/2 PIE LAD. HUECO	SOPORTE 1/2 PIE LAD. PERFOR.	SOPORTE 1/2 PIE LAD. MACIZO	S. BLOQUE 0.14 TERMOARCILLA	S. BLOQUE 0.24 TERMOARCILLA	S. BLOQUE 0.20 HORMIGÓN	S. MURO 0.15 HORMIGÓN						
yeso + soporte	81.80 31.53	1.77 3.75	77.17 41.92	2.13 3.90	73.58 48.30	2.25 3.95	65.21 35.95	1.11 5.60	50.00 58.00	0.76 7.50	59.26 44.79	1.22 6.10	57.94 77.97	2.51 4.70
yeso + soporte + revoco	77.76 35.39	1.72 4.70	71.69 48.04	2.06 4.80	67.30 55.89	2.16 5.10	60.48 39.74	1.09 6.52	45.00 61.00	0.72 8.50	54.14 49.72	1.19 6.93	49.53 93.01	2.41 6.25
con cámara	81.27 51.76	1.05 6.02	78.56 64.41	1.17 6.11	74.33 72.25	1.21 6.25	52.74 56.10	0.78 8.06			48.70 66.08	0.83 8.31	54.93 109.38	1.28 6.87
aislante trasdosado int. 3cm	43.52 39.69	0.68 5.07	34.55 52.34	0.72 4.89	29.77 60.19	0.74 5.08	31.90 44.04	0.55 6.75			25.94 54.02	0.58 7.42	15.50 97.31	0.76 5.53
aislante trasdosado int. 6cm	26.09 40.16	0.42 5.38	18.51 52.81	0.43 5.88	14.99 60.65	0.44 5.77	18.84 44.50	0.36 7.52			14.14 54.48	0.37 8.26	6.05 97.77	0.45 6.67
aislante en cámara 3cm	30.69 46.79	0.57 6.52	23.96 59.44	0.60 6.58	20.40 67.29	0.61 6.81	22.05 51.14	0.48 8.63			17.77 61.12	0.49 9.08	10.03 104.41	0.63 7.68
aislante en cámara 6cm	16.24 47.11	0.35 6.92	11.29 59.76	0.36 7.28	9.01 67.60	0.37 7.52	11.55 51.45	0.31 9.13			8.56 61.43	0.32 9.48	3.40 104.73	0.37 7.81
aislante exterior 3cm	37.60 41.09	0.60 4.75	29.20 53.74	0.63 5.04	24.84 61.58	0.64 5.19	27.39 45.43	0.50 7.03			21.94 55.41	0.52 7.62	12.26 98.70	0.66 5.48
aislante exterior 6cm	20.76 41.50	0.36 5.78	14.26 54.15	0.37 5.89	11.33 61.99	0.38 6.09	14.89 45.84	0.32 8.19			10.92 55.82	0.33 8.48	4.23 99.12	0.38 6.29

Estas opciones permiten comparar el distinto comportamiento de los muros según los materiales, lo espesores y la situación de los aislantes.

El orden de las capas estudiadas está en función del sentido del flujo calorífico considerado, del interior al exterior del edificio.

**Forjados**

Se han seleccionado una serie de forjados, teniendo en cuenta sus posibilidades de comportamiento térmico, que como puede observarse son muy distintas, y como en el caso de los muros, con costo y soluciones asequibles a la mayoría de las obras.

También se ha tenido en cuenta la diversidad de soluciones en cuanto al peso, que podría influir en el costo de la estructura; en cuanto a esto, hay que recordar las distintas densidades de los materiales que se estudian:

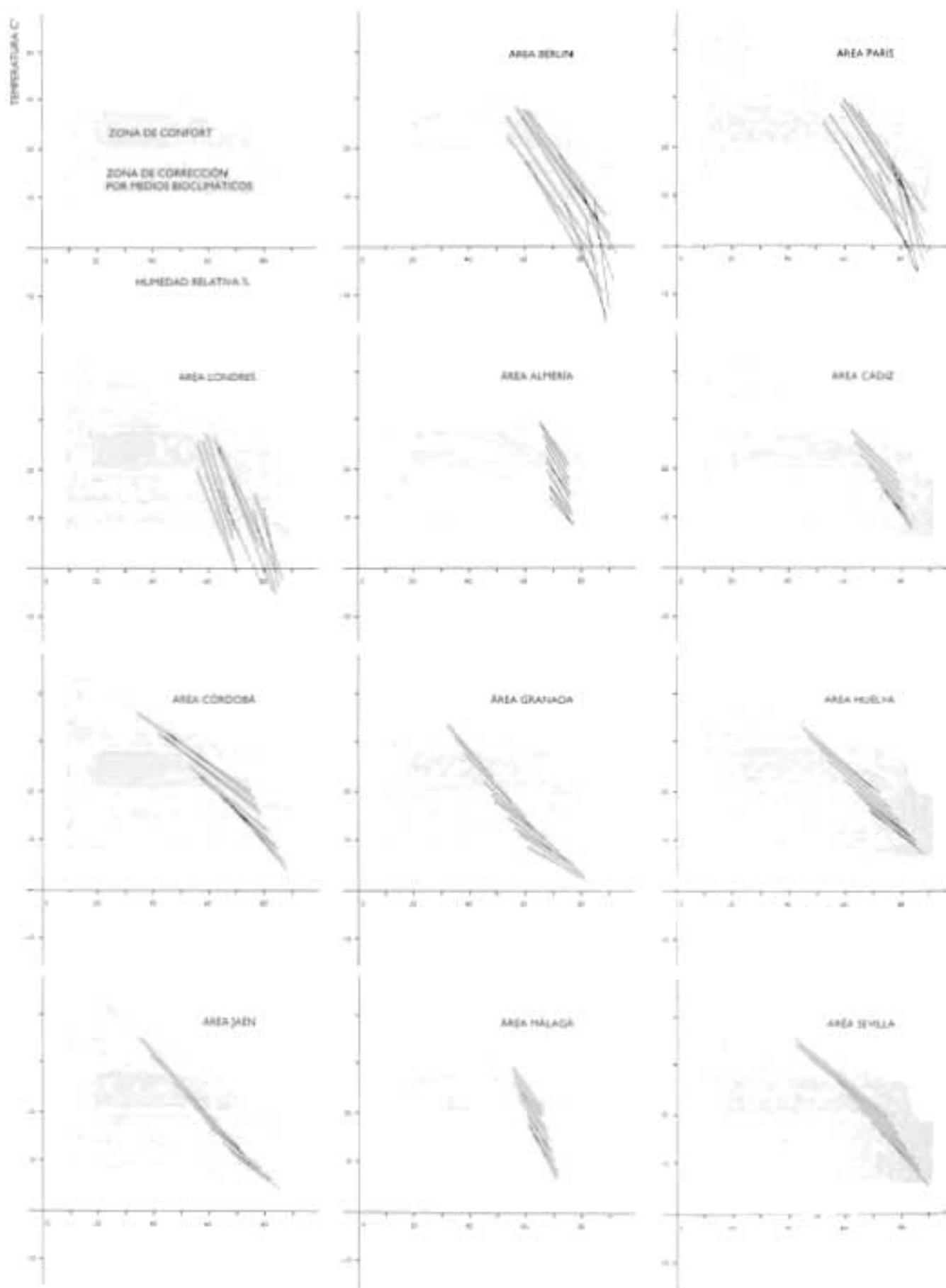
Bovedilla de poliestireno exp.	15 Kg/m <sup>3</sup>
Bovedilla cerámica	600 Kg/m <sup>3</sup>
Bovedilla de hormigón	1.000 Kg/m <sup>3</sup>
Arlita ligera	800 Kg/m <sup>3</sup>
Arlita densa	1.500 Kg/m <sup>3</sup>
Hormigón	2.400 Kg/m <sup>3</sup>

Los tipos de bovedilla estudiados son:

- Bovedilla de poliestireno expandido de 20 cm.
  - Bovedilla cerámica de 20 cm.
  - Bovedilla de hormigón de 20 cm.
- Cada uno de los tipos se analiza como base de 6 composiciones de forjado diferentes:
- Enlucido de yeso 2 cm + bovedilla + capa de compresión de hormigón de arlita ligera 4 cm + capa de arena 5 cm + pavimento de terrazo 2,5 cm.
  - Enlucido 2 cm + bovedilla + capa de compresión de hormigón de arlita ligera 8 cm + capa de arena 5 cm + pavimento de terrazo 2,5 cm.
  - Enlucido 2 cm + bovedilla + capa de compresión de hormigón de arlita densa 4 cm + capa de arena 5 cm + pavimento de terrazo 2,5 cm.
  - Enlucido 2 cm + bovedilla + capa de compresión de hormigón de arlita densa 8 cm + capa de arena 5 cm + pavimento de terrazo 2,5 cm.
  - Enlucido 2 cm + bovedilla + capa de compresión de hormigón 4 cm + capa de arena 5 cm + pavimento de terrazo 2,5 cm.
  - Enlucido 2 cm + bovedilla + capa de compresión de hormigón 8 cm + capa de arena 5 cm + pavimento de terrazo 2,5 cm.

**Cuadro comparativo del amortiguamiento, del coeficiente de transmisión K capacidad térmica y el desfase de diferentes tipos de forjados**

AMORT. K CAP T DESF.	ARLITA LIGERA 4cm TERRAZO	ARLITA LIGERA 8cm TERRAZO	ARLITA DENSA 4cm TERRAZO	ARLITA DENSA 8cm TERRAZO	HORMIGÓN 4cm TERRAZO	HORMIGÓN 8cm TERRAZO
bovedilla de polixpan	10.11 25.55 <b>0.14</b> 7.00	5.97 31.08 <b>0.13</b> 9.20	5.09 35.60 <b>0.14</b> 6.80	1.81 53.15 <b>0.14</b> 8.40	3.29 43.90 <b>0.14</b> 6.25	0.87 67.75 <b>0.14</b> 8.20
bovedilla de cerámica	41.04 52.02 <b>0.87</b> 8.60	27.29 57.54 <b>0.65</b> 11.40	43.56 63.06 <b>1.18</b> 8.30	31.13 79.63 <b>1.07</b> 9.90	41.26 70.36 <b>1.26</b> 8.10	28.81 94.23 <b>1.22</b> 9.10
bovedilla de hormigón	24.75 70.50 <b>0.75</b> 11.30	15.65 76.02 <b>0.58</b> 13.50	27.43 81.54 <b>0.98</b> 11.20	19.25 98.11 <b>0.90</b> 12.50	26.08 88.84 <b>1.03</b> 10.50	17.88 112.11 <b>1.00</b> 11.50



## Estrategias de diseño y recomendaciones. Epílogo sobre los criterios adoptados

Son las condiciones de cada lugar las que marcan las exigencias y capacidades que hay que pedir a la arquitectura, como medio de mejorar, a través de la edificación, las situaciones base; no existe por lo tanto "la casa bioclimática" única sino "casas bioclimáticas" para cada lugar, para cada situación.

Uno de los problemas que puede presentarse con la difusión y transformación en "moda" de los diseños de los edificios ecológicos, es que se importen indiscriminadamente soluciones y tecnologías proyectadas para otros entornos naturales, de climas con regímenes de temperaturas, vientos y humedad y soleamiento diferentes, copiándolos porque hayan logrado una imagen atractiva, sin interpretarlas y traducirlas a condiciones distintas.

Para hacerse una idea de lo antes dicho, en el cuadro de la página anterior, como ejemplo, se ha hecho una simplificación de la carta bioclimática de Olgay, con los datos climáticos de: el área de Berlín, el área de París, el área de Londres y los de las capitales de provincia andaluzas.

Puede observarse, en las áreas de Berlín, París o Londres, en todas ellas, los mayores problemas derivan del frío, que no podría salvarse en ningún caso con sistemas solares pasivos y rebasan ampliamente las zonas de posible corrección con medios bioclimáticos.

Parece lógico que estas condiciones deriven en tecnologías y materiales que busquen la producción y el mantenimiento del calor por todos los medios, más aún si se tiene en cuenta que la radiación diaria global en enero es, aproximadamente, de 1 Kwh/m<sup>2</sup>, y de 5,4 Kwh/m<sup>2</sup> en julio, tomando una media de estas áreas.

Podemos y debemos estudiar los documentos que muestran arquitecturas de otras áreas, pero para ver los métodos de estudio que siguen y los factores que tienen en cuenta, no para copiar sus soluciones, ya que muchas veces, al estar proyectadas para sus condiciones climáticas, resultarían hasta contraproducentes aplicadas a las nuestras.

En este sentido es urgente avanzar en la investigación sobre materiales, técnicas y sistemas acordes con nuestras necesidades y capacidades medioambientales específicas, si no queremos caer en distorsiones y contrasentidos absurdos.

Las posibilidades de desarrollar en Andalucía arquitectura integrada en su medioambiente y energéticamente consciente, son evidentes, ya que disfruta de unos climas relativamente cercanos a los reconocidos científicamente como confortables, benignos en comparación con otras latitudes y contamos con la opción de captar y manejar valores de radiación solar apreciables durante todas las estaciones anuales.

Cabe observar que, en los climas andaluces, hay que tener muy en cuenta los posibles problemas de recalentamiento ya que la radiación diaria global en enero es de 2,4 Kwh/m<sup>2</sup> y en julio de 7,4 Kwh/m<sup>2</sup>, tomando una media del territorio.

Analizando las capitales andaluzas, vemos que en la mayoría de ellas, y en todas en condiciones diurnas, podría entrarse en zona de confort con medios bioclimáticos en invierno, y que asimismo, puede conseguirse en verano en casi todas por medios naturales.

Por todo lo antedicho cabe concluir que el campo de la arquitectura bioclimática y energéticamente consciente en Andalucía, se presenta abierto y pleno de posibilidades para insertarse en los sistemas habituales de proyectación arquitectónica.



# Datos y mapas climáticos de Andalucía

## MAPAS CLIMÁTICOS

Aparecen a continuación una serie de mapas climáticos con los que se puede tener una visión global del comportamiento climático en Andalucía, siendo los necesarios para la confección de los climogramas básicos y para tener datos suficientes a la hora de proyectar y edificar.

Estos datos, reelaborados a partir de múltiples publicaciones, citadas en la bibliografía, y principalmente recogidos de las del Instituto Nacional de Meteorología, son de gran escala y resultan incompletos para algunas situaciones puntuales; en las zonas montañosas no aparece reflejada la variación de temperatura en los valles ni las temperaturas extremas de las cimas.

Si se cuenta con los datos específicos del lugar de actuación, mucho mejor, aun así, siempre deberán tenerse en cuenta las correcciones particulares que pueden afectar por la situación del edificio.

La lectura en las zonas se realiza interpolando entre los valores de las curvas isoclinas que aparecen.

## Temperaturas

Las isotermas de los mapas de temperaturas medias mensuales corresponden a intervalos de 2°C.

Denominando  $T_M$  a las temperaturas medias máximas diarias, y  $T_m$  a las medias mínimas diarias, aparecen en una serie de mapas, las temperaturas medias mensuales de las temperaturas medias diarias:  $1/2(T_M+T_m)$ ; a partir de ésta y de la oscilación media diaria  $T_M-T_m$ , se obtienen las  $T_M$  mensuales (sumando a las temperaturas medias mensuales la mitad de la oscilación) y las  $T_m$  mensuales (restando a las temperaturas medias mensuales la mitad de la oscilación); con ellas pueden realizarse los climogramas de Olgay y Givoni.

El dato de la oscilación diaria, resulta muy interesante a la hora de valorar las posibilidades de edificaciones que aprovechen las diferencias día-noche con inercias térmicas.

Para completar los datos de temperaturas, y entender mejor los problemas derivados de las mismas que puedan presentarse, hay tres mapas de número de días medio anual de: días de helada, días cálidos y noches tropicales.

## Radiación

El intervalo entre las isoclinas es de 0,2 Kwh en los mapas de radiación media mensual.

Los valores medios mensuales de la radiación global que corresponden a insolación directa+insolación difusa, están expresados en Kwh por día y por m<sup>2</sup> de superficie horizontal.

También resultan interesantes los mapas de radiación global máxima y mínima diaria en diciembre, el mes en que la radiación es más baja y en junio en el que el día dura más. No hay datos sobre julio, que sería cuando se pudieran dar más problemas sobre calentamiento pero puede establecerse un paralelismo con lo que ocurre en junio.

La radiación en estos mapas viene también expresada en Kwh/m<sup>2</sup>.

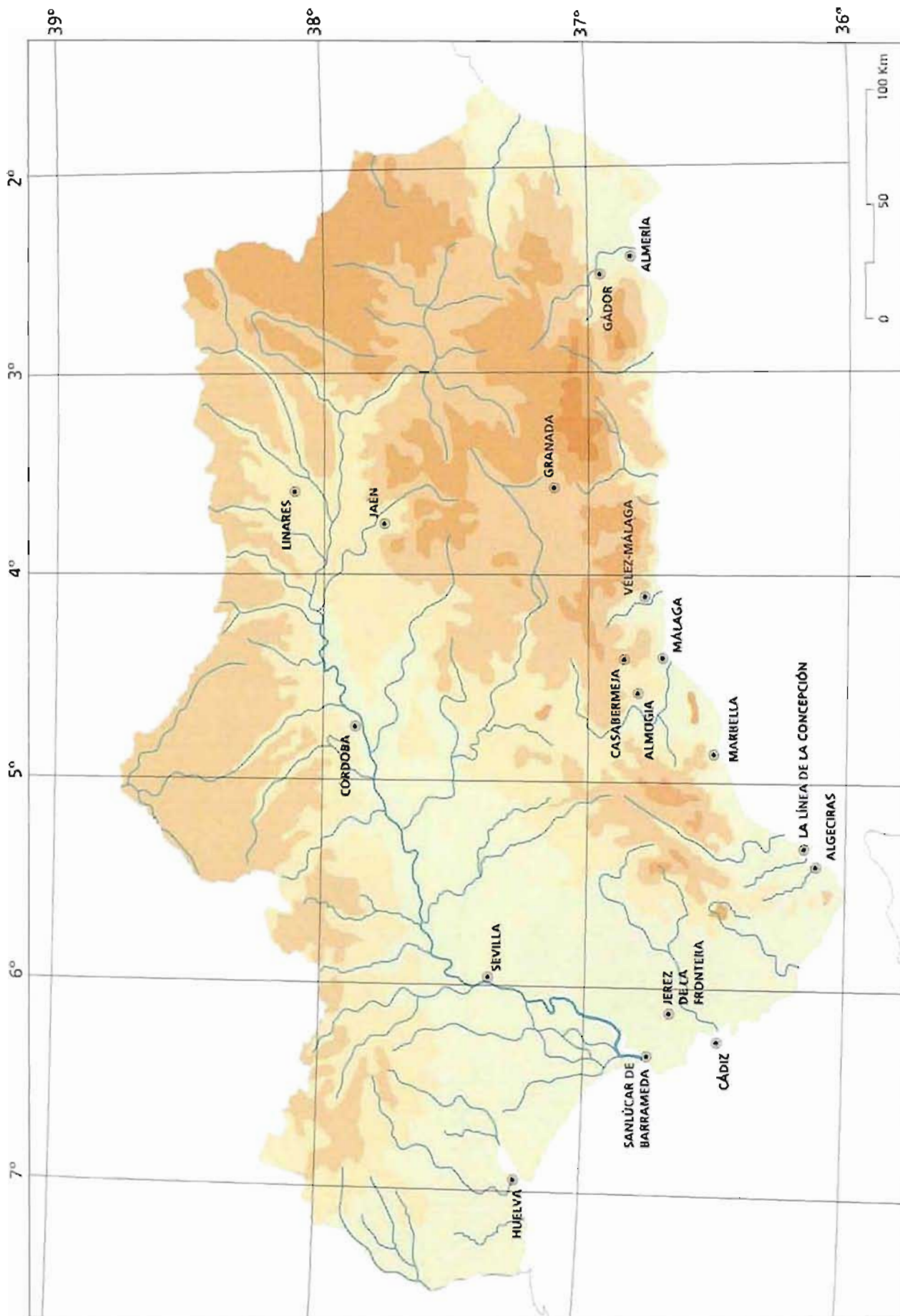
En los mapas mensuales los intervalos entre las isoclinas son de 0,5, menos en el del mes de diciembre que son de 0,25 Kwh/m<sup>2</sup>.

Complementando los mapas de radiación y también para los meses de diciembre y junio, aparecen mapas de número medio de horas de sol.

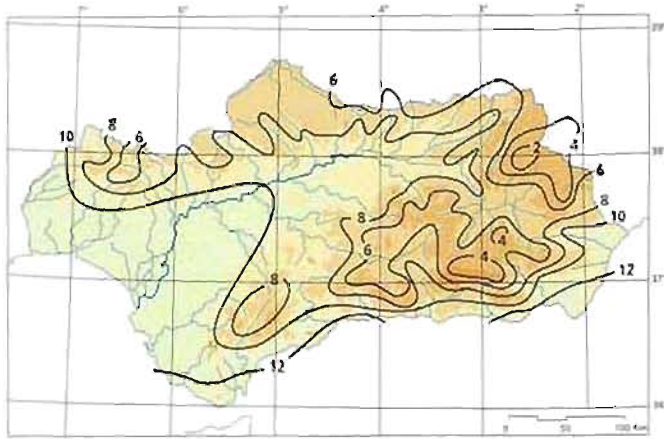
Para tener datos sobre las trayectorias solares y poder trazar esquemas de soleamientos, sombreadamientos, etc, se aportan

las cartas solares cilíndricas de 36°, 37°, 38° de latitud norte, que son las necesarias para cubrir el territorio andaluz, indicando sus posiciones en el mapa adjunto.

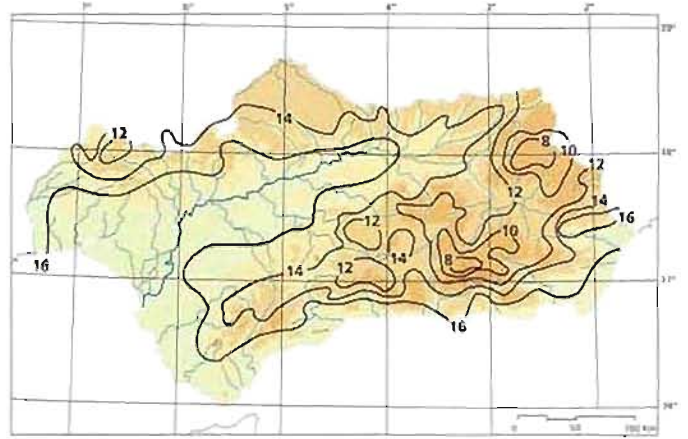
En el siguiente mapa aparecen toda una serie de poblaciones importantes en Andalucía; es la base para situar el lugar sobre el que se desee hacer el estudio climático y tenerlo referido a las líneas principales: meridianos y paralelos, capitales, ríos, etc., que aparecen en este mapa y en los climáticos, más reducidos, en los cuales es imposible señalar tantas poblaciones.



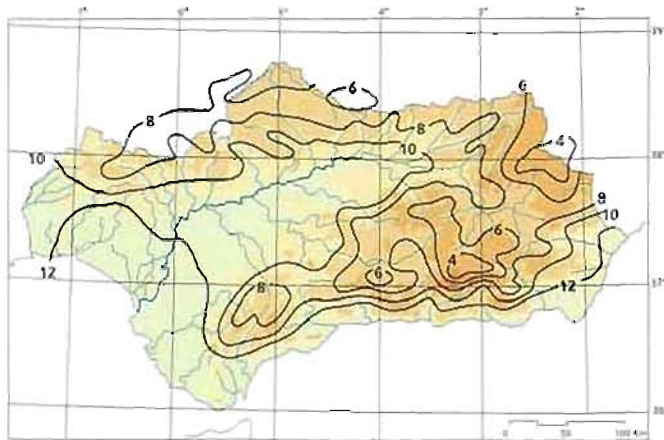
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (en °C)



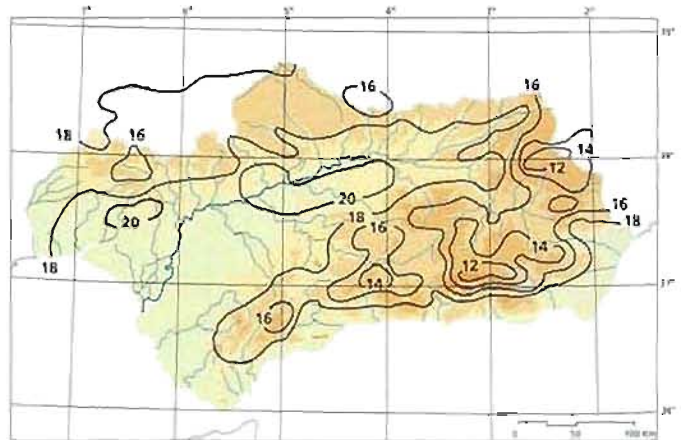
ENERO



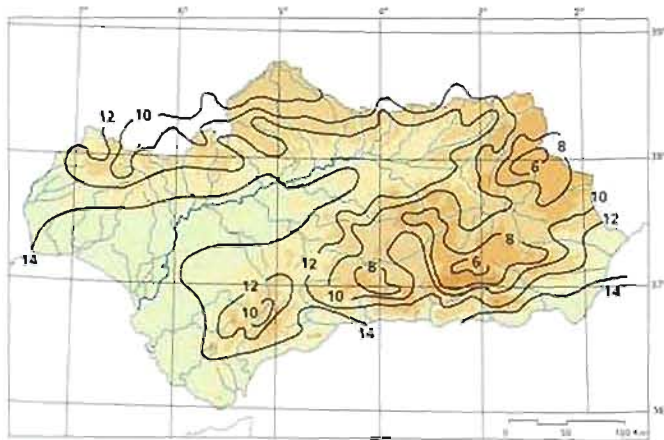
ABRIL



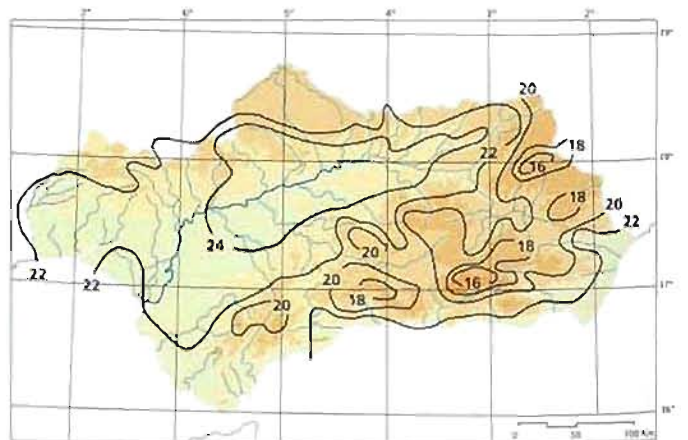
FEBRERO



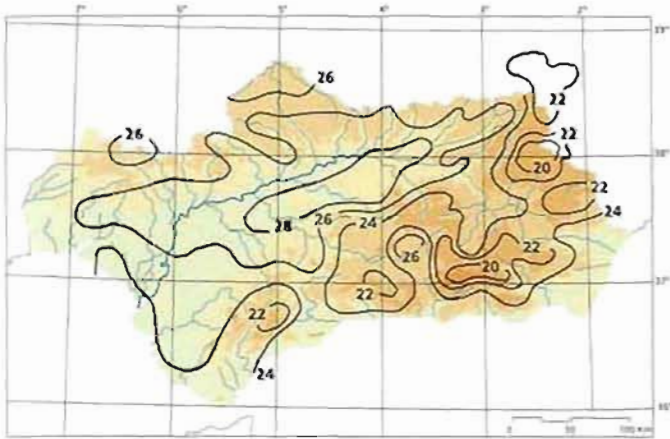
MAYO



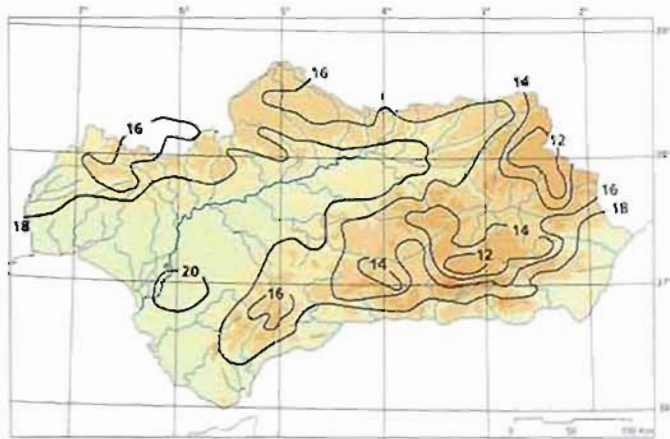
MARZO



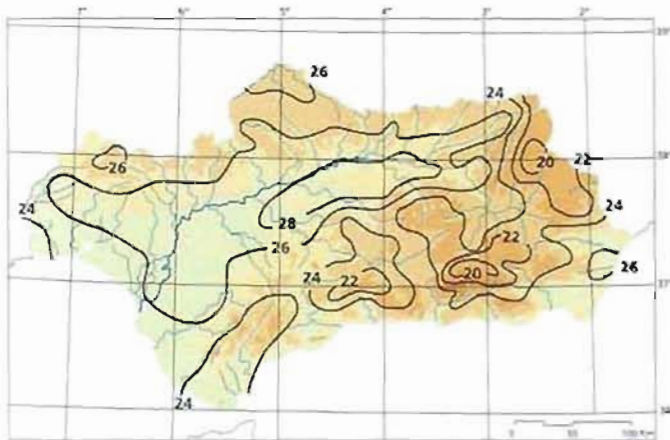
JUNIO



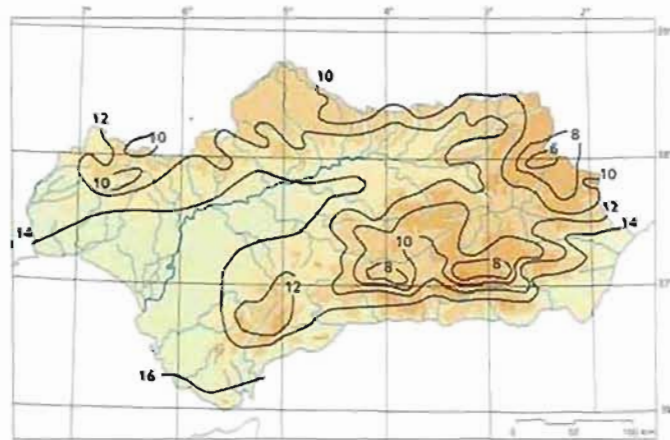
JULIO



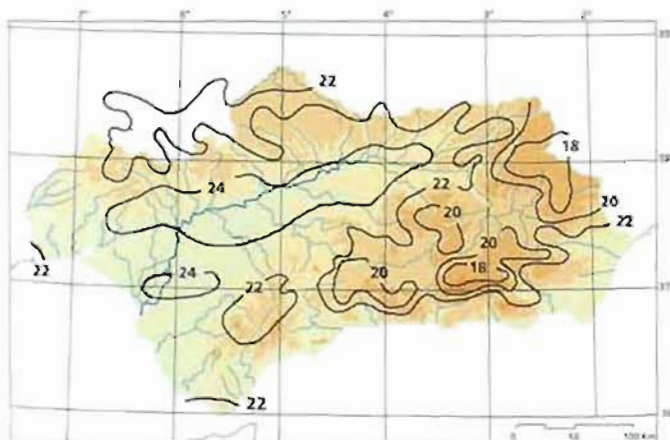
OCTUBRE



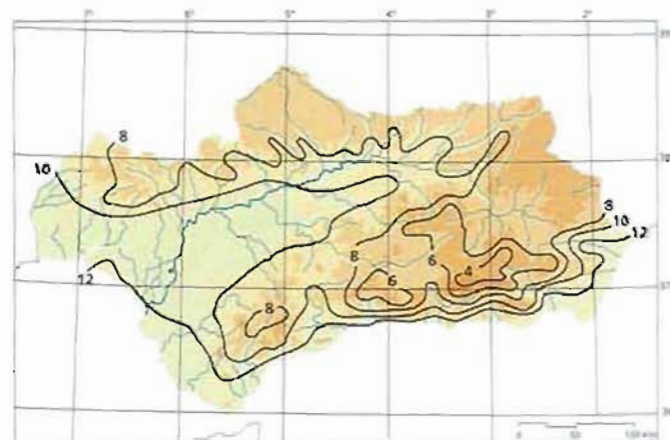
AGOSTO



NOVIEMBRE

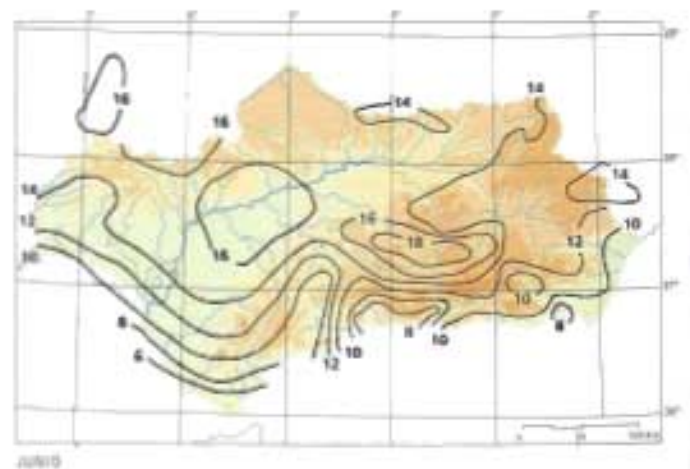
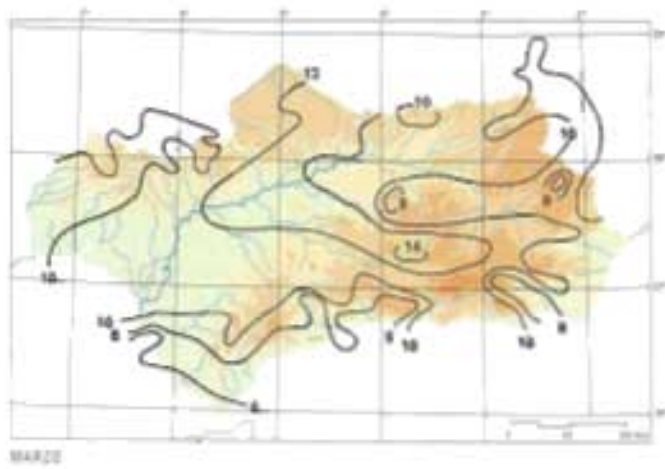
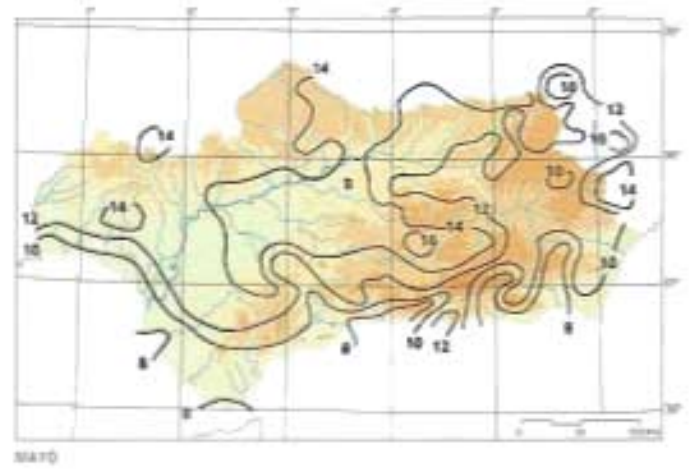
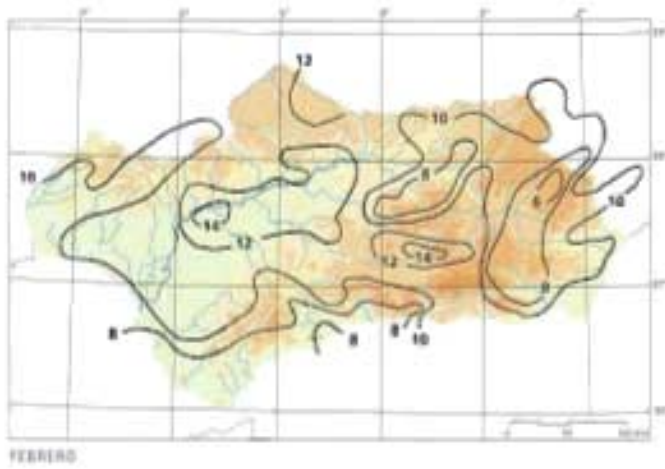
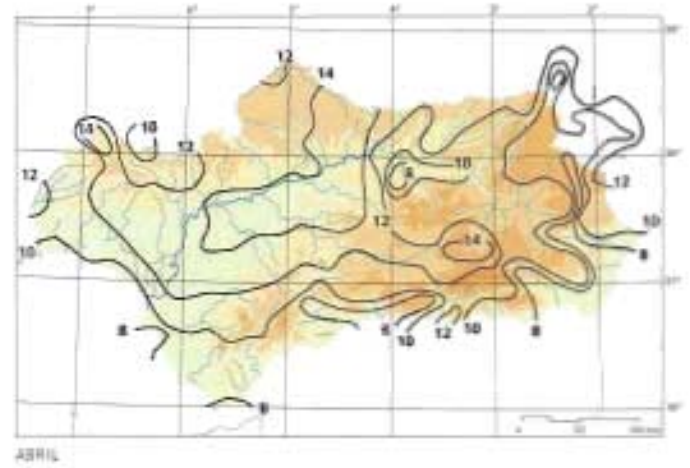
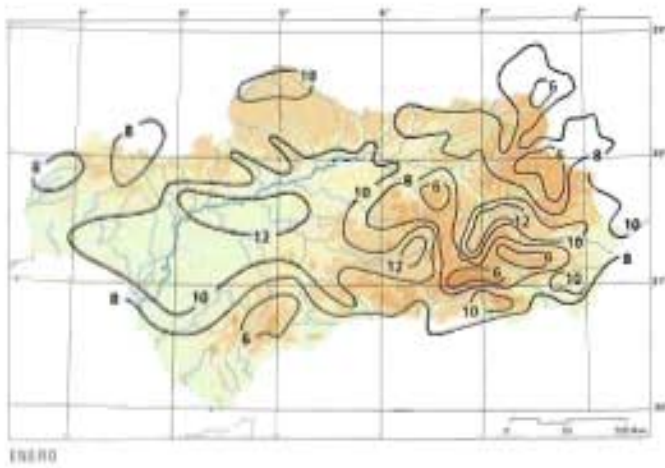


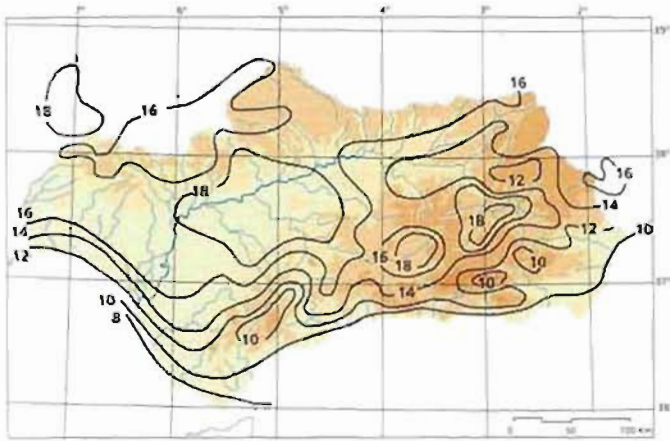
SEPTIEMBRE



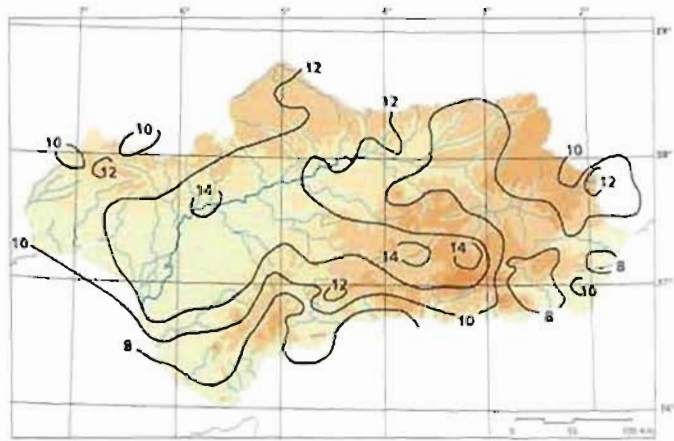
DICIEMBRE

OSCILACIÓN DIURNA (en °C)  
Media Diaria

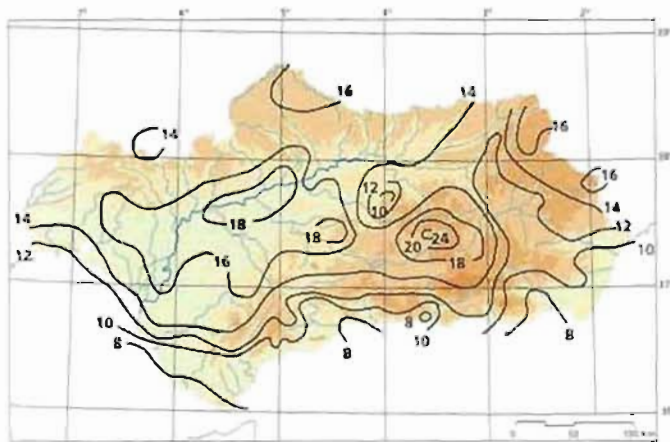




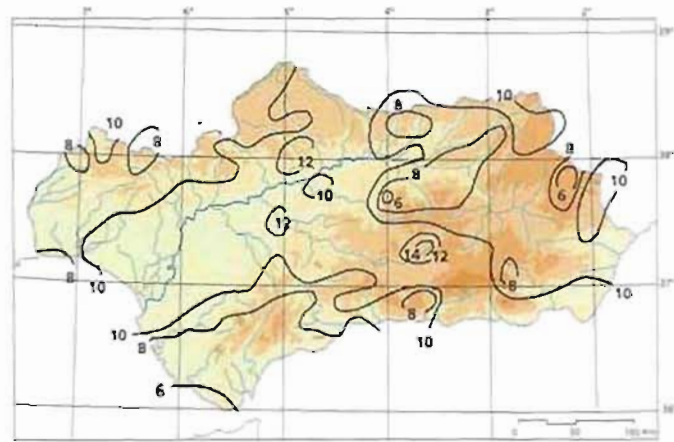
JULIO



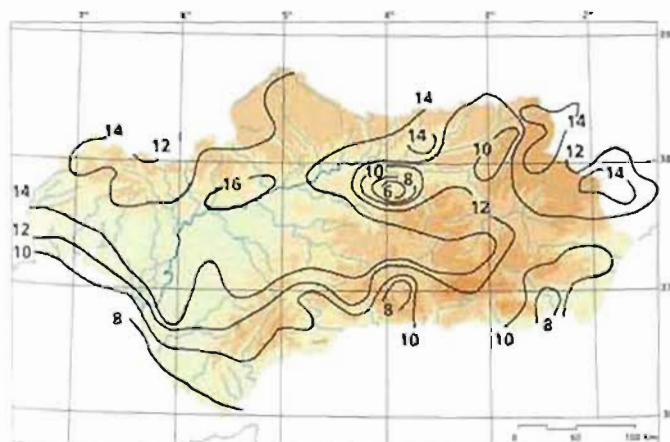
OCTUBRE



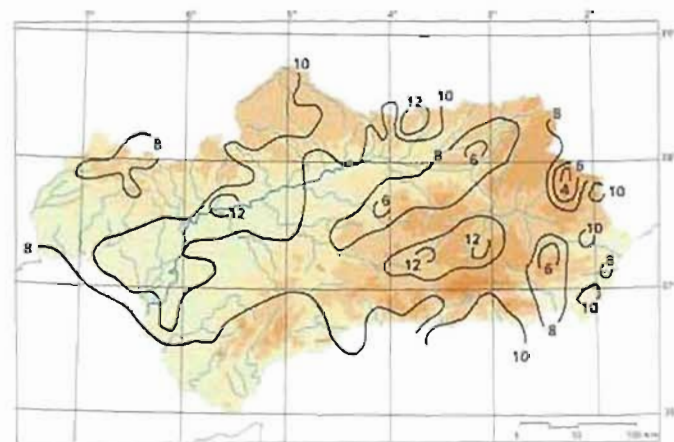
AGOSTO



NOVIEMBRE



SEPTIEMBRE



DICIEMBRE

**Media anual de días de helada**

Se considera día de helada cuando la temperatura mínima resulta inferior o igual a 0°C.

**Media anual de días cálidos**

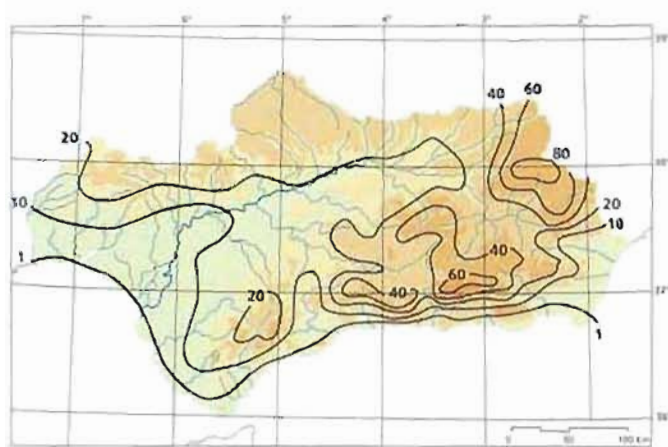
Se considera día cálido aquel en que la temperatura máxima resulta superior o igual a 25°C.

Hay que recordar que las condiciones de disconfort suelen aparecer a partir de los 27°C en algunas condiciones.

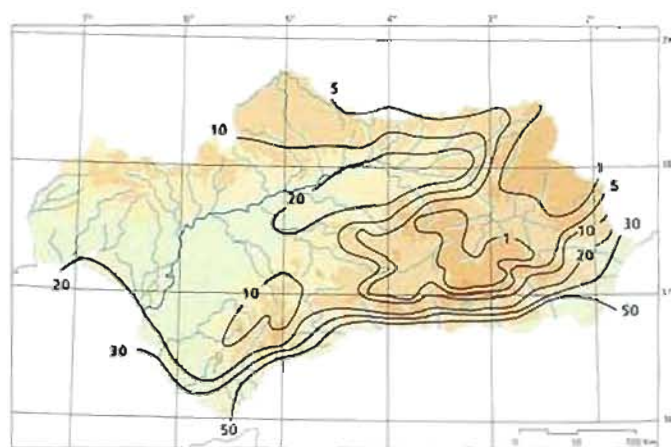
**Media anual de noches tropicales**

En meteorología se aplica el término de noche tropical cuando la temperatura mínima ha sido superior o igual a 20°C.

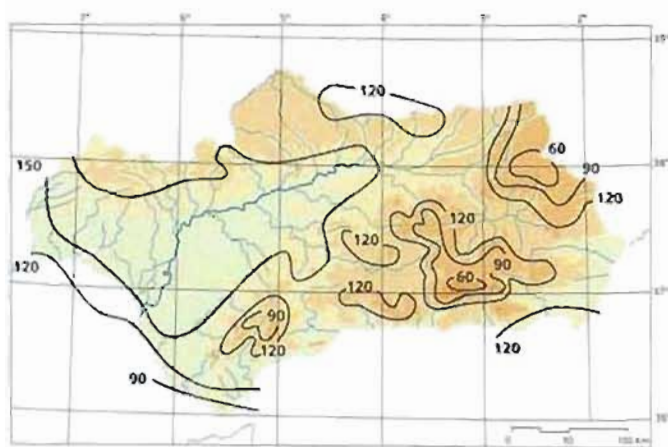
Es evidente que este término tiene en nuestras latitudes otro significado, no sólo en cuanto a los alegres contenidos de los que suele enriquecerse, sino también en cuanto a que nuestra percepción de las condiciones de calor, a las que estamos adaptados, no es la misma que las de los habitantes de zonas más frías.



NÚMERO DE DÍAS CON TEMPERATURA MÍNIMA MENOR O IGUAL A 0°C



NÚMERO DE DÍAS CON TEMPERATURA MÍNIMA MAYOR O IGUAL A 20°C

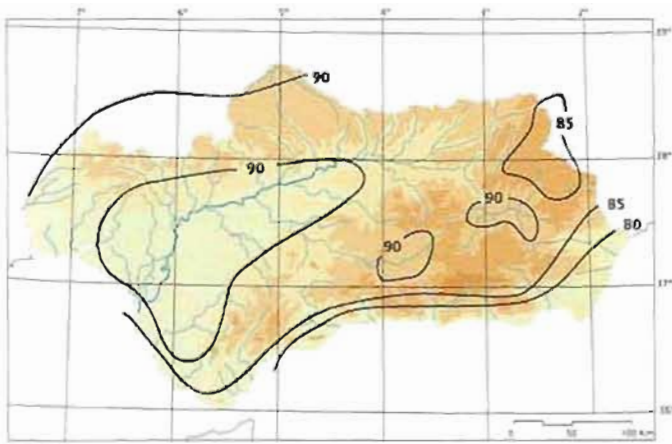


NÚMERO DE DÍAS CON TEMPERATURA MÁXIMA MAYOR O IGUAL A 25°C

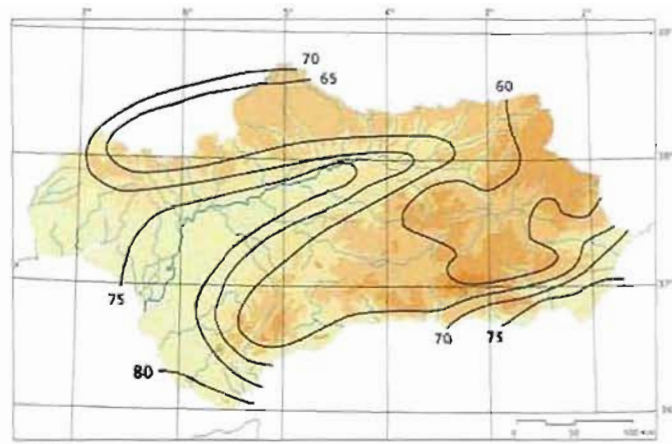
**HUMEDAD RELATIVA (en %)**

Los mapas muestran la humedad relativa media a las 7 horas y a las 13 horas; estas horas se corresponden, aproximadamente, con las de temperaturas mínima y máxima diarias.

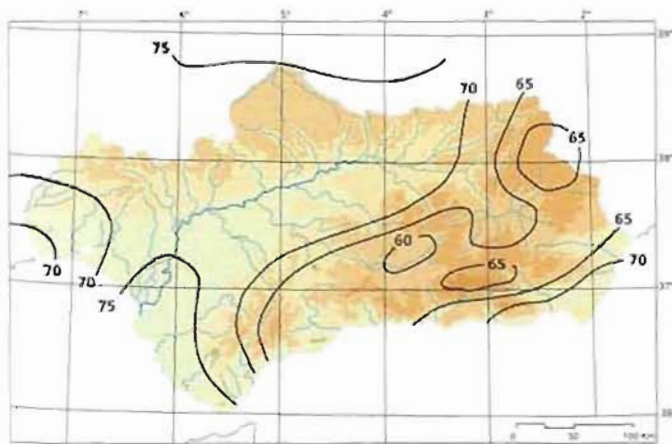
Se marcan para enero, que es el mes más frío en Andalucía, y para julio, que es el más cálido en la mayor parte del territorio; con esto se tiene una idea sobre la variación diurna y anual. A falta de datos otros meses pueden interpolarse entre estos extremos.



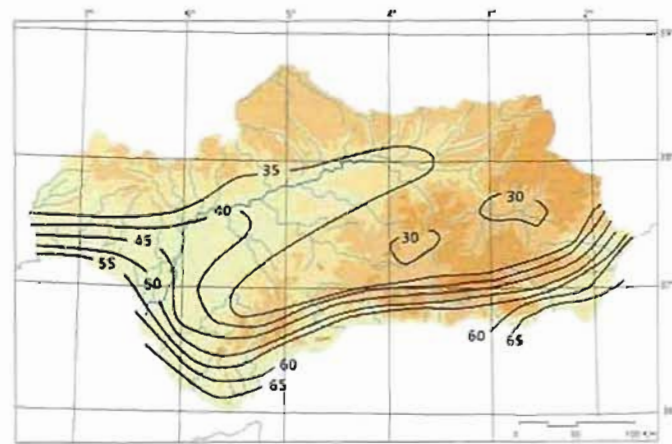
ENERO 7h



JULIO 7h

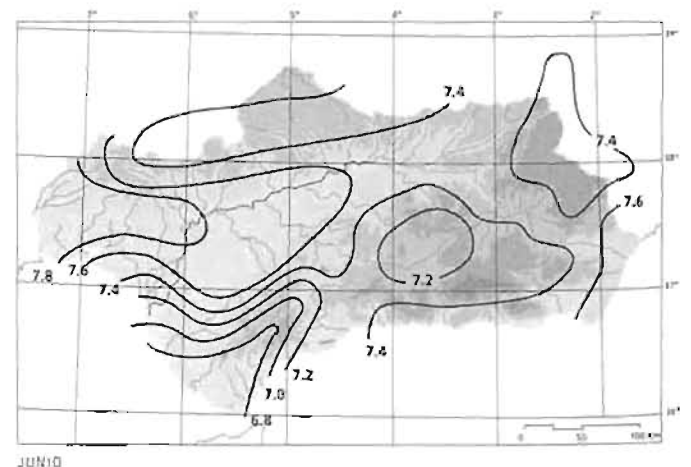
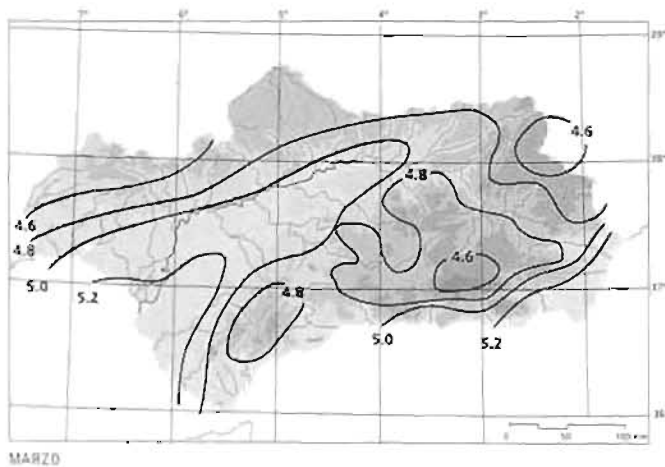
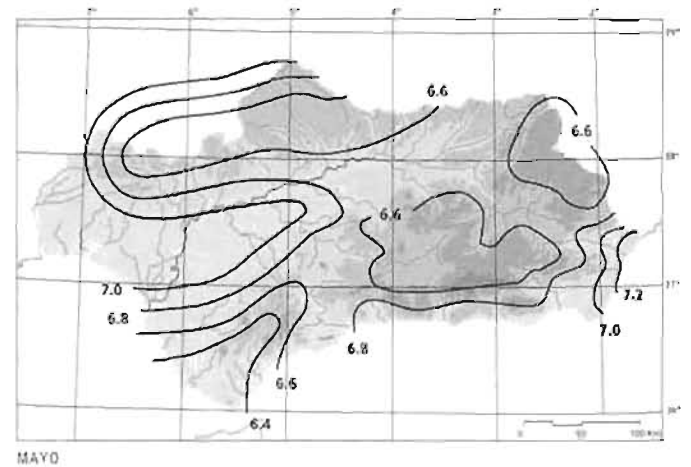
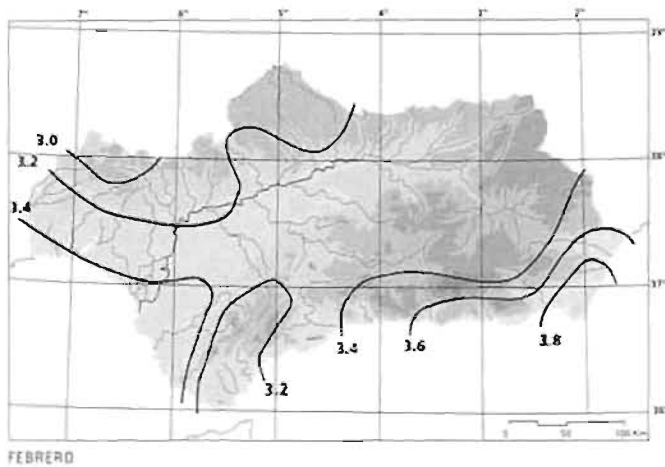
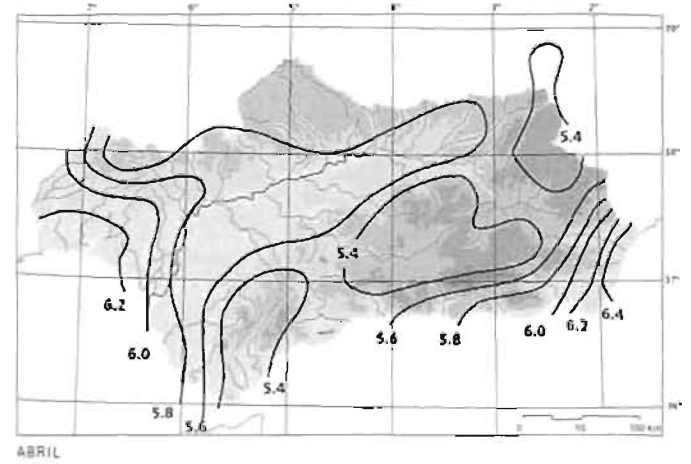
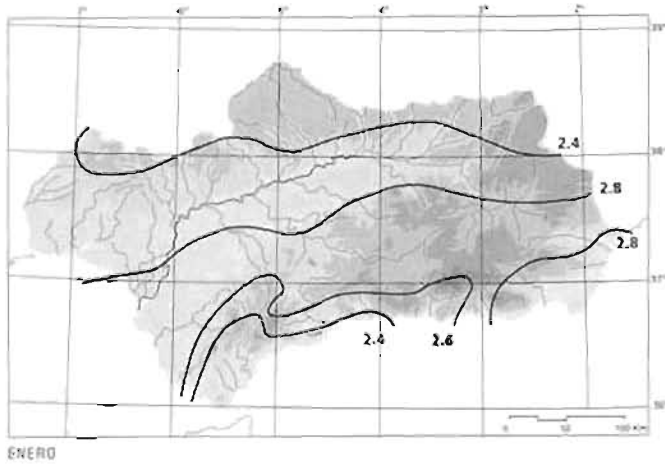


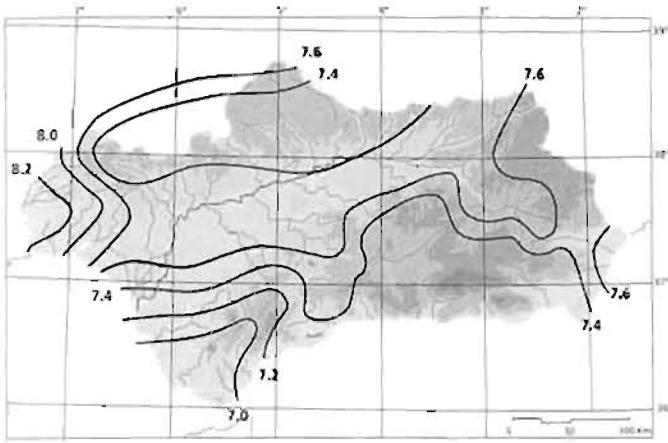
ENERO 13h



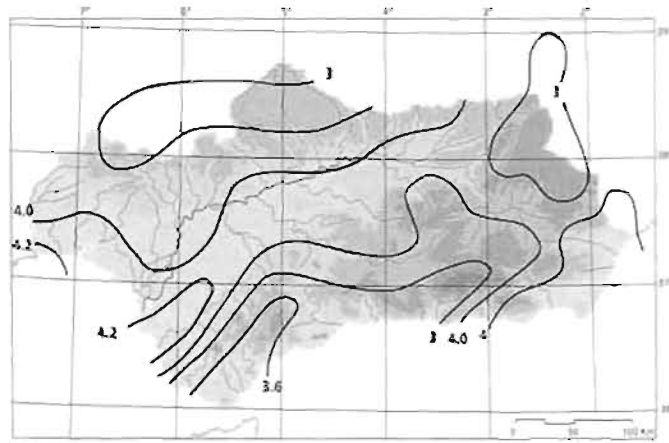
JULIO 13h

RADIACIÓN SOLAR GLOBAL DIARIA (en kwh/m<sup>2</sup>)

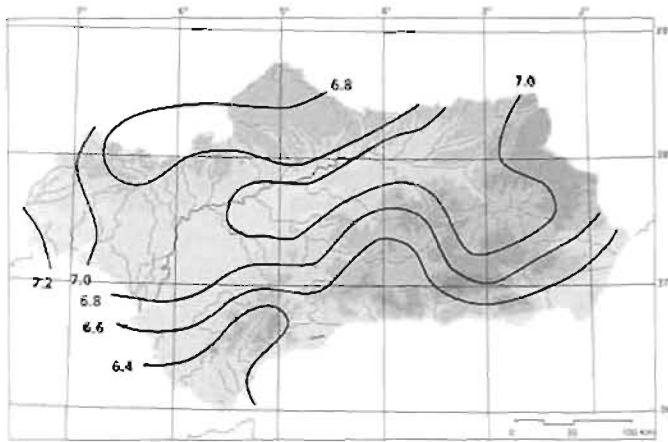




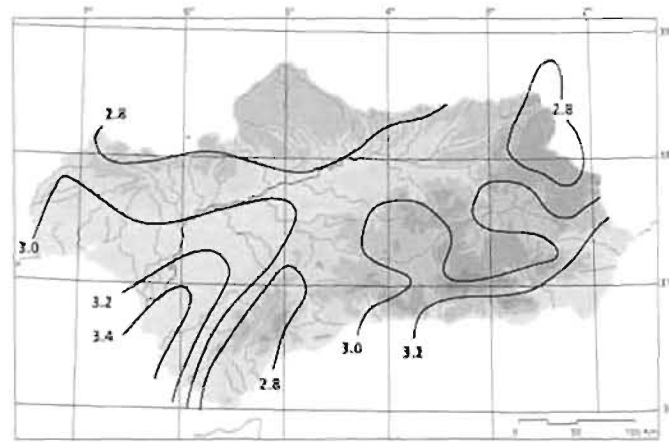
JULIO



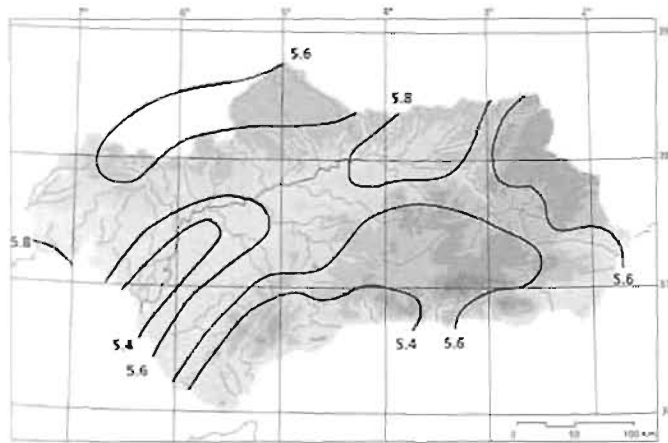
OCTUBRE



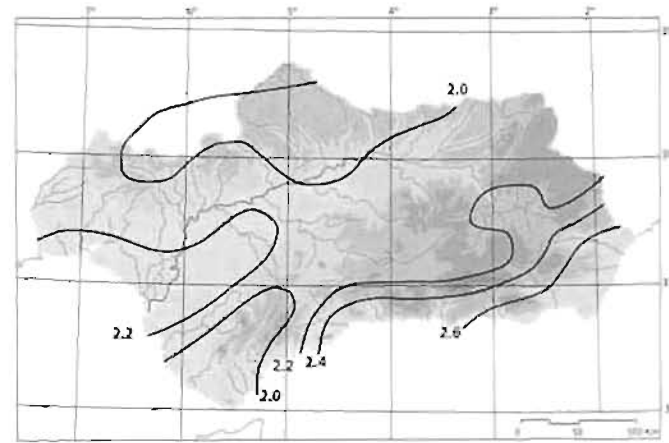
AGOSTO



NOVIEMBRE

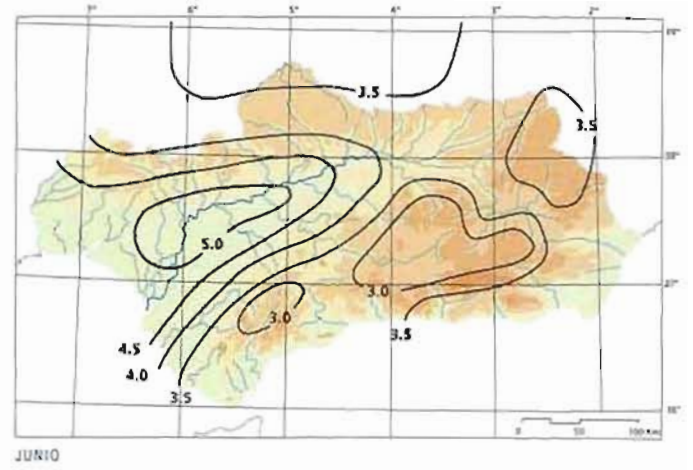
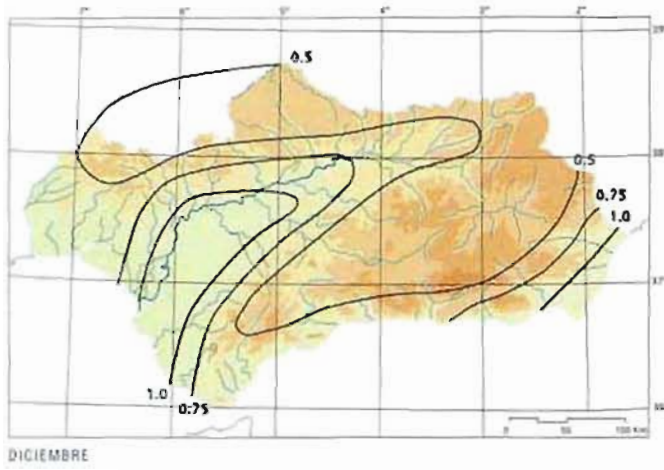


SEPTIEMBRE

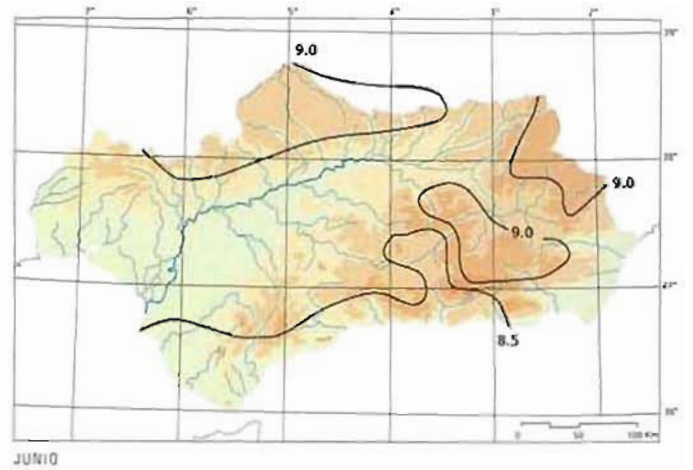
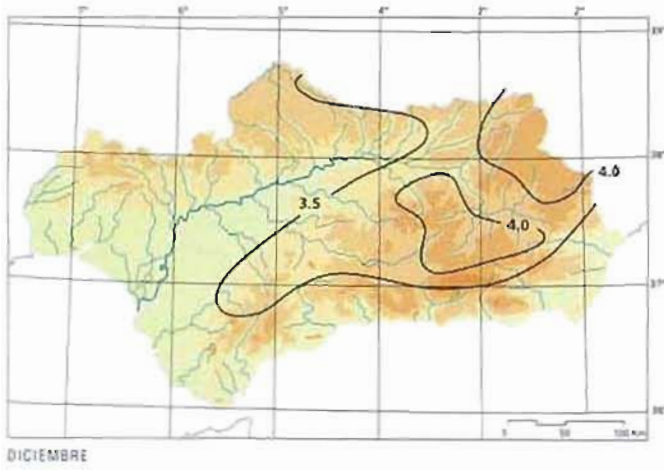


DICIEMBRE

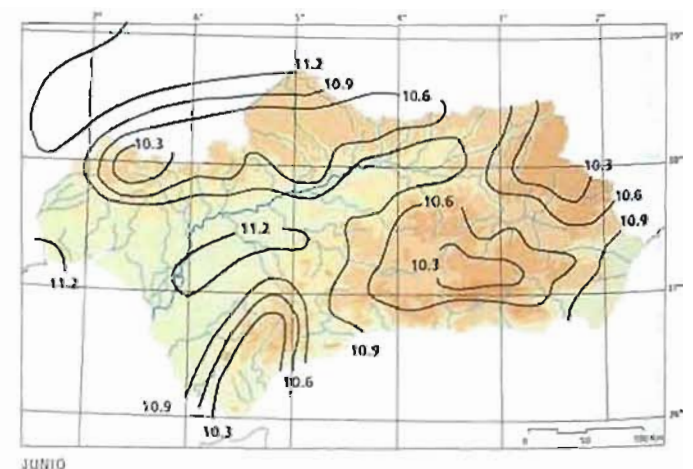
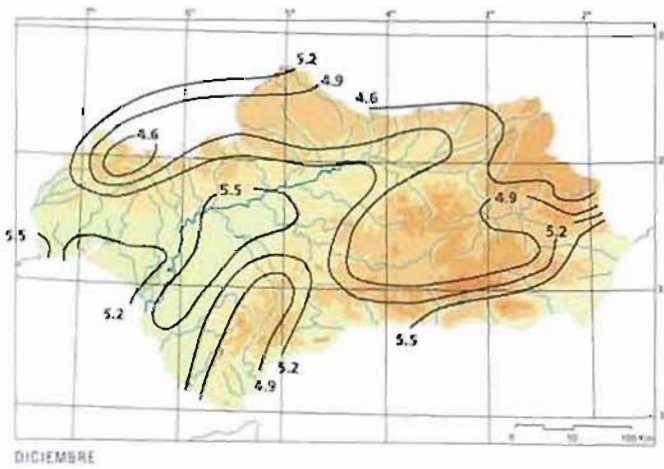
Radiación solar global mínima diaria. (en kwh/m<sup>2</sup>)



Radiación solar global máxima diaria. (en kwh/m<sup>2</sup>)



Media de horas de sol

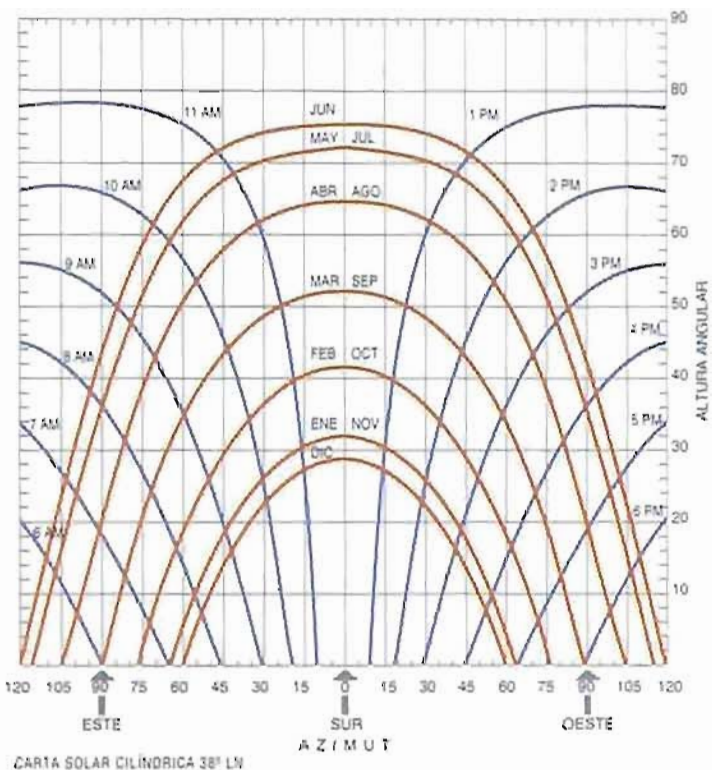
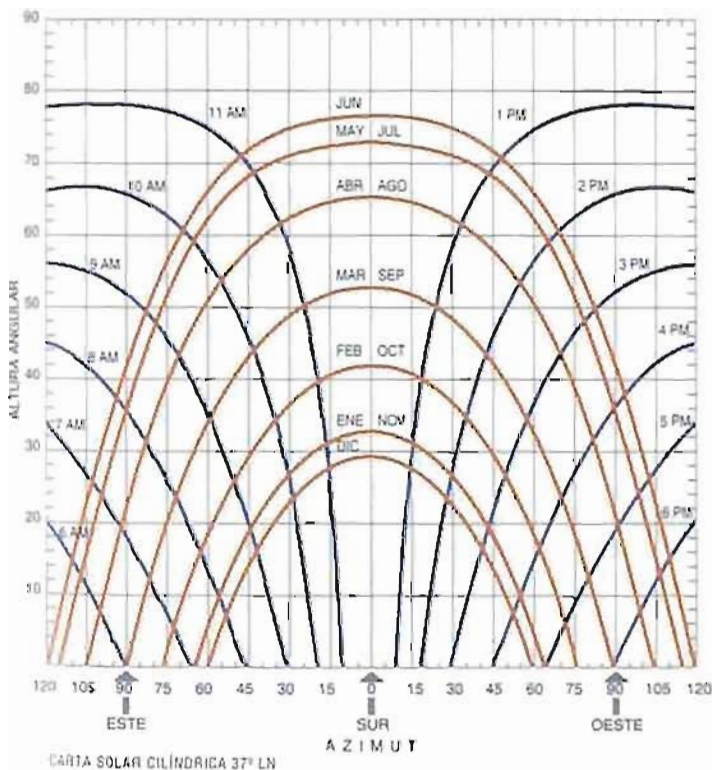
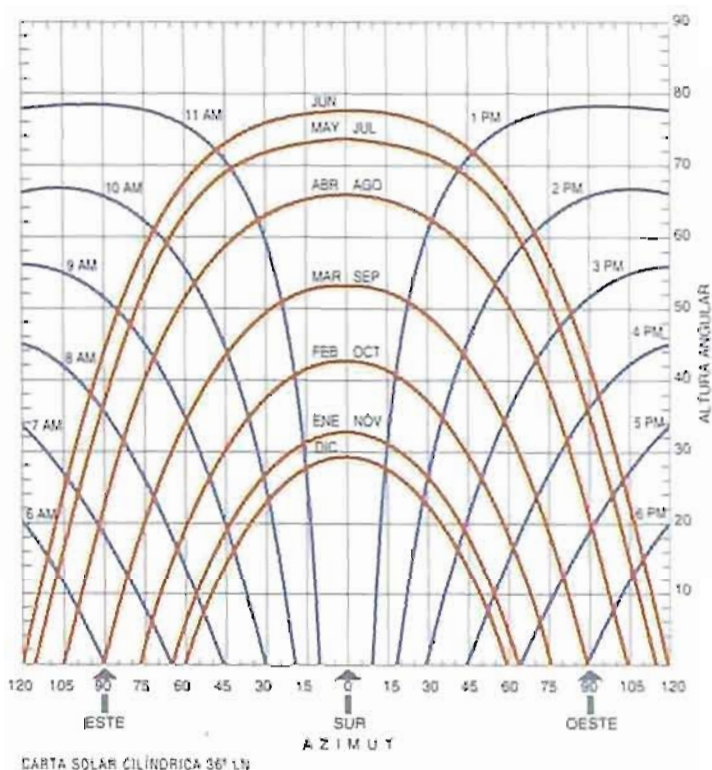


**CARTAS SOLARES CILÍNDRICAS**

Están basadas en la representación de las posiciones que va ocupando el sol en la semiesfera celeste, proyectadas sobre una superficie cilíndrica de generatrices verticales, perpendiculares al plano del horizonte y tangentes a dicha semiesfera, y al posterior desarrollo del cilindro sobre un plano.

Con ellas se puede conocer la curva de recorrido representado el día 21 de cada mes; en la coordenada horizontal aparece el ángulo que la posición del sol marca respecto de un eje horizontal sur-norte, en la coordenada vertical la altura angular, ambos medidos en grados sexagesimales.

Para poder trazar esquemas de soleamiento, sombreado, etc., se aportan las cartas solares cilíndricas de 36°, 37° y 38° de latitud norte, con las que se puede cubrir el territorio andaluz. Ver mapa pág. 169.



VIENTOS

Los datos de viento dependen en gran medida del entorno geográfico y urbano que rodea a la edificación; como se explica en el capítulo correspondiente de este libro.

Por otra parte, existen pocos observatorios que los hayan recogido con detalle durante suficiente tiempo como para poder elaborar conclusiones definitivas o elaborar mapas muy especificados por zonas.

A continuación se aportan 4 mapas indicativos, elaborados por el Instituto Nacional de Meteorología:

- Distribución de la velocidad media del viento, en m/s.
- Distribución de la mediana de la velocidad del viento en m/s.
- Distribución de las frecuencias de vientos superiores a 5 m/s = 18Km/h, en %.
- Distribución de las frecuencias de vientos superiores a 10 m/s = 36Km/h, en %.

En las páginas siguientes, se encuentra una serie de datos básicos referentes a cada una de las capitales de provincia y

a Tarifa, por sus especiales circunstancias en cuanto a régimen de vientos.

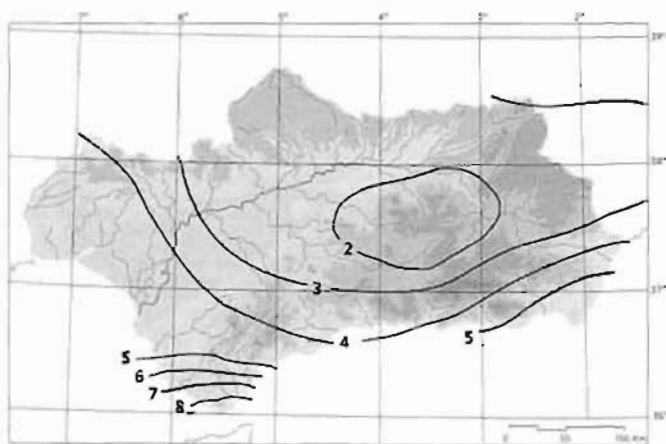
Se marca la situación del Observatorio, para que el lector pueda compararla con su caso, ya que hay que reiterar lo mucho que influyen las condiciones de contorno.

De cada localización hay un cuadro de frecuencia del viento en %, en cada mes, con direcciones y velocidades medias, recogido de los datos del Instituto Nacional de Meteorología.

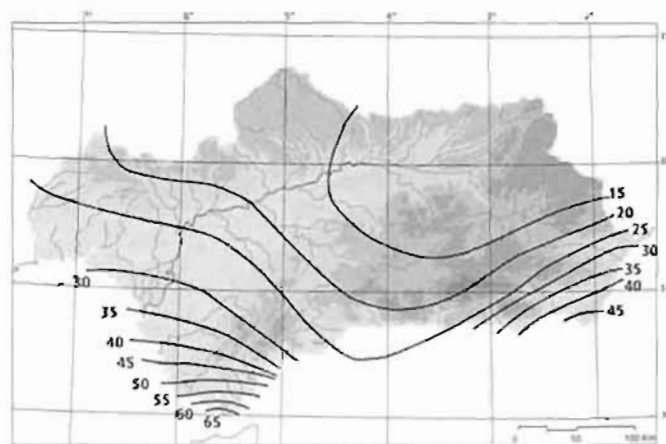
Este cuadro permite observar tanto el régimen de vientos durante todo el año para su posible aprovechamiento, como la existencia de vientos con velocidades mayores a 36Km/h, que deban necesitar protecciones, etc.

A partir de estos datos, y teniendo en cuenta las recomendaciones para cada zona, derivadas de los climogramas de Olgay y Givoni, hemos elaborado dos rosas de los vientos:

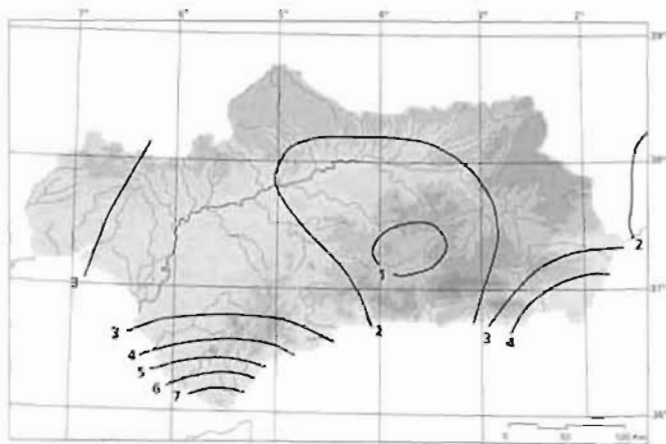
- La rosa de los vientos del periodo de invierno en que puede ser necesario protegerse, sobre todo de los vientos fríos.
- La rosa de los vientos del periodo de verano en el que resulta conveniente el aprovechamiento para ventilación durante el día y/o la noche.



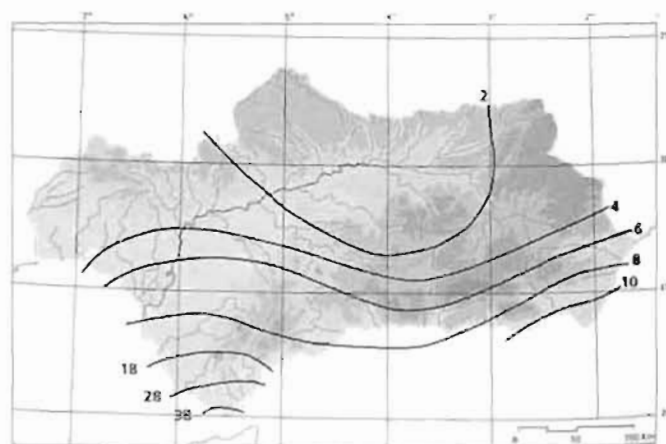
VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO m/s



FRECUENCIA DE VIENTOS SUPERIORES A 5 m/s - 18Km/h



MEDIANA DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO m/s



FRECUENCIA DE VIENTOS SUPERIORES A 10 m/s - 36 Km/h

**CÁDIZ**

Observatorio: Calle Puerta de Tierra s/n

Las mayores frecuencias anuales de la dirección, corresponden al W.

Las velocidades, en general, son moderadas. La velocidad media mensual más elevada corresponde al S.E., con 22 Km/h, en agosto.

**Rosas estacionales de los vientos**

La escala de frecuencias en % figura en el eje E. Los números en cada rumbo, indican la velocidad media del viento en Km/h.

**Invierno:**

Para estudiar las condiciones de invierno, se han tenido en cuenta los meses de diciembre, enero y febrero.

Dominan los vientos del N.E., tanto de día como de noche.

**Verano:**

Se han considerado en condiciones de verano los meses de junio, julio, agosto y septiembre.

Dominan los vientos del W.

Para vientos de velocidad superior a 5,9 Km/h, dominan de día los vientos del W. y de noche los del E.

La frecuencia de calmas es baja, lo que permite una ventilación continuada por aprovechamiento de los vientos existentes.

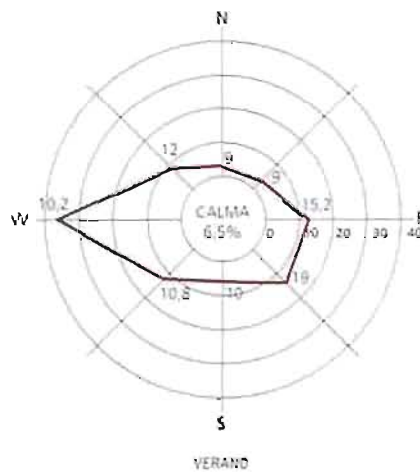
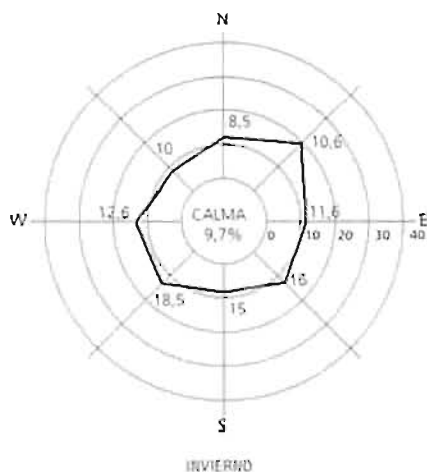
**Frecuencia del viento en % Cádiz (1961-1970)**

	N		NE		E		SE		S		SW		W		NW		CALMA	Vm Km/h*	DIR DOMIN.
	D	V	D	V	D	V	D	V	D	V	D	V	D	V					
Enero	8	7	17	10	9	12	13	17	8	16	13	17	12	13	9	9	11	12.8	NE
Febrero	9	9	13	12	11	13	13	16	10	15	14	19	15	12	7	11	8	13.7	W
Marzo	9	10	10	10	16	16	13	19	9	15	11	17	17	12	10	13	5	14.2	W
Abril	6	9	8	11	12	13	8	17	67	11	9	15	29	11	16	13	6	12.4	W
Mayo	8	11	4	12	13	16	14	18	7	12	13	14	26	12	12	14	3	13.8	W
Junio	5	9	3	9	10	15	14	20	7	10	13	12	33	11	11	12	4	12.7	W
Julio	5	11	2	9	10	16	12	17	5	8	16	11	35	10	9	13	6	11.9	W
Agosto	5	8	5	9	13	17	11	22	3	9	8	9	36	10	10	12	9	12.4	W
Septiembre	5	8	3	8	13	13	13	17	5	11	12	11	34	10	8	11	7	11.5	W
Octubre	5	10	7	11	15	12	20	17	11	12	8	12	201	9	8	10	6	12.1	SE/W
Noviembre	10	9	15	10	13	11	9	14	12	12	12	17	4	11	9	12	6	11.9	NE
Diciembre	15	9	25	10	11	10	8	15	6	14	8	19	9	13	8	10	10	11.6	NE
Año	7.5	9.2	9.3	10.3	12.2	13.7	12.3	17.5	7.4	12.5	11.4	14.4	23.3	10.2	9.8	11.9	6.8	11.6	W

D= Frecuencia % de la dirección.

V= Velocidad media en Km/h para cada dirección.

\*En este valor medio no se han incluido las calmas.



**SEVILLA**

Observatorio: Facultad de Ciencias  
Avda. de Palos de Moguer

Las mayores frecuencias anuales son del S.W., seguidas del N.E.

Las velocidades no son altas, la más elevada media corresponde al S., con 19 Km/h, en febrero.

**Rosas estacionales de los vientos**

La escala de frecuencias en % figuran en el eje E. Los números en cada rumbo, indican la velocidad media del viento en Km/h.

**Invierno:**

Para estudiar las condiciones de invierno, se han tenido en cuenta los meses de diciembre, enero y febrero.

Dominan los vientos del N.E.. Para vientos de velocidad superior a 5,9 Km/h, dominan los vientos W. por el día y los S.W. por la noche.

**Verano:**

Se han considerado en condiciones de verano los meses de junio, julio, agosto y septiembre.

Dominan los vientos del S.W., tanto de día como de noche; los vientos durante el día son, aproximadamente, 6 veces más rápidos que durante la noche, en que disminuyen su velocidad.

La frecuencia de calmas es alta, lo que dificulta una ventilación continuada por aprovechamiento de los vientos existentes, debiendo crearse corrientes de aireación con el diseño del edificio.

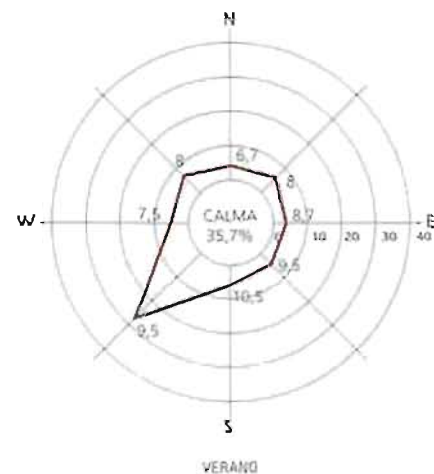
**Frecuencia del viento en % Sevilla (1967-1973)**

	N		NE		E		SE		S		SW		W		NW		CALMA	Vm Km/h*	DIR DOMIN.
	D	V	D	V	D	V	D	V	D	V	D	V	D	V					
Enero	15	6	12	8	1	6	2	9	8	15	16	12	3	11	4	8	39	9.6	SW
Febrero	10	6	20	10	3	7	6	11	7	1	21	12	4	12	4	7	25	11.3	SW
Marzo	8	8	13	9	6	10	4	8	7	11	25	13	5	7	6	10	26	10.4	SW
Abril	6	9	13	10	3	13	6	11	8	12	29	12	3	11	6	12	26	11.3	SW
Mayo	5	7	8	8	2	6	6	9	11	14	36	13	7	10	5	6	20	11.1	SW
Junio	4	7	8	8	2	8	3	10	12	12	34	11	5	7	5	9	27	10.1	SW
Julio	2	8	8	8	3	14	4	11	5	11	30	10	5	8	6	8	37	9.7	SW
Agosto	3	6	4	9	1	6	3	9	6	10	28	9	7	8	5	7	43	8.6	SW
Septiembre	8	6	9	7	3	7	6	8	5	9	23	8	6	7	4	8	36	7.5	SW
Octubre	7	6	16	8	4	10	6	8	3	10	18	9	3	7	4	7	39	8.2	SW
Noviembre	7	7	24	10	2	9	3	8	5	11	17	9	3	10	4	10	35	9.4	NE
Diciembre	16	8	19	9	2	11	2	13	2	11	11	10	2	11	5	8	41	9.2	NE
Año	7.6	6.9	12.8	8.9	2.7	9.5	4.3	9.5	6.6	12.5	24.0	11.0	4.4	8.8	4.8	8.4	32.8	9.7	SW

D= Frecuencia % de la dirección.

V= Velocidad media en Km/h para cada dirección.

\*En este valor medio no se han incluido las calmas.



**TARIFA**

Observatorio: Estación Meteorológica de Cerro Camorro

Las mayores frecuencias anuales de la dirección corresponden al E.

Las velocidades son altas. La velocidad media mensual más elevada por rumbo, corresponde al S.E., con 45 Km/h en el mes de marzo; hay que recordar que a partir de velocidades de 36 Km/h, conviene establecer protecciones.

**Rosas estacionales de los vientos**

La escala de frecuencias en % figura en el eje E. Los números de cada rumbo, indican la velocidad media del viento en Km/h.

**Invierno:**

Para estudiar las condiciones de invierno, se han tenido en cuenta los meses de diciembre, enero y febrero.

Dominan los vientos E., tanto de día como de noche.

**Verano:**

Se han considerado en condiciones de verano los meses de junio, julio, agosto y septiembre.

Dominan los vientos E., tanto de día como de noche.

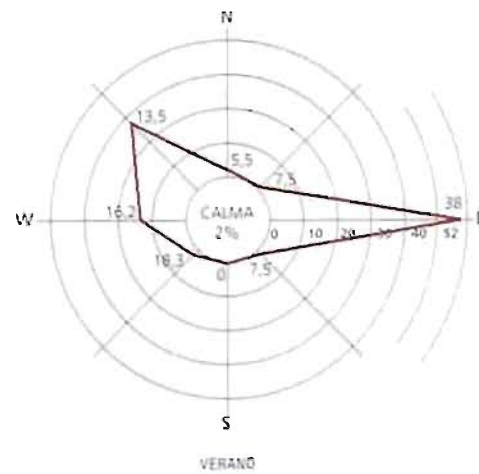
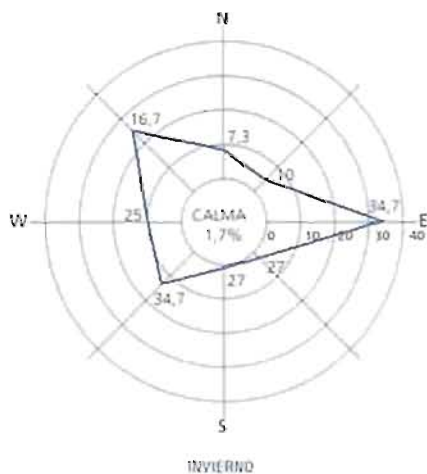
Habría que frenar la velocidad excesiva de los vientos para alcanzar condiciones de confort, de modo que no rebasaran los 18 Km/h, en las zonas de estancia.

La frecuencia de calmas es mínima, lo que permite una ventilación continuada por aprovechamiento de los vientos existentes.

**Frecuencia del viento en % Tarifa (1961-1970)**

	N		NE		E		SE		S		SW		W		NW		CALMA	Vm Km/h*	DIR DOMIN.
	D	V	D	V	D	V	D	V	D	V	D	V	D	V	D	V			
Enero	7	7	2	11	36	38	2	25	1	33	13	32	10	25	27	17	2	27.0	E
Febrero	5	7	3	8	40	37	2	35	1	17	13	34	13	26	22	17	1	28.1	E
Marzo	6	6	2	11	42	40	2	45	1	18	7	31	15	21	24	17	1	28.1	E
Abril	3	7	1	7	35	31	2	17	1	1/8	7	25	18	19	29	16	4	22.4	E
Mayo	3	5	0	30	49	37	0	6	0	11	5	23	14	18	25	15	4	26.8	E
Junio	2	6	0	16	48	39	1	12	0	15	3	21	18	17	26	13	2	26.6	E
Julio	1	5	0	4	54	38	1	18	0	0	1	11	16	15	26	13	1	26.9	E
Agosto	2	5	1	6	54	39	0	0	0	0	1	16	11	17	29	14	2	27.9	E
Septiembre	3	6	1	4	52	36	0	0	0	0	2	25	11	16	28	14	3	25.9	E
Octubre	4	6	2	9	55	34	1	9	1	22	4	23	11	16	19	14	3	25.5	E
Noviembre	8	7	3	13	35	31	1	43	4	29	11	31	10	19	26	16	2	23.3	E
Diciembre	12	8	3	11	31	29	1	21	2	30	11	38	8	24	30	16	2	22.4	E
Año	4.7	6.7	1.5	9.7	44.2	36.1	1.1	26.7	0.9	25.8	6.5	30.2	12.9	19.1	25.9	15.2	2.3	25.9	E

D= Frecuencia % de la dirección. V= Velocidad media en Km/h para cada dirección. \*En este valor medio no se han incluido las calmas.



**MÁLAGA**

Observatorio: Instituto de Enseñanza Media, centro de la ciudad

Las mayores frecuencias anuales de la dirección, corresponden al S.

Las velocidades medias son moderadas. La velocidad media mensual más elevada, por rumbo, corresponde al N.W. con 19 Km/h, en abril.

**Rosas estacionales de los vientos**

La escala de frecuencias en % figuran en el eje E. Los números en cada rumbo, indican la velocidad media del viento en Km/h.

**Invierno:**

Para estudiar las condiciones de invierno, se han tenido en cuenta los meses de diciembre, enero y febrero.

Dominan los vientos del N.W. tanto de día como de noche

**Verano:**

Se han considerado en condiciones de verano los meses de junio, julio, agosto y septiembre.

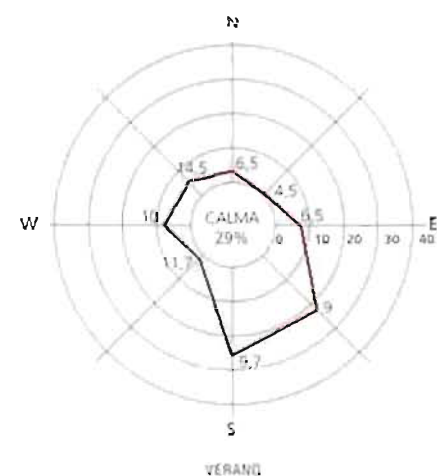
Dominan los vientos del S., seguidos de los de S.E., Para vientos de velocidad superior a 5,9 km/h, por la noche dominan los vientos de N.W.

La frecuencia de calmas es apreciable, lo que dificulta una ventilación continuada por aprovechamiento de los vientos existentes, debiendo crearse corrientes de aireación con el diseño del edificio.

**Frecuencia del viento en % Málaga (1961-1970)**

	N		NE		E		SE		S		SW		W		NW		CALMA	Vm Km/h*	DIR DOMIN.
	D	V	D	V	D	V	D	V	D	V	D	V	D	V					
Enero	8	7	1	4	15	8	7	9	6	6	2	6	15	9	15	11	31	8.6	VARIO
Febrero	12	7	1	7	15	9	10	11	8	6	2	7	14	10	15	14	23	9.7	E-NW
Marzo	8	7	1	9	13	11	15	10	12	7	2	7	15	9	11	16	23	10.0	SE-W
Abril	6	6	1	5	7	6	14	9	16	8	2	12	14	9	13	19	27	10.1	S
Mayo	5	6	1	4	6	6	19	8	22	13	2	10	9	10	10	17	26	10.6	S
Junio	5	5	1	3	6	6	24	8	23	7	2	9	9	10	6	12	24	7.9	SE
Julio	2	7	1	5	7	7	26	9	28	17	1	7	7	9	3	16	25	11.9	S
Agosto	3	8	1	8	6	7	23	9	25	7	1	16	6	10	7	17	28	9.0	S
Septiembre	3	6	1	2	7	6	18	10	21	8	1	15	8	11	7	13	34	9.2	S
Octubre	5	8	1	2	10	6	16	9	15	13	2	10	8	11	10	15	33	10.4	SE
Noviembre	8	8	1	5	10	7	11	11	10	5	2	9	13	8	16	14	29	9.2	NW
Diciembre	7	6	1	10	11	7	7	8	5	5	1	5	17	10	24	17	27	10.9	NW
Año	6.0	6.8	1.0	5.3	9.4	7.5	15.9	9.1	16.0	9.6	1.6	9.2	11.3	9.0	11.8	15.0	27.5	9.8	S

D= Frecuencia % de la dirección. V= Velocidad media en Km/h para cada dirección. \*En este valor medio no se han incluido las calmas.



**CÓRDOBA**

Observatorio: Aeropuerto de Córdoba

Las mayores frecuencias anuales corresponden al S.W

Las velocidades, en general, son más bien altas. La velocidad media mensual más elevada corresponde al S. con 32 Km/h en el mes de diciembre.

**Rosas estacionales de los vientos**

Las escalas de frecuencias en % figuran en el eje E. Los números de cada rumbo, indican la velocidad media del viento en Km/h.

**Invierno:**

Para estudiar las condiciones de invierno, se han tenido en cuenta los meses de diciembre, enero y febrero.

Dominan los vientos del N.E.

Para vientos de velocidad superior a 5,9 km/h, dominan de noche los vientos S.W.

**Verano:**

Se han considerado en condiciones de verano los meses de junio, julio, agosto y septiembre.

Dominan los vientos S.W., tanto de día como de noche. Los vientos durante el día son 3 veces más rápidos que durante la noche, en que disminuyen su velocidad.

La frecuencia de calmas es muy alta, lo que impide una ventilación continuada por aprovechamiento de los vientos existentes, debiendo crearse corrientes de aireación con el diseño del edificio.

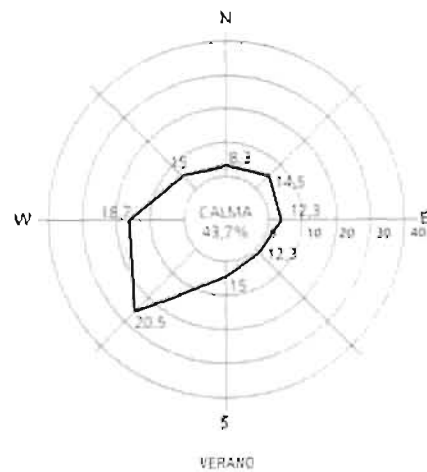
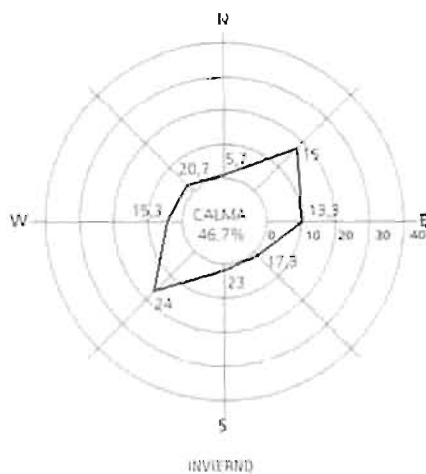
**Frecuencia del viento en % Córdoba (1961-1970)**

	N		NE		E		SE		S		SW		W		NW		CALMA	Vm Km/h*	DIR DOMIN.
	D	V	D	V	D	V	D	V	D	V	D	V	D	V					
Enero	0	0	18	14	9	14	1	23	2	21	16	23	4	13	1	17	49	17.3	NE
Febrero	0	0	17	16	9	12	1	17	2	17	22	26	5	16	3	25	41	19.6	SW
Marzo	1	15	13	17	10	15	1	13	2	17	25	24	6	19	3	21	39	19.8	SW
Abril	2	19	8	18	7	14	2	14	3	15	29	23	9	19	5	18	35	19.7	SW
Mayo	1	17	9	15	4	13	2	15	4	19	29	23	11	20	7	20	33	20.0	SW
Junio	0	0	5	16	3	13	1	14	3	14	30	22	15	20	5	19	38	19.8	SW
Julio	1	11	3	15	1	11	1	8	2	15	27	20	22	19	5	15	38	18.3	SW
Agosto	2	11	3	13	1	12	1	13	1	15	22	20	20	18	6	16	44	17.8	SW
Septiembre	2	11	6	14	4	13	1	14	3	16	23	20	12	18	6	15	43	17.3	SW
Octubre	1	11	11	13	9	14	1	13	2	16	18	20	6	16	2	14	50	16.2	SW
Noviembre	0	0	14	15	9	13	1	12	1	22	21	21	4	15	2	20	48	17.3	SW
Diciembre	1	17	17	14	13	14	1	12	1	31	12	23	4	17	1	20	50	16.9	SW
Año	1.0	13.9	10.3	15.0	6.6	13.6	1.2	14.1	2.2	17.3	22.8	22.1	9.8	18.3	3.8	18.0	42.3	18.3	SW

D= Frecuencia % de la dirección.

V= Velocidad media en Km/h para cada dirección.

\* En este valor medio no se han incluido las calmas.



**GRANADA**

Observatorio: Armilla, Base Aérea de Granada

Las mayores frecuencias anuales de la dirección corresponden al S.

Los vientos son fuertes. La mayor velocidad media mensual por rumbo corresponde al S., con 35 Km/h en junio.

**Rosas estacionales de los vientos**

Las escalas de frecuencias en % figura en el eje E. Los números de cada rumbo, indican la velocidad media del viento en Km/h.

**Invierno:**

Para estudiar las condiciones de invierno, se han tenido en cuenta los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo.

Dominan los vientos del S. tanto de día como de noche.

**Verano:**

Se han considerado en condiciones de verano los meses de junio, julio, agosto y septiembre.

Dominan los vientos S. día y noche, los vientos durante el día son, aproximadamente, 16 veces más rápidos que durante la noche, en que disminuyen hasta casi calmarse.

La frecuencia de las calmas es alta, lo que imposibilita una ventilación continuada por aprovechamiento de los vientos existentes, debiendo crearse corrientes de aireación con el diseño del edificio

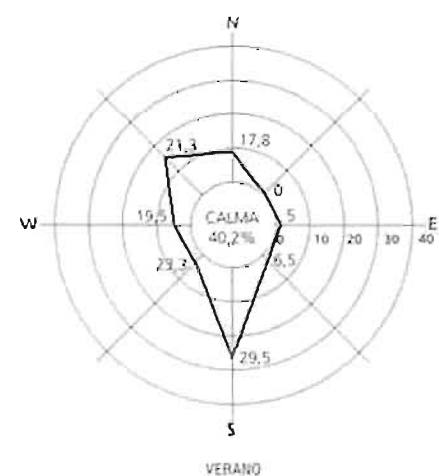
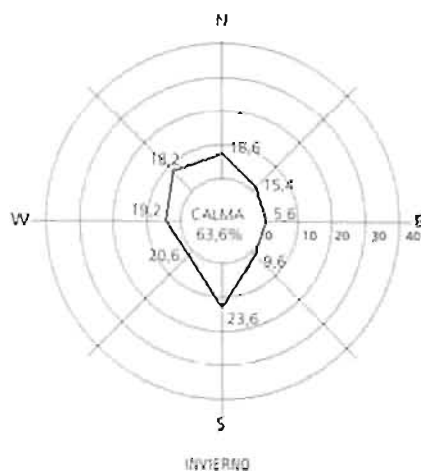
**Frecuencia del viento en % Granada (1961-1970)**

	N		NE		E		SE		S		SW		W		NW		CALMA	Vm Km/h*	DIR DOMIN.
	D	V	D	V	D	V	D	V	D	V	D	V	D	V					
Enero	5	18	1	14	1	10	1	20	12	22	3	25	3	20	5	19	69	20.3	S
Febrero	5	19	1	27	0	0	1	10	17	25	4	18	5	20	8	16	59	20.9	S
Marzo	10	20	1	11	1	18	1	18	16	23	6	22	6	20	11	20	48	20.9	S
Abril	11	19	1	29	1	29	0	0	14	24	5	19	6	19	20	19	42	20.6	NW
Mayo	10	19	1	20	0	0	0	0	25	27	5	24	4	20	17	20	38	23.0	S
Junio	9	18	0	0	0	0	0	0	29	35	3	24	5	20	14	21	40	27.4	S
Julio	7	20	0	0	0	0	1	26	29	29	5	23	4	21	16	23	38	25.4	S
Agosto	12	18	0	0	0	0	0	0	27	27	3	24	3	22	17	21	38	23.2	S
Septiembre	7	15	0	0	1	21	0	0	26	27	3	22	3	15	15	20	45	22.5	S
Octubre	7	15	0	0	0	0	0	0	23	21	2	19	4	16	9	18	55	18.9	S
Noviembre	6	17	0	0	0	0	0	0	15	25	1	14	4	20	6	16	68	20.8	S
Diciembre	7	19	1	25	0	0	0	0	10	23	2	24	1	16	5	20	74	21.2	S
Año	8.0	18.2	0.5	21.0	0.3	19.5	0.3	18.5	20.3	26.5	3.5	21.9	4.0	19.4	1.9	19.9	51.2	22.1	S

D= Frecuencia % de la dirección.

V= Velocidad media en Km/h para cada dirección.

\*En este valor medio no se han incluido las calmas.



**JAÉN**

Observatorio: Instituto de Enseñanza Media, centro de la ciudad

La mayoría de frecuencias anuales de la dirección corresponden al S.W.

Las velocidades son moderadas. La velocidad media mensual más elevada corresponde al S., con 25 Km/h en octubre.

**Rosas estacionales de los vientos**

La escala de frecuencias en % figura en el eje E. Los números en cada rumbo, indican la velocidad media del viento en Km/h.

**Invierno:**

Para estudiar las condiciones de invierno, se han tenido en cuenta los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo.

Dominan los vientos del S.W.

**Verano:**

Se han considerado en condiciones de verano los meses de julio y agosto.

Durante el verano dominan los vientos del S.W. seguidos de los del N.W., pero los de mayor velocidad son los del S.W., por lo que a esta dirección corresponde el mayor flujo de aire que penetra en Jaén.

La frecuencia de la calma es muy elevada, el 56%, lo que imposibilita una ventilación continuada por aprovechamiento de los vientos existentes, debiendo crearse corrientes de aireación con el diseño del edificio.

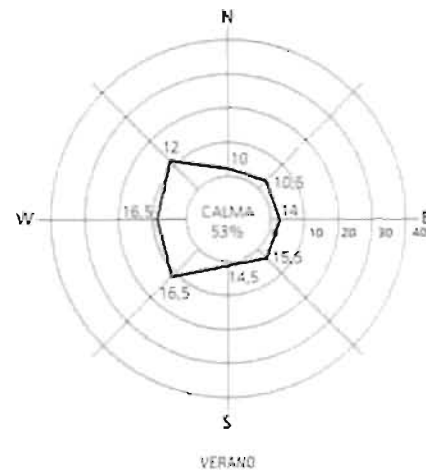
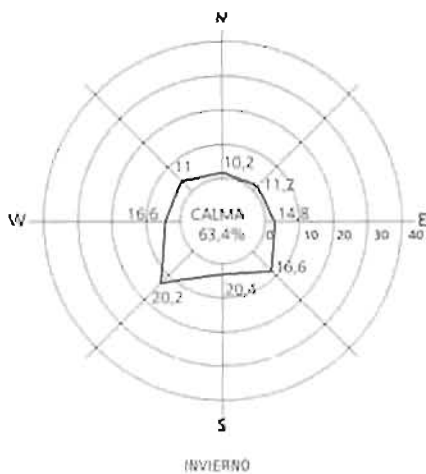
**Frecuencia del viento en % Jaén (1961-1970)**

	N		NE		E		SE		S		SW		W		NW		CALMA	Vm Km/h*	DIR DOMIN.
	D	V	D	V	D	V	D	V	D	V	D	V	D	V					
Enero	1	8	1	10	2	14	8	17	4	20	15	19	3	15	2	11	64	17.0	SW
Febrero	2	14	2	10	1	15	7	19	3	20	17	22	7	20	4	12	57	19.0	SW
Marzo	1	12	1	13	1	16	4	16	4	18	17	19	8	17	9	12	56	16.6	SW
Abril	4	11	1	11	1	13	6	16	2	17	14	17	9	13	10	11	53	14.4	SW
Mayo	2	11	2	12	3	14	4	14	1	16	18	18	10	17	11	13	49	15.6	SW
Junio	1	12	2	12	3	12	6	16	1	14	14	17	9	16	12	12	52	14.7	SW
Julio	3	11	2	11	2	13	3	15	1	7	10	18	9	17	13	13	57	14.8	SW
Agosto	2	9	2	10	2	15	6	16	1	22	13	15	9	16	10	11	55	14.1	SW
Septiembre	3	12	1	10	2	15	6	15	1	15	8	15	8	14	10	11	61	13.4	SW
Octubre	2	12	2	8	2	13	7	17	3	25	14	17	4	16	5	11	61	15.8	SW
Noviembre	1	9	1	11	2	15	7	14	2	20	8	18	3	15	3	11	73	15.2	SW
Diciembre	1	8	1	12	3	14	9	17	2	24	14	23	1	16	2	9	67	19.8	SW
Año	1.9	11.0	1.5	10.7	2.0	13.9	6.1	16.4	2.1	19.3	13.5	18.4	6.7	16.1	7.5	11.8	58.7	15.8	SW

D= Frecuencia % de la dirección.

V= Velocidad media en Km/h para cada dirección.

\*En este valor medio no se han incluido las calmas.



**ALMERÍA**

**Observatorio: Ciudad Jardín, Urbanización próxima a la playa**

Las mayores frecuencias anuales de la dirección corresponden al S.W.

Las velocidades son moderadas, la más elevada velocidad media mensual por rumbo, corresponde al S.W., con 23 Km/h en abril.

**Rosas estacionales de los vientos**

La escala de frecuencias en % figura en el eje E. Los números en cada rumbo, indican la velocidad media del viento en Km/h.

**Invierno:**

Para estudiar las condiciones de invierno, se han tenido en cuenta los meses de diciembre, enero y febrero.

Dominan los vientos del S.W.

**Verano:**

Se han considerado en condiciones de verano los meses de junio, julio, agosto y septiembre.

Dominan los vientos del S.W.

Para vientos de velocidad superior a 5,9Km/h, dominan de día los vientos del S.W. y de noche los N.E.

La frecuencia de calmas es baja, lo que permite una ventilación continuada por aprovechamiento de los vientos existentes.

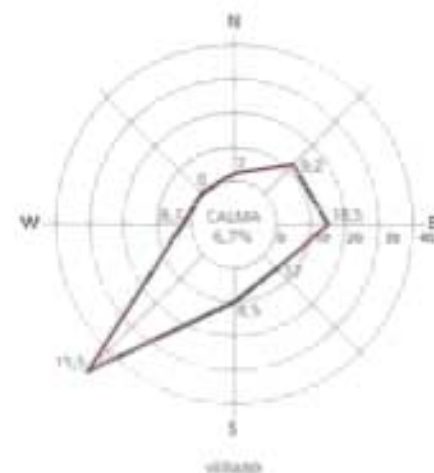
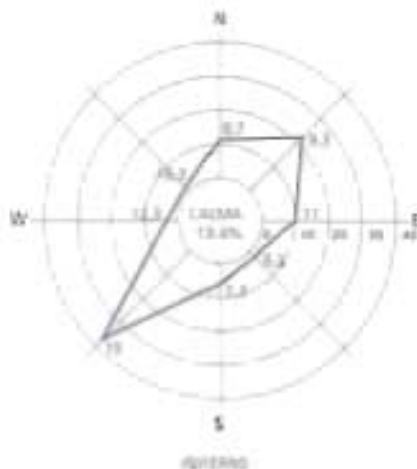
**Frecuencia del viento en %, Almería (1961-1970)**

	N		NE		E		SE		S		SW		W		NW		CALMA	Vm Km/h*	DIR DOMIN.
	D	V	D	V	D	V	D	V	D	V	D	V	D	V					
Enero	11	8	24	7	9	11	2	8	6	7	35	18	2	10	1	13	10	12.0	SW
Febrero	10	8	16	8	12	11	3	9	7	9	39	22	3	14	1	16	9	14.8	SW
Marzo	9	10	18	11	14	17	5	11	9	9	35	21	2	16	1	12	7	15.5	SW
Abril	8	9	12	9	9	15	5	12	12	9	42	23	3	11	0	0	9	16.3	SW
Mayo	4	9	10	8	14	16	5	16	10	8	48	17	3	8	0	0	6	14.3	SW
Junio	3	9	10	9	17	17	6	12	9	8	48	16	2	7	0	0	5	14.0	SW
Julio	2	6	10	8	16	19	6	12	10	8	48	12	2	7	0	0	6	12.1	SW
Agosto	4	6	13	7	15	19	7	13	13	9	40	15	2	9	0	0	6	13.0	SW
Septiembre	4	7	14	13	15	19	4	10	7	9	44	19	2	12	0	0	10	16.2	SW
Octubre	6	9	18	7	15	16	4	10	7	11	36	17	2	7	0	0	12	13.2	SW
Noviembre	10	9	20	7	9	14	3	8	5	7	39	19	3	16	0	0	11	13.5	SW
Diciembre	13	10	23	13	9	11	2	8	5	6	33	17	3	13	2	20	10	13.5	SW
Año	7.0	8.7	15.7	9.0	12.8	15.9	4.3	11.4	8.4	8.5	40.6	17.8	2.4	11.1	0.4	16.2	8.4	14.0	SW

D= Frecuencia % de la dirección

V= Velocidad media en Km/h para cada dirección.

\*En este valor medio no se han incluido las calmas.



# Actuaciones de arquitectura bioclimática en Andalucía

20 viviendas en Arboleas. Almería

124 viviendas en Osuna. Sevilla

22 viviendas en Pozoblanco. Córdoba

16 viviendas en Sanlúcar de Barrameda. Cádiz

49 viviendas en San Pedro de Alcántara. Málaga

25 viviendas en Cúllar. Granada

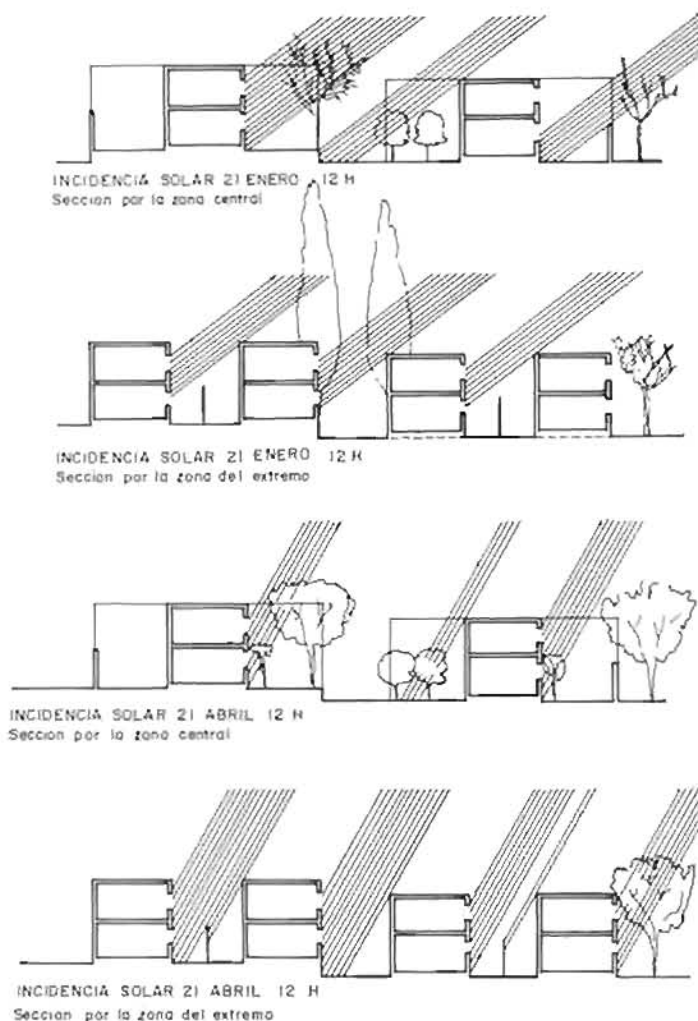
Un edificio abierto: El Palenque, espacio multifuncional. Sevilla



## 20 viviendas en Arboleas. Almería

<i>Promotor:</i>	<i>Consejería de Obras Públicas y Transportes. Dirección General de Arquitectura y Vivienda</i>
<i>Equipo técnico</i>	
<i>Arquitecto:</i>	<i>Jorge Gómez Calvo</i>
<i>Arq. técnico:</i>	<i>Pedro Sánchez Oller y Juan García Castaño</i>
<i>Asesoramiento:</i>	<i>Seminario de Arquitectura Bioclimática. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla</i>
<i>Fecha del proyecto:</i>	<i>1985</i>
<i>Fecha de ejecución:</i>	<i>1986</i>





Arboleas se encuentra a orillas del río Almanzora, que discurre entre la Sierra de Las Estancias y la Sierra de los Filabres.

Está situada al norte de Almería, en la latitud de  $37^{\circ} 21'$  y, la altitud media de la zona que nos ocupa es de 275m sobre el nivel del mar.

Su clima es de tipo árido, mesotérmico, sin ningún exceso de agua a lo largo de todo el año.

Es, pues, un clima no excesivamente riguroso, con temperaturas medias anuales no excesivamente altas y no bajas en invierno, pero con una índice de humedad lo suficientemente seco como para que se piense en una buena ventilación y humectación del aire que va a discurrir a través de la vivienda.

El solar donde se construyen las viviendas se encuentra fuera del casco urbano, en la otra orilla del río, lindando con la carretera comarcal, que une Arboleas con Albox y Huércal-Overa. Su superficie es de 15.000m<sup>2</sup>; tiene dotaciones de agua, electricidad y teléfono y una ligera pendiente del 3,6%.

En sus inmediaciones existen ondulaciones del terreno con mayor altitud, pero que no representan obstáculos naturales en cuanto a la radiación solar, ni tampoco suponen direccionalidad por encajonamiento de los vientos dominantes.

A partir de la latitud ( $37^{\circ} 21'$ ), se obtienen los ángulos de incidencia del sol para las 12 h. del solsticio de verano ( $75^{\circ} 59'$ ), equinoccios ( $52^{\circ} 39'$ ) y solsticio de invierno ( $29^{\circ} 19'$ ) y, a partir de ésta, para cualquier día del año.

En la propuesta de diseño partimos de un módulo de vivienda desarrollado en dos plantas con fachada norte y sur.

La fachada norte se reserva para los espacios de tránsito y de servicio, concentrando los espacios habitables (estancias y dormitorios), hacia la fachada sur. La planta tiene una forma lo más cercana posible al cuadrado, de manera que el edificio adopte la forma geométrica del cubo (máximo volumen para menor perímetro), a fin de que las pérdidas sean mínimas.

El programa de partida ha sido el de una vivienda con cocina, estar-comedor, tres dormitorios dobles y un cuarto de baño. Se ha organizado en dos plantas, característico de la zona para la cual se ha pensado, quedando bien diferenciada la zona de día y la zona de noche, pues en planta baja se organiza la zona social-familiar propiamente dicha, teniendo como centro el hogar-chimenea, alrededor del cual se estructura el estar, la cocina y el comedor y se desarrollan las circulaciones principales y secundarias.

En la planta primera se ordenan los dormitorios, de forma lineal, con un distribuidor mínimo que los relaciona entre sí y con el baño.

De esta manera, el espacio destinado a circulaciones es el mínimo necesario para que éstas se produzcan satisfactoriamente, quedando reducido a la escalera y al pasillo superior.

La estructura principal del edificio es elemental y se resuelve con muros de carga paralelos construidos de ladrillo o de bloque. Los forjados se resuelven con semiviguetas de hormigón pretensado y bovedillas y capa de compresión de hormigón.

La cubierta es plana, aterrizada, sobre forjado y se emplea la "launa" almeriense, como impermeabilizante y aislante.

Los acabados exteriores e interiores son los propios de la zona: enfoscados, enlucidos, encalados y pinturas al temple.

La vivienda tiene planta casi cuadrada y forma cúbica, a fin de que el consumo de energía necesario para su acondicionamiento y confort, sea mínimo.

Los huecos han sido estudiados de forma que las ganancias energéticas por radiación solar en invierno sean máximas, al igual que la iluminación natural.

Las bases de partida se pueden sintetizar en:

**Aprovechamiento energético:** Ganancias solares en fachada sur y cubierta; planta cuadrada y forma cúbica; estudio de huecos y cerramientos de forma que permitan la ganancia por radiación directa en invierno y su protección en verano.

**Optimización de aprovechamiento energético:** Mediante la utilización de material aislante térmico hacia el exterior de forma que se aproveche la inercia térmica de los elementos constructivos.

**Iluminación natural máxima:** De forma que los rayos solares penetren en el interior de las habitaciones en invierno, con posibilidad de protección y matización de esta iluminación en invierno.

**Instalaciones complementarias:** De paneles solares, para agua caliente sanitaria y chimenea de calefacción a leña.

**Ordenación general de viviendas:** Con las bases anteriormente definidas, compatibilizándolo con la conexión con el resto de casco urbano.

**Tratamiento de pavimentación y vegetación:** Optimizados de los criterios bioclimáticos, de acuerdo con su emplazamiento y microclima.

Los elementos constructivos se han resuelto de la siguiente forma:

**Muros:** Los de fachada cumplen función resistente, mientras que los medianeros cumplen función exclusivamente de cerramiento. Se ejecutan en fábrica de ladrillo perforado de un pie de espesor, complementada en el caso de los de fachada con material aislante térmico y tabique protector hacia el exterior, con llaveado de alambre galvanizado.

**Cubierta:** Resuelta con azotea no visitable a la andaluza. Al igual que los muros de fachada se ha complementado con una capa de 3cm de espesor de material aislante térmico, de forma que permita aprovechar la masa térmica del forjado y su inercia como reguladoras de la temperatura en el interior de la vivienda.

**Forjados:** A base de semiviguetas, bovedillas de hormigón y capa de compresión. El suelo de planta baja irá sobre solera de hormigón de 15cm de espesor y enchado de bolos (gran inercia térmica).

**Huecos exteriores y carpintería:** Los de fachada sur cumplen en invierno funciones de captadores pasivos de la energía solar, a la vez que permiten la iluminación de las habitaciones. El estudio de sus dimensiones ha sido realizado compaginando ambas funciones con la obtención de la temperatura de confort en el interior de la vivienda.

Para la protección de la radiación directa de estos huecos en verano, se prevé la utilización de persianas en planta baja. Se



complementa con un porche y vegetación de hoja caduca (parra).

La carpintería se ha estudiado para que, dentro de los límites económicos establecidos, impida en lo posible las pérdidas

energéticas, debiéndose cuidar al máximo, durante la ejecución de las obras, su instalación de forma que no se produzcan fisuras en su encuentro con el muro. Habrán de complementarse con material aislante los posibles puentes térmicos que se produzcan y, además, al cumplir funciones de aislante acústico, se ha optado por un tipo de carpintería metálica de la clase A-2 con vidrio simple de 4mm de espesor.

Los huecos de la fachada norte tienen el mismo tratamiento constructivo que los de la fachada sur, excepción hecha de la persiana, y se diferencian de éstos exclusivamente por sus dimensiones, ya que cumplen funciones de iluminación de los espacios de tránsito en invierno, pudiendo en verano, mediante su apertura, provocar además corrientes de aire fresco que regulen la temperatura en el interior de la vivienda.

**Agua caliente:** Directamente obtenida de la instalación solar.

**Calefacción:** Mediante chimenea, utilizándose el conducto vertical de salida de humos como elemento calefactor de la planta primera.

La vivienda se complementa con un patio posterior que da acceso al local anexo destinado a granero-almacén.

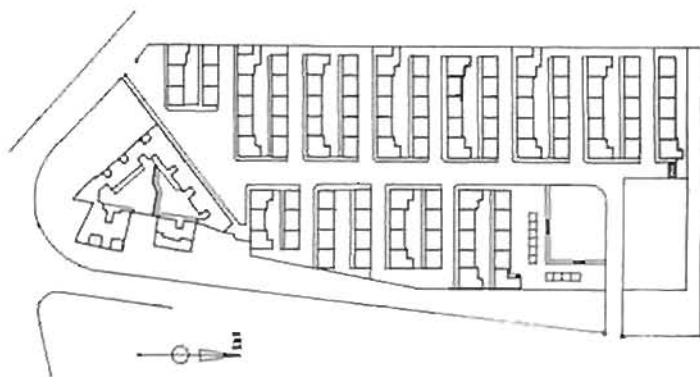
Se han cuidado al máximo todos los detalles referentes al aprovechamiento pasivo energético de las viviendas, como son orientaciones, adecuación a la topografía, iluminación, ganancias por radiación solar, aislamientos, etc.

Estimativamente, se puede considerar que la temperatura en zonas sombreadas y ventiladas es de 5 a 8°C, menor que en las zonas adyacentes, pudiendo llegar esta diferencia de temperaturas en algunos casos especialmente propicios a los 15°C.

## 124 viviendas en Osuna. Sevilla

<b>Promotor:</b>	<i>Consejería de Obras Públicas y Transportes Dirección General de Arquitectura y Vivienda</i>
<b>Equipo técnico</b> <b>Arquitectos:</b>	<i>Pilar Alberich Sotomayor Angel Díaz Domínguez Jaime López de Asiain y Martín</i>
<b>Arq. técnico:</b>	<i>Narciso Rodríguez Chaves Enrique Rodríguez Chaves Juan Castro Fuentes</i>
<b>Asesoramiento:</b>	<i>Seminario de Arquitectura Bioclimática. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla</i>
<b>Fecha del proyecto:</b>	<i>1983</i>
<b>Fecha de ejecución:</b>	<i>1988-1990</i>





Este proyecto incluía una doble actuación, por una parte se planteaba la construcción de 124 viviendas sociales (unifamiliares adosadas) con un aprovechamiento integral de la energía solar y bioclimáticamente adaptadas a las condiciones del lugar, cultura e historia de Osuna, por otra se pretendía configurar todo un nuevo espacio urbano donde englobar las viviendas (con el máximo aprovechamiento de la parcela) que entroncara con la estructura urbana precedente, aunque adquiriendo personalidad propia, con un estudiado diseño para dar un grado de confort y ajuste al medio óptimo

Además este proyecto ha sido objeto de un cuidadoso estudio y seguimiento de las viviendas una vez habitadas, por parte del SAB, para comprobar realmente el grado de éxito y aceptación de las mismas por parte de los propios usuarios, obteniéndose un resultado notablemente satisfactorio.

El encargo lo hizo el MOPU en 1983; una vez realizado el Proyecto se comenzaron las obras, las cuales se paralizaron por quiebra de la constructora. En 1987 fue transferido a la Dirección General de Arquitectura y Vivienda de la Junta de Andalucía, quien tras actualizar el presupuesto reinició la ejecución. Finalmente en Octubre de 1990 quedó terminada toda la promoción, pasando a depender de la Delegación de Asuntos Sociales del Ayuntamiento de Osuna quien, unos meses más tarde, adjudicó las viviendas en régimen de alquileres económicos.

Las viviendas son, en su amplia mayoría, del tipo unifamiliar adosada con una media de 65m<sup>2</sup> útiles y tres dormitorios, y la adición de un pequeño patio de unos 16m<sup>2</sup>. Existen, también, viviendas de una sola planta y otras destinadas para minusválidos.

El tipo de unifamiliar utilizado para el diseño es la propuesta que en su día los arquitectos presentaron al Concurso de Vivienda Rural convocado por el MOPU en 1981, concretamente la propuesta para clima continental. Básicamente la vivienda se organiza en dos plantas estableciendo:

- Planta baja: zona social familiar y común.
- Planta alta: dormitorios y baño.

En la planta de entrada se sitúa, como centro de la casa, el hogar-chimenea alrededor del cual se estructura el estar, la cocina y el comedor, y se desarrollan las circulaciones.

Este prototipo de vivienda para clima continental se estudió para que consumiera el mínimo de energía para su acondicionamiento, de modo que con una orientación favorable (sur), una disposición lógica de las estancias principales, un adecuado dimensionamiento de los huecos y un estudio específico de la geometría solar y las condiciones climáticas (vientos, lluvia...) se permitiera la iluminación natural de toda la casa y un correcto control del clima interior en las distintas estaciones del año. Y todo ello de modo que la arquitectura final fuese perfectamente integrable en el entorno donde se ha de ubicar.

Los anteriores planteamientos se comprobaron experimentalmente cuando se construyó en Mairena del Aljarafe una vivienda según los esquemas del prototipo, la cual se monitorizó durante 18 meses, en colaboración con el I.E.R., dando (entre otros resultados) una media de un 60% de ahorro de energía.

Al mismo tiempo se realizó el estudio bioclimático de la zona de Osuna, para recoger los condicionantes específicos de la intervención arquitectónica, así como los factores del lugar y entorno del sector donde el proyecto debía desarrollarse.

Osuna está situada al este de Sevilla (latitud 37° 14'N, longitud 5°W, altura media 300m) con unos veranos muy calurosos

(máxima 44°C) e inviernos fríos (mínima -4°C), humedad relativa baja, precipitaciones medias 565mm anuales, y vientos predominantes de componente sur y este. A nivel de arquitectura local, los edificios destacan por su forma cúbica, compacta, de reducidas dimensiones, a escala humana, y desarrollados en dos plantas, con presencia de patios y corrales. El color predominante es el blanco, cubiertas de teja, predominio del macizo sobre el hueco, persianas y celosías, rejas en planta baja y torreones en las esquinas.

El solar se encuentra en el borde este de la ciudad, en la zona denominada "Farfana" (hoy Barriada Pablo Iglesias) lindando ya con el campo abierto, por lo que tiene un carácter de periurbano, con tan sólo una pequeña agrupación de árboles en la parte sur del solar, sin focos de ruidos externos ni problemas de contaminación.

Con estas premisas se desarrolló un módulo matriz: una vivienda de 65m<sup>2</sup> útiles, distribuida en dos plantas, con fachadas principales opuestas de orientación norte-sur. La fachada norte se reserva para los espacios de tránsito y servicio, concentrando los espacios habituales (estancias y dormitorios) hacia el sur. La planta se adapta, formalmente, lo más posible al cuadrado para conseguir un volumen cúbico a fin de que las pérdidas sean mínimas (el cubo ofrece el máximo volumen aprovechable en el menor perímetro posible).

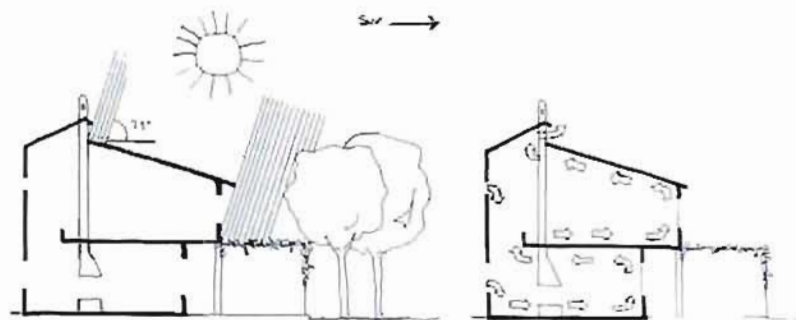
La planta baja se destina a zona de día: acceso, cocina y estar-comedor. En su centro se sitúa el hogar-chimenea como corazón de la vivienda y principal aporte de calor en las noches de invierno. La planta alta se destina a dormitorios y baño.

Los huecos han sido estudiados de manera que las ganancias energéticas por radiación solar en invierno sean máximas al igual que la iluminación natural, con barrido total de los rayos solares en el interior de las habitaciones en invierno y posibilidad de protección y matización en verano. Las ventanas de la fachada sur cumplen funciones de captadores de energía solar en los meses fríos. En verano, el vuelo del alero del tejado protege estos huecos al sur, en la primera planta, de la excesiva insolación. El mismo efecto se consigue con el voladizo y el porche que protegen la planta baja. Asimismo en las fechas calurosas, las ventanas en el alzado norte permiten la entrada de aire fresco a la vivienda estableciendo un sistema de corrientes convectivas ascendentes que actúa de refrigeración pasiva de la vivienda.

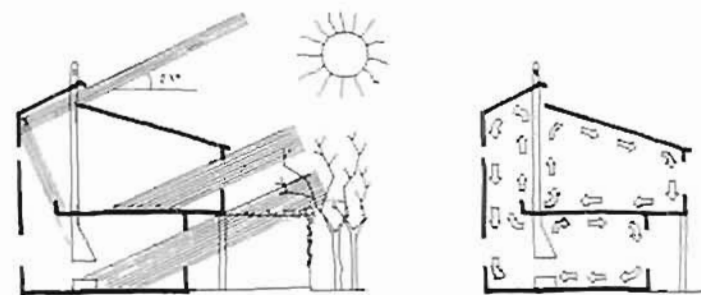
También se ha cuidado especialmente la calefacción y distribución del calor en invierno, mediante un sistema de circulación de aire caliente a baja velocidad conectado con la chimenea.

La refrigeración natural de la vivienda en verano se obtiene abriendo los huecos de la fachada norte y el lucernario del tejado, produciéndose una corriente de aire desde la planta baja a la primera, facilitada por el hueco de la escalera que actúa como chimenea natural.

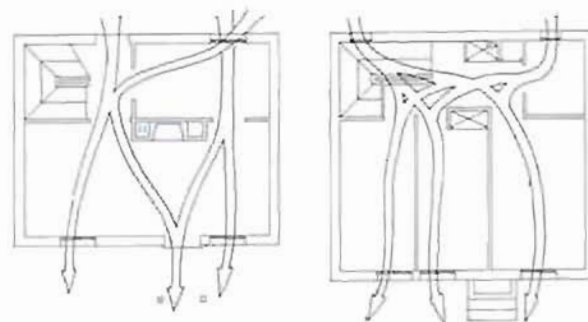
El aislamiento se sitúa en la parte exterior de los muros exteriores, con objeto de aprovechar su masa térmica como regu-



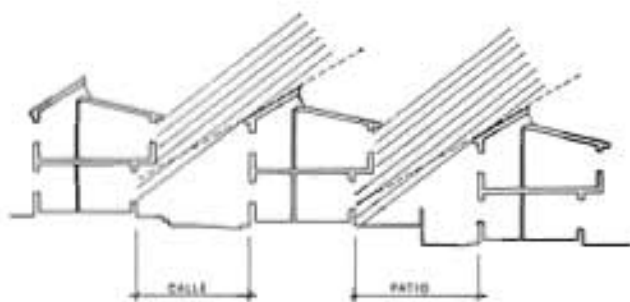
ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO VERANO



ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO INVIERNO



ESQUEMA DE VENTILACIÓN PLANTAS BAJA Y ALTA



ladora de la temperatura interior. El mismo tratamiento se da a la cubierta y al forjado de planta baja.

Como elementos complementarios y de apoyo al funcionamiento energético de la vivienda, merece especial atención la instalación de paneles solares en cubierta (para dotar a la vivienda de agua caliente sanitaria) y el tratamiento del pavimento del espacio exterior (solera de hormigón) y las especies vegetales utilizadas.

Definido el módulo-base de vivienda, la ordenación urbana de la parcela debía de mantener las pautas y la concepción bioclimática. Así pues, se ha conjugado el criterio de orientar al sur las viviendas con las necesidades de crear una estructura urbana que conectara con el resto de la ciudad y tuviera espacios públicos propios y atractivos.

Con tal motivo se ha aprovechado al máximo la ligera pendiente del solar, de modo que las viviendas se van escalonando progresivamente, ordenándose en hileras perpendiculares a la calle principal, la cual se configura como verdadero eje norte-sur de la ordenación.

Al constituirse la calle principal en avenida central que recorre el solar, las calles, entre hileras, de acceso a las viviendas adquieren un carácter más privado, configurando un espacio de relación entre vecinos, enriquecido por los juegos de luces

y sombras de los vuelos y la vegetación de los porches de entrada, por lo que las hemos denominado calles-patio. En la cabecera sur del eje principal se sitúa la plaza principal del barrio, que nace como un espacio público abierto y unitario, aprovechando los árboles existentes en el solar, y donde se disponen elementos de mobiliario urbano que definen diferentes estancias complementarias. Mientras, en la parte superior se realizan otras plazas menores, protegidas de los vientos y donde disfrutar del sol, constituyendo junto a los anteriores el sistema de espacios de relación del barrio.

Finalmente la calle principal se ve rematada por una actualización de la tipología del corral de vecinos tradicional, en donde se sitúan varias viviendas de una sola planta en torno a una plaza interior enlazada con el resto del barrio.

Todo el conjunto se ha cuidado, tanto en el tratamiento de los pavimentos (en ningún caso se ha utilizado asfalto por el calentamiento que produce al captar energía solar) como en los elementos de vegetación, considerando los efectos reductores de temperatura que ejercen, gracias a la sombra que proyectan, a la evaporación y a la absorción de gran cantidad de radiación.

Pero el signo definitivo del éxito de la intervención es, sin duda, la apropiación que los usuarios han hecho del barrio y de las casas, resultado de asumir claramente las necesidades reales y cotidianas, entre las que se ha cuidado el confort de la vivienda.

Esta apropiación se comprueba en una encuesta posterior, realizada por el SAB, sobre prácticamente el 100% de los casos, con niveles casi unánimes de satisfacción, valorándose la vivienda en general con una nota media de 7 puntos (sobre un máximo de 9) en sus diferentes aspectos (soleamiento, intimidad, estética, comodidad, distribución interna...) Los vecinos de las viviendas unifamiliares la califican, en más de un 70%, como "no fría en invierno" y tan sólo utilizan algún elemento de calefacción en el estar, cuando no encienden la chimenea, en el 98% de los casos. No utilizan luz artificial, durante el día, en ninguno de los casos. Y en verano, el 52% de los usuarios opinan que la vivienda no es calurosa, sin utilizar medios de refrigeración activa. (Estos datos son parte de los resultados de la encuesta sobre el nivel de uso y aceptación de las viviendas y el barrio).

Pero hay una comprobación más alegre: el orgullo con que los habitantes del barrio enseñan su casa a los visitantes, en su conocimiento intuitivo, pero impecable de su funcionamiento bioclimático.

Rafael Rascón Zarzosa

## 22 viviendas en Pozoblanco. Córdoba

<b>Promotor:</b>	<i>Consejería de Obras Públicas y Transportes Dirección General de Arquitectura y Vivienda</i>
<b>Equipo técnico</b>	
<b>Arquitecto:</b>	<i>Guillermo Yáñez</i>
<b>Arq. técnico:</b>	<i>Juan Calleja García</i>
<b>Asesoramiento:</b>	<i>Seminario de Arquitectura Bioclimática Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid</i>
<b>Fecha del proyecto:</b>	<i>1988</i>
<b>Fecha de ejecución:</b>	<i>1989-1993</i>



**Antecedentes**

El presente proyecto del año 1988, se realiza por encargo de la Dirección General de Arquitectura de la Consejería de Política Territorial de la Junta de Andalucía, a través de un convenio con la Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid. La actuación consiste en el proyecto y construcción de 22 viviendas unifamiliares de promoción pública donde, además de cumplirse las especificaciones propias (económicas y técnicas principalmente) de este tipo de viviendas, se ha tratado de adaptar la edificación al clima aplicando sistemas pasivos para adecuarlos tanto a las condiciones de invierno como de verano, reduciendo de esta manera el consumo energético.

**Descripción del solar**

El solar está situado en la zona sur del núcleo urbano, próxima a la salida de la carretera de Villaharta y a una zona verde junto a la ronda de la plaza de toros. Su forma es trapezoidal con una superficie de 5.772m<sup>2</sup>. De dicha superficie 379m<sup>2</sup> corresponden a la cesión obligatoria prevista en el Estudio de Detalle realizado al efecto para viales. El eje N-S es prácticamente paralelo a la diagonal mayor de dicho trapezoide. Tiene una pendiente que cae en la dirección N de aproximadamente un 7%, lo cual supone un cierto inconveniente para el soleamiento.

**Emplazamiento**

Mediante un Estudio de Detalle se propone una nueva parcelación con objeto de buscar una orientación más adecuada. Así se distribuye en cinco hileras, dos de dos viviendas y tres de seis

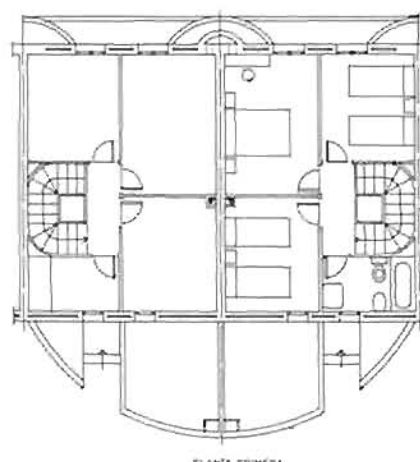
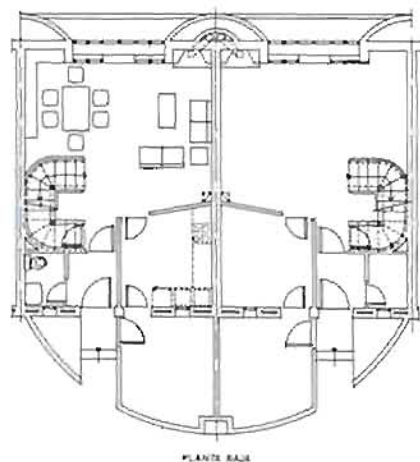
viviendas, todas ellas adosadas. La orientación de las mismas es S-E con una desviación acimutal de 17 grados. La separación media es de 10m consiguiéndose unos pequeños pasos peatonales de 2m dejando el resto para vegetación y patios con entrada a las viviendas.

**Viviendas: Programa funcional y cuadro de superficies**

Se define un tipo de vivienda desarrollado en dos plantas, situándose en planta baja las siguientes piezas: vestíbulo, pasillo, aseo, cocina, estar-comedor, trastero y escalera. En planta primera se sitúan las restantes, que son: tres dormitorios, baño y pasillo. Solamente se abren huecos a fachada sur (los de mayor superficie) y a fachada norte. Las fachadas este y oeste no tienen ventadas por ser las más desfavorables desde el punto de vista solar y térmico. El cuadro de superficies es el siguiente:

Planta baja:		Planta alta:	
Vestíbulo	2'51m <sup>2</sup>	Baño	4'74m <sup>2</sup>
Aseo	2'00m <sup>2</sup>	Dormitorio 1	12'04m <sup>2</sup>
Cocina	8'07m <sup>2</sup>	Dormitorio 2	9'07m <sup>2</sup>
Estar-Comedor	25'08m <sup>2</sup>	Dormitorio 3	9'83m <sup>2</sup>
Trastero	1'18m <sup>2</sup>	Pasillo	2'70m <sup>2</sup>
Escalera	3'70m <sup>2</sup>		
<b>Total útiles:</b>	<b>42'54m<sup>2</sup></b>	<b>Total:</b>	<b>38'38m<sup>2</sup></b>

Lo que hace un total de 80'92m<sup>2</sup> útiles por vivienda y una superficie construida de 99'96m<sup>2</sup>.



0.00 1.00

Las viviendas dispondrán de una sola entrada por la fachada norte a la que dan los patios de servicio, de forma semicilíndrica, protegiendo así la planta baja de los vientos de invierno. La superficie útil de dichos patios por vivienda se distribuye así:

Zona de entrada: 4'20m<sup>2</sup>. Zona de servicio: 9'02m<sup>2</sup>.

La superficie construida total del conjunto es de 2.199'12m<sup>2</sup>.

**Análisis bioclimático**

**Localización**

Pozoblanco está situado a una altitud de 649m, con una latitud de 38,23° N y una longitud de 4,51°W.

**Valores climáticos**

Los datos climáticos de Pozoblanco se resumen en la tabla 1. El tipo de clima es mediterráneo del subtipo continental matizado por su carácter montañoso debido a su elevada altitud. Sus características generales se resumen en:

- a) Veranos calurosos e inviernos fríos.
- b) Grandes oscilaciones de temperatura especialmente en verano.
- c) Intensa radiación solar especialmente en verano.
- d) Concentración de lluvias en invierno y marzo y sequía en verano.



**Verano**

Gran amplitud de la onda de temperaturas con una media de 15°C. Altas temperaturas diurnas que pueden alcanzar 38 y 40°. En julio y agosto la temperatura media máxima es de 34°C. Las noches son frescas entre 14 y 19°C. La humedad

**Tabla 1. Datos climáticos de Pozoblanco (Córdoba). Altitud: 649 m Latitud: 38° 23' N. Longitud: 4° 51' W**

	T	TM	Tm	A	R	H	C	D	I	T	DV	V
Enero	7,0	11,0	2,0	9,0	51	82			150	73	SW-NE	
Febrero	8,0	14,0	3,0	11,0	51					113		
Marzo	11,0	16,0	5,0	11,0	66					170	N.E	
Abril	14,0	20,0	8,0	12,0	48				240	225		
Mayo	17,0	24,0	11,0	13,0	43					250		
Junio	22,0	29,0	14,0	15,0	29					290		
Julio	27,0	34,0	19,0	15,0	5	50			400	300	sw-w	
Agosto	27,0	34,0	19,0	15,0	6					300		
Septiembre	22,0	28,0	16,0	12,0	21					245		
Octubre	17,0	23,0	11,0	12,0	46	64			200	140	SW	
Noviembre	10,0	15,0	6,0	9,0	51					87		
Diciembre	7,0	11,0	2,0	9,0	59					69		
Año	15,8	21,6	9,7	11,9	476	65	60	140		189	SW	4,2

T: Temperatura media  
 TM: Temperatura media de máximas  
 Tm: Temperatura media de mínimas  
 A: Amplitud u oscilación diaria de la temperatura  
 R: Precipitación media anual en mm  
 H: Humedad relativa  
 C: Número medio de días cubiertos  
 D: Número medio de días despejados  
 I: Número medio de días de sol al mes (hrs.)  
 T: Radiación solar total (W/m<sup>2</sup>)  
 DV: Dirección dominante del viento  
 V: Velocidad media (m/seg)



relativa entre 30-40% y 80-90% en la noche. El viento es relativamente fuerte aumentando desde la mañana llegando al máximo por las tardes. Declina gradualmente, aunque manteniendo cierta velocidad en la noche, hasta cesar en la madrugada. Variando de sudoeste en la mañana a noroeste en la tarde.

#### Invierno

Las temperaturas medias mínimas se mantienen por encima de los 0°C, si bien se han alcanzado algunos días valores por debajo de -5°C. El promedio de lluvias llega a alcanzar los 59mm<sup>3</sup> mensuales. El viento en invierno del NE, frío.

Tabla 2. Grados-día para Pozoblanco (Córdoba) 15/15

MESES	DÍAS	T.med	T.Rel	DIF.	G-D
Enero	31	7	15	-8	-248
Febrero	28	8	15	-7	-196
Marzo	31	11	15	-4	-124
Abril	30	14	15	-1	-30
Mayo	31	17	21	2	62
Junio	30	22	21	7	210
Julio	31	27	21	12	372
Agosto	31	27	21	12	372
Septiembre	30	22	21	7	210
Octubre	31	17	21	2	62
Noviembre	30	10	15	-5	-150
Diciembre	31	7	15	-8	-248
Año					292
Calefacción					990
Refrigeración					1.288

#### Carta psicométrica. Diagnóstico térmico.

Si llevamos los datos de temperatura y humedad relativa a una carta psicométrica de Givoni veríamos que en los meses de junio, julio, agosto y septiembre, sólo en horas intermedias de la mañana y la tarde hay confort en el exterior a la sombra. Los meses de abril, mayo y octubre, sólo en horas de mayor temperatura (15-16 horas) y cerca de ellas hay confort; el resto del día las condiciones son frías. Los demás meses del año se precisa calefacción todo el día.

Así podemos decir que en invierno (enero, febrero, marzo, abril, noviembre y diciembre) las condiciones exteriores no son nunca confortables, hace frío. En verano (junio, julio, agosto y septiembre) las noches son confortables, pero durante el día el calor es sofocante. Mientras que en mayo y octubre las condiciones diurnas son de confort y las noches son frías. Durante el día el confort se puede lograr sin ventilación con temperaturas internas que no superen los 27°C. No es conveniente la ventilación diurna por dos razones: La entrada de una masa de aire caliente del exterior y la penetración de polvo.

Por otra parte si diferenciamos las necesidades diurnas y nocturnas de calefacción, podemos decir, según los datos de temperaturas, que aproximadamente hay seis meses de calefacción diurna que son: enero, febrero, marzo, abril, noviembre y diciembre. El resto de los meses respectivos son meses de confort diurno y nocturnos. En la figura se han representado los meses de enero, julio y octubre. En la tabla 2 se representan los grados días para Pozoblanco.

#### Actuación para el verano.

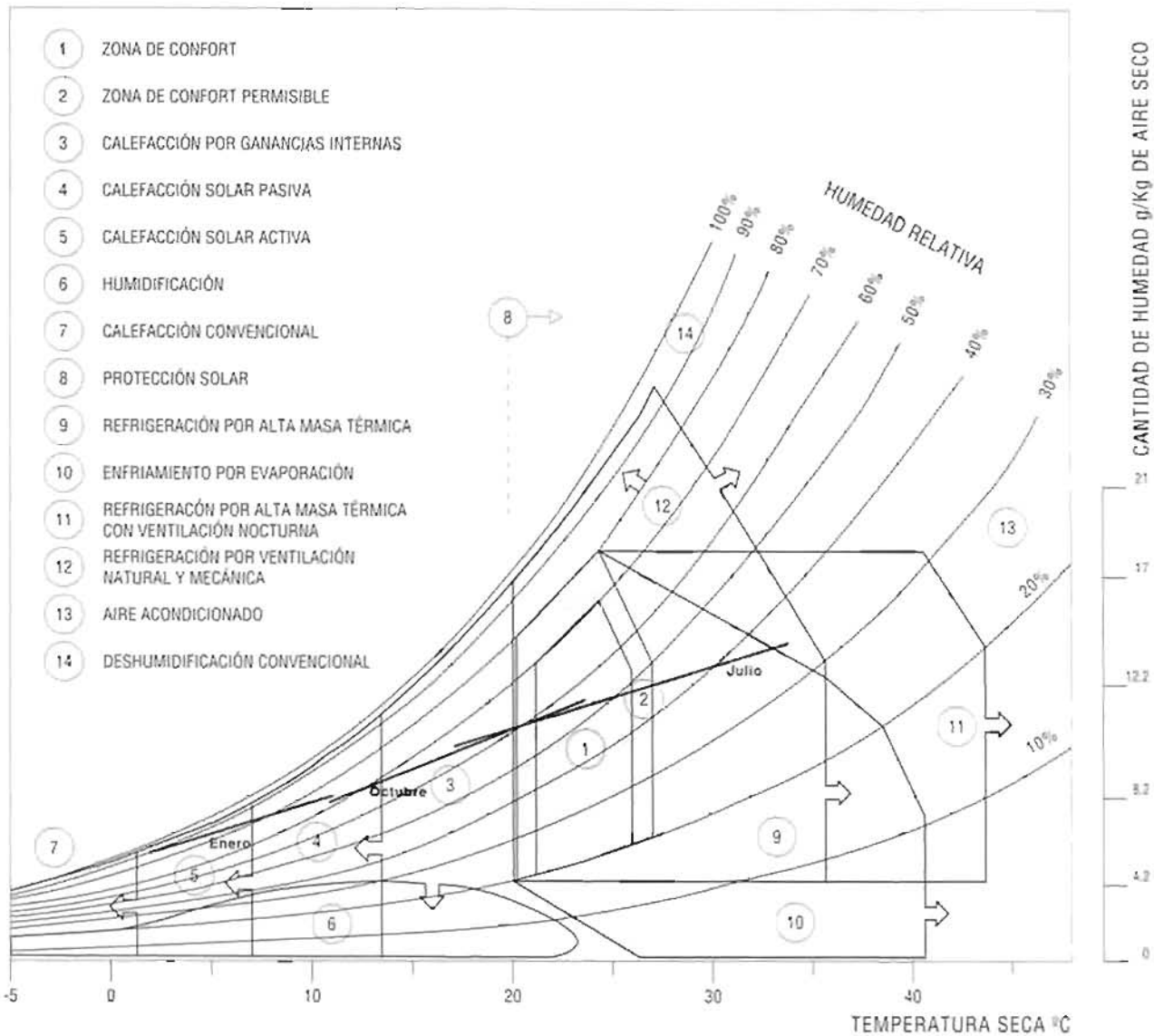
En verano se deben cumplir dos objetivos fundamentales:

- Reducir 8°C la temperatura interior con respecto a la exterior.
- Proveer ventilación nocturna cuando las temperaturas exteriores descienden hasta los niveles de confort.

Para ello es preciso diseñar y construir una edificación que tenga una capacidad térmica y una velocidad de calentamiento durante el día mínima y al mismo tiempo una alta velocidad de enfriamiento durante la noche. Esto último, aparentemente contradictorio, se puede lograr principalmente con ventilación selectiva.

Durante el día, las ventanas deberán permanecer cerradas y las persianas estarán parcialmente echadas para reducir la entrada de calor y sólo los materiales de la envolvente incidirán en el menor o mayor calentamiento. Por la noche se deberán abrir las ventanas para mejorar las condiciones de enfriamiento con ventilación nocturna.

La inercia térmica, por otra parte, contribuye a una transmisión retardada del calor con lo que se conseguirían unas temperaturas más altas en el interior por la noche y más bajas durante el día.



### Características constructivas

La construcción es de tipo tradicional con muros de carga de ladrillo de un pie perpendiculares a las fachadas, forjados unidireccionales de viguetas semirresistentes de hormigón con bovedillas cerámicas. Las cubiertas son a dos aguas con teja árabe. Sobre el forjado de cubierta y entre los tabicónes se coloca manta de fibra de vidrio de 4 cm de espesor.

Los cerramientos estarán formados por un muro compuesto de 1/2 pie de fábrica de ladrillo perforado enfoscado en sus dos caras, cámara aislada con poliestireno expandido de 4 cm y tabique interior de ladrillo hueco doble guarnecido y enlucido de yeso. Los muros curvos de gran inercia que estarán enfoscados por ambas caras e impermeabilizados, se rellenan con grava y tierra seca.

Toda la vivienda se solará con terrazo. El suelo de planta baja se aislará con placas de poliestireno extrusionado de alta densidad de 2 cm. La carpintería exterior será de chapa plegada. El

acristalamiento es de doble vidrio 4 + 6 + 4 mm de espesor excepto en cristalera móvil que es de 6 mm. En dormitorios y cuarto de estar los huecos llevan persianas. La construcción es de inercia térmica alta.

### Aspectos bioclimáticos del diseño

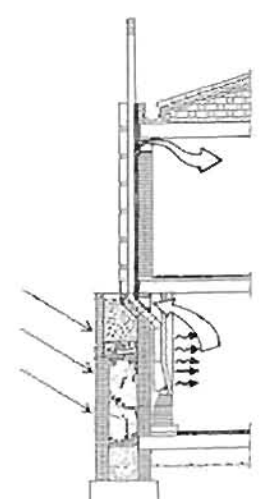
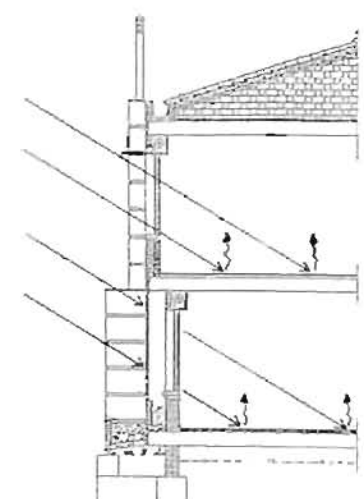
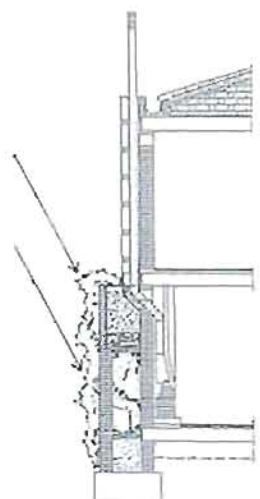
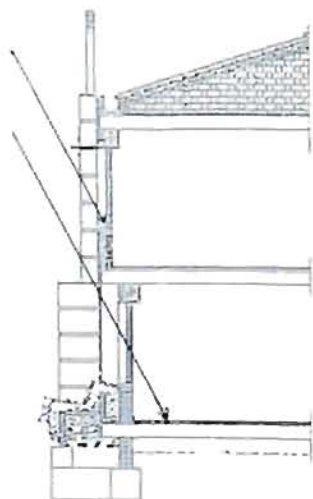
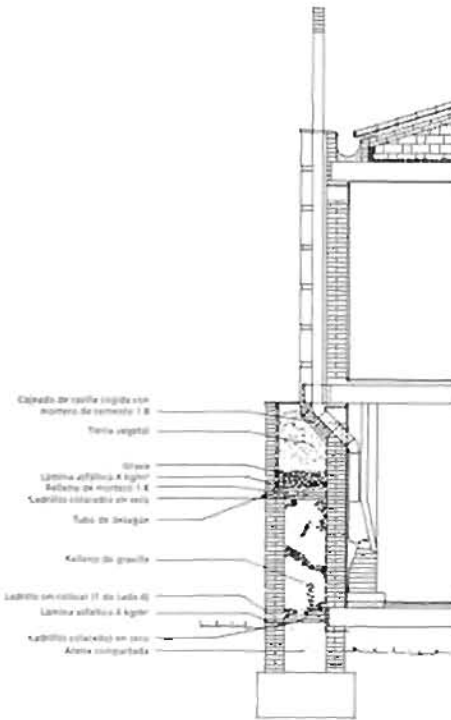
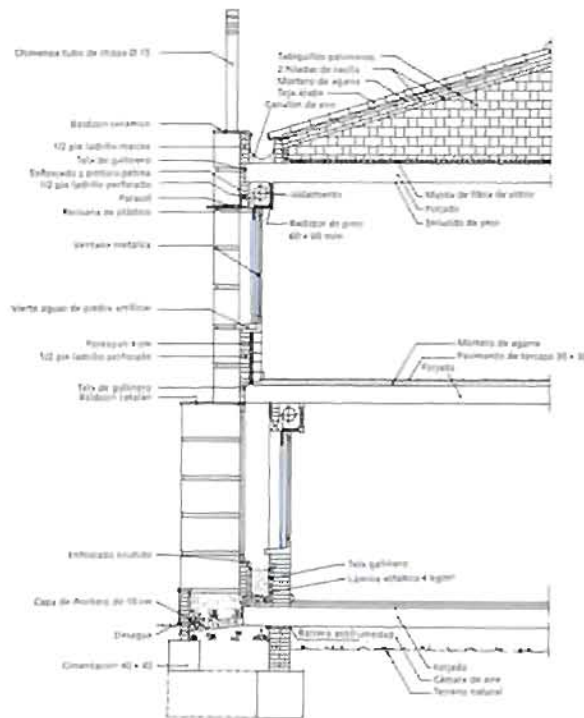
Pozoblanco, situado en la sierra, presenta necesidades contradictorias entre el invierno y el verano e incluso entre el día y la noche, y por tanto precisa de calefacción y refrigeración pasivas. Ello obliga a introducir ciertos aspectos de flexibilidad y movilidad en los huecos.

En verano cuando las oscilaciones de temperatura durante el día son mayores, se requiere una adecuada masa térmica, ventilación selectiva y protección solar. Incluso conviene humidificar el entorno y mejorar la refrigeración por radiación nocturna. En invierno, por el contrario, se hace necesaria la calefacción pasiva por energía solar con un buen aislamiento térmico.

Con la orientación propuesta, las fachadas sur pueden obtener un aprovechamiento importante de la energía solar incidente en invierno mediante la ganancia directa en las ventanas altas y mediante un invernadero móvil en planta baja, al que dan otras dos ventanas del cuarto de estar. En efecto, la cristallera se abre en verano y se cierra en invierno. Una propuesta que creemos interesante en este proyecto es la importancia que se le da a la inercia térmica para lo que se han diseñado en la fachada sur unos depósitos acumuladores térmicos en forma cilíndrica que pueden servir de soporte a una vegetación de hoja caduca que dé sombra en el verano.

Al ser estos depósitos cilíndricos están rematados por las chimeneas de los cuartos de estar que incluyen un sistema natural de recuperación de calor.

La fachada sur de la planta baja al llevar doble carpintería tiene doble acristalamiento, si bien en verano se reduce a simple al abrirse la cristallera móvil. Con el objeto de distribuir el calor solar obtenido en la zona del cuarto de estar, se prevé la circulación del aire caliente en forma natural por el resto de la casa mediante el hueco de la escalera, accediendo así a las habitaciones superiores que en el invierno serán las más desfa-



vorables. Para el diseño de las ventanas se ha tenido en cuenta el tipo de hueco utilizado tradicionalmente en Pozoblanco, donde predomina la altura sobre el ancho, permitiendo una mejor penetración de rayos solares.

A este mejor aprovechamiento solar colabora el diseño integral de la vivienda (dentro de las limitaciones económicas) donde se han realizado diversas operaciones de diseño a este fin, tales como: tratamiento diferenciado de huecos en las dos fachadas, ubicación de los servicios en la fachada norte, vestíbulo que puede actuar de barrera térmica en el invierno, adecuado aislamiento, etc.

Se ha tenido en cuenta el comportamiento en el verano utilizando colores claros en fachadas, previendo una adecuada ventilación cruzada entre las fachadas norte y sur. Además en esta última fachada los huecos llevan unas viseras para la protección solar. Se ha previsto también colocar en el forjado de la cubierta encima del aislamiento térmico una barrera a la radiación infrarroja que reduzca la ganancia de calor en la misma al ser ventilada.

Por otra parte la aplicación de vegetación de hoja caduca en la fachada sur contribuye a mejorar el microclima en el entorno inmediatamente exterior de las viviendas.



### Cálculo del ahorro energético en calefacción

En la tabla 3 se expone el resumen del cálculo de las aportaciones de energía solar por ganancia directa en ventanas altas y en el invernadero móvil de planta baja, en relación a las necesidades de calefacción. El resto de las necesidades de calefacción

se cubren con una chimenea tradicional y con calefacción convencional eléctrica. El cálculo se ha realizado para dos viviendas adosadas con alta inercia térmica \*.

\* Cálculo facilitado por la Sección de Nuevas Energías del Departamento de Industria y Energía de la Generalitat de Cataluña.

**Tabla 3. Dos viviendas adosadas con inercia térmica alta**

MES	Tem. Ext. (°C)	Tem. Int. (°C)	Tem. solar (°C)	Total Perdida (kWxh)	Total Ganancia (kWxh)	Ren. %	Gananc. útiles (kWxh)	Calef. adición. (kWxh)	Fracción Gratuita %
Enero	6'5	18	8'8	4560	905	100	905	3655	19'8
Febrero	8'4	18'1	10'8	3438	854	98	833	2606	24'2
Marzo	10'6	18'2	13'0	2934	941	91	860	2075	29'3
Abril	13'6	18'4	15'7	1689	815	80	653	1035	38'7
Mayo	17'4	19'4	19'4	238	787	30	238	0	100'0
Octubre	17	19'5	19'5	397	988	40	397	0	100'0
Noviembre	10'4	18'2	12'8	2917	926	92	851	2065	29'2
Diciembre	6'8	18	8'9	4441	813	100	813	3628	18'3

Volumen habitable: 406m<sup>3</sup>  
Superficie habitable: 156m<sup>2</sup>  
Temperatura confortable: 18°C

Pérdidas térmicas: 20.614 kWh  
Aportaciones gratuitas: 5.549 kWh

Calefacción adicional: 15.065 kWh  
Fracción gratuita: 26,9%



## 16 viviendas en Sanlúcar de Barrameda. Cádiz

<b>Promotor:</b>	<i>Consejería de Obras Públicas y Transportes. Dirección General de Arquitectura y Vivienda</i>
<b>Equipo técnico</b>	
<b>Arquitecto:</b>	<i>Manuel Laffarga Osteret</i>
<b>Aparejadores:</b>	<i>Manuel de Cárdenas Mansfeld J. Manuel Fernández-Pujol Martínez</i>
<b>Asesoramiento:</b>	<i>Seminario de Arquitectura Bioclimática. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla</i>
<b>Fecha del proyecto:</b>	1991
<b>Fecha de ejecución:</b>	1993-1994

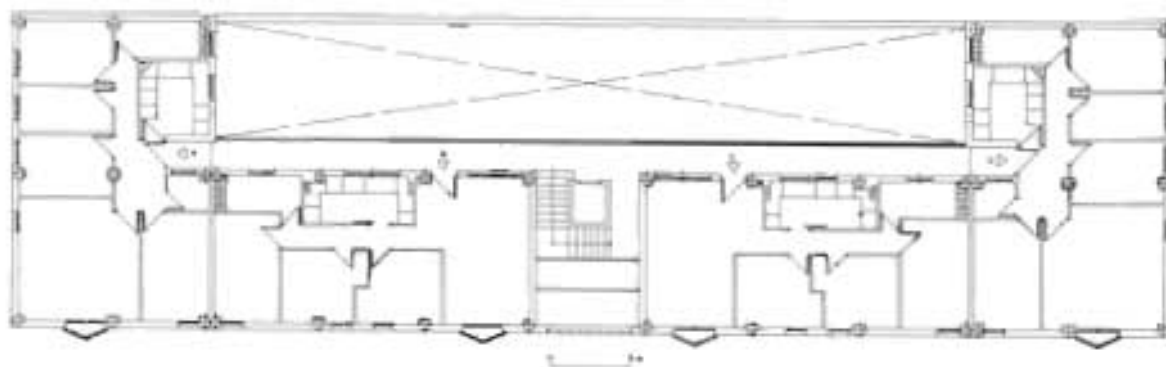
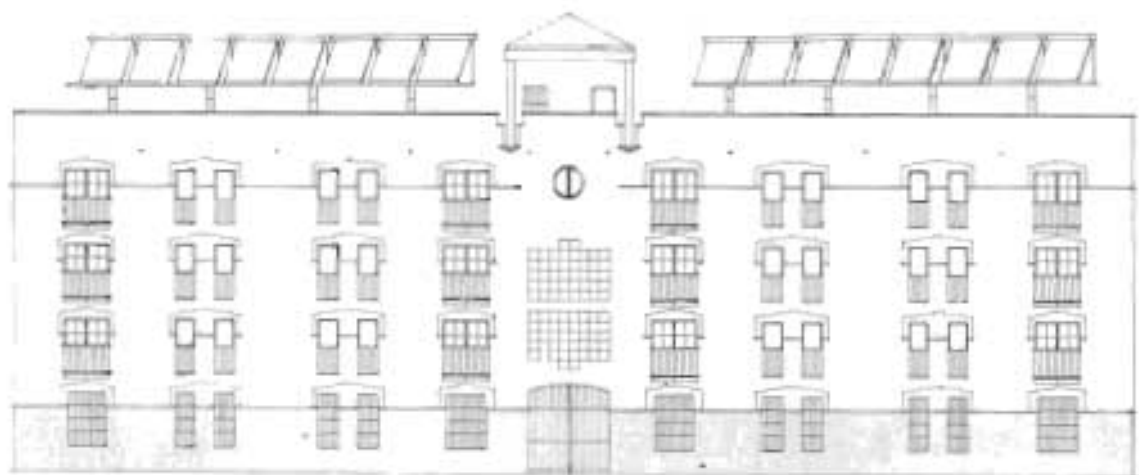
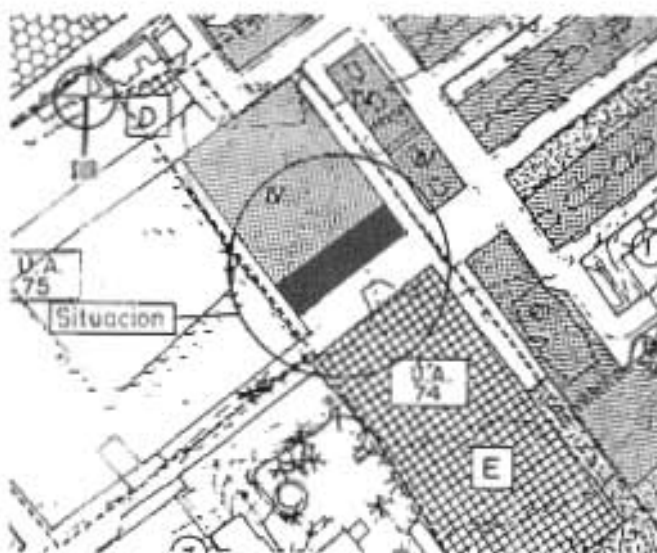


El proyecto se realiza por un convenio establecido entre la Consejería de Obras Públicas y Transportes y la Escuela de Arquitectura de Sevilla, para el Estudio de Viviendas Bioclimáticas en tres climas diferentes de Andalucía. Este proyecto se desarrolla para clima marítimo.

En Sanlúcar de Barrameda el clima es mediterráneo-oceánico, con vientos predominantes del Atlántico. Por su situación geográfica y la escasez de nubosidad resulta ser la zona de mayor insolación de Europa. Una elevada humedad relativa, temperaturas suaves y precipitación anual oscilante entre 500 y 600mm caracterizan este clima.

El paisaje urbano en que se sitúa el proyecto, lo forman edificios recientes de viviendas que responden a la tipología de edificación colectiva entre medianeras, definiendo frentes de fachadas continuos sobre la alineación exterior, como manzana cerrada de cuatro pisos. Un elemento singular de este paisaje, es la ladera que baja desde el Alto de las Cuevas frente a estas viviendas, así como una zona cercana de repoblación forestal que confieren al lugar un carácter abierto. Desde la cima a la altura de las azoteas se puede divisar el cauce del Guadalquivir próximo a su desembocadura y al fondo el Coto de Doñana.

La parcela de terreno quedó definida en la U.A. 74 cedida al Ayuntamiento, como borde sur de una de mayor tamaño. Se le asignaron 16 viviendas. Superficie de 500m<sup>2</sup> con 43,50m y 13,50m de lados.



La edificación se concibe alrededor de un patio de manzana, con tres fachadas exteriores, de planta en forma de U que posibilita la vivienda con doble fachada.

La circulación general se organiza tomando como base el modelo de galerías abiertas al patio. En el centro y dentro del vestíbulo de entrada se sitúa el núcleo vertical de ascensor con la escalera desarrollada a su alrededor. Este espacio de tres alturas, a su vez articula la relación calle-patio, como transición de espacios de uso común, público-privado. La azotea como es tradicional en la comarca es accesible y está dotada de tenderos. Junto al patio y galerías constituye un conjunto de espacios abiertos de utilización muy frecuente en este clima.

Las viviendas de 4 y 3 dormitorios se adaptan al programa de VPO, situándose cuatro por planta. Su tipología es la de doble fachada con circulación central. Los dormitorios y sala se abren a las fachadas exteriores y los núcleos de servicio y cocina a las fachadas que dan al patio.

Para controlar el clima de un modo natural, el proyecto se apoya en una planta en forma de U que posibilita la alternativa de abrirse a dos orientaciones, con las ventajas que se derivan: aire a distinta temperatura, radiación solar-sombra, dando preferencia a la orientación sur. Se instalan ventanas interiores correderas, que con las balconeras pueden regular la corriente que se genera por el salto térmico del aire caldeado en una fachada y frío en el patio.

La reducción de pérdidas aparejada al consumo de energía ha obligado a una minuciosa colocación del aislamiento evitándose en lo posible los puentes térmicos. Se ha individualizado el control de cada vivienda interponiendo aislamiento entre ellas, lo que permite además una apreciable amortiguación sonora al ruido por impacto.

Se han incorporado al proyecto dos elementos de la arquitectura popular que de forma natural atenúan el clima en su manifestación adversa y que aplicados históricamente en la casa tradicional sanluqueña han contribuido decisivamente a formar su imagen. Estos elementos sintetizados se diseñan para su aplicación empleando procedimientos y materiales actuales.

El primer elemento es la marquesina sobre balcón, especie de tejazoz, de la que cuelga una cortina de esparto como protección de la radiación solar, pero que es permeable al aire. El segundo elemento es el cierre con doble acristalamiento sobre la fachada que si recibe radiación solar se comporta como un invernadero.

En el proyecto se ha colocado una marquesina dimensionada fundamentalmente para los huecos orientados al mediodía de modo que en función de la inclinación solar permita proteger de la radiación solar en las estaciones cálidas, dejando sin embargo que si llegue en el invierno. La permeabilidad al aire se consigue utilizando chapa taladrada, impidiéndose su estratificación por la colocación de doble chapa con cámara de aire intermedia, cuya diferencia térmica entre cara superior e inferior activa la evacuación de aire cálido.





El cierre doble, en las salas, protegido con la marquesina, abierto en verano actúa como balcón. En invierno, cerrado y penetrando la radiación solar, se comporta como un invernadero que trasfiere calor a la vivienda.

Justificado por la radiación solar directa disponible prácticamente en todo tiempo, se ha dotado a cada vivienda de un panel solar con termo acumulador de 200l como apoyo de un calentador modulante de butano, para la producción de agua caliente. Se trata de una instalación que no requiere un especial mantenimiento, por tratarse del sistema termosifón que asegura la circulación del agua caliente sin mecanismo alguno.

El resultado formal del proyecto es explícito de la propuesta que se hace al ofrecer un bloque de viviendas encajado en un determinado entorno, y para un clima concreto, en cuya concepción ha sido primordial el control del clima y el ahorro energético, empleando procedimientos sancionados por la experiencia popular. La incorporación de elementos tradicionales con un lenguaje de hoy, en resumen, proporciona la imagen del proyecto.

## 49 viviendas en San Pedro de Alcántara. Málaga

<i>Promotor:</i>	<i>Consejería de Obras Públicas y Transportes. Dirección General de Arquitectura y Vivienda</i>
<i>Equipo técnico</i>	
<i>Arquitectos:</i>	<i>Margarita de Luxán G. de Diego Flavio de Celis D'Amico Ernesto Echevarría Valiente</i>
<i>Arq. técnicos:</i>	<i>Ricardo Tendero Caballero Rafael Gallardo Núñez</i>
<i>Fecha del proyecto:</i>	<i>1991</i>
<i>Fecha de ejecución:</i>	<i>1991-93</i>



La realización de este edificio surge a partir de un Convenio entre la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía y la Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid.

El propósito de la Consejería, dentro de la política general de la promoción pública de viviendas, es el de fomentar estudios y proyectos dirigidos a evaluar y promocionar técnicas y diseños acordes con los climas andaluces; en esta idea de identificar edificación y clima, se ha realizado la actuación denominada "Viviendas en Clima Mediterráneo en Andalucía", consistente en el estudio medioambiental de una parcela situada en el litoral mediterráneo, y el posterior proyecto y construcción de un edificio en el que se aprovecharan las especiales condiciones de estas situaciones.

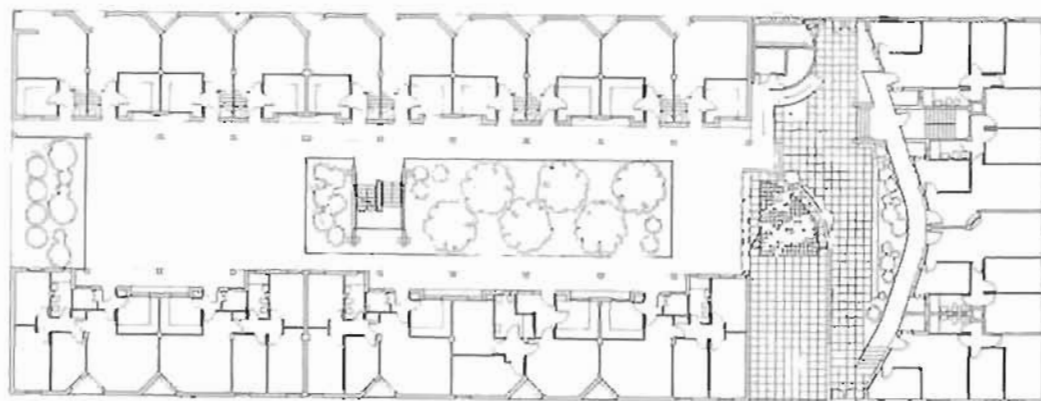
Este propósito se ha plasmado en la realización del proyecto y obra de 49 viviendas experimentales con la tipología de bloque en San Pedro de Alcántara, Málaga.

El trabajo ha sido realizado por el Seminario de Arquitectura Integrada en su Medio Ambiente (SAIMA) de la Escuela de Arquitectura de Madrid, en un equipo pluridisciplinar en el que

han participado arquitectos, profesionales en física, botánica y geología, y estudiantes de los cursos finales de Arquitectura.

La premisa para realizar este proyecto ha sido la consideración de que los edificios bioclimáticos o energéticamente conscientes, no son tanto el resultado de una aplicación de técnicas específicas, como del sostenimiento a una lógica, dirigida hacia la adecuación y utilización de las condiciones medioambientales, mantenida durante el proceso de planeamiento y diseño de la forma arquitectónica; sin perder para nada el resto de las implicaciones: constructivas, funcionales, estéticas, etc. presentes en la reconocida como buena arquitectura, incluyendo los aspectos económicos, siendo el presupuesto con el que se ha contado para su construcción el mismo que el del resto de las viviendas de Promoción Pública dentro de la Comunidad de Andalucía.

En este contexto, y aparte de tener que cumplir la normativa vigente sobre densidad y altura de la edificación, las viviendas experimentales de San Pedro de Alcántara están diseñadas tratando de sacar el mejor provecho de las capacidades del medio en los aspectos de: captación solar, refrigeración natural, variaciones estacionales, así como la especificidad en la elección de



los materiales y detalles constructivos, y en la creación y tratamiento vegetal de los espacios de uso al aire libre.

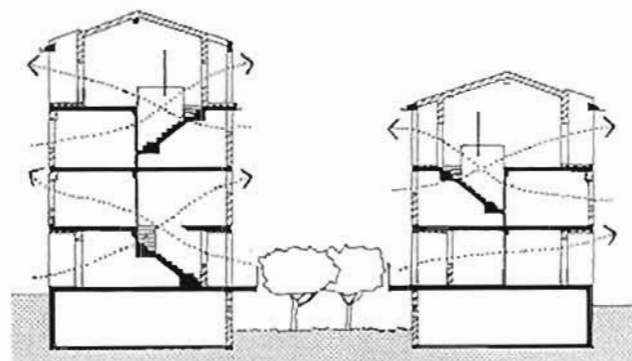
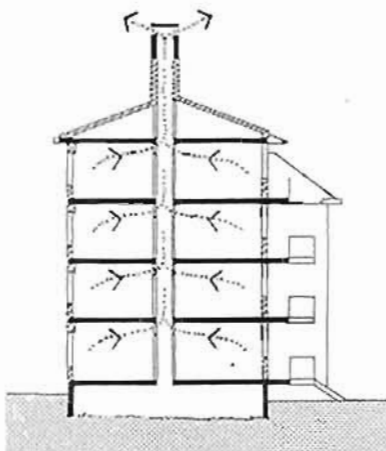
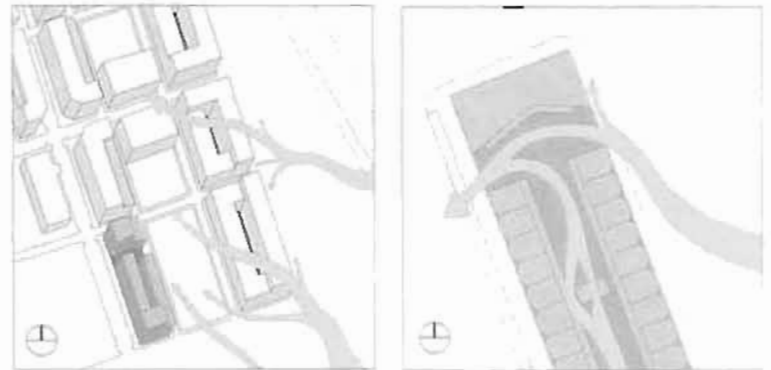
Los estudios climáticos indicaban la necesidad de distintos aprovechamientos estacionales, y fundamentalmente de refrigeración en verano. La volumetría general del conjunto se ha diseñado, por tanto, para aprovechar el régimen estacional de vientos y brisas. Los dominantes en la zona son los siguientes:

- Terral: proviene del N.O., del interior, de carácter seco y racheado, se alterna con el levante en régimen de brisas y vientos.
- Poniente: proviene del Atlántico, de carácter húmedo y templado.
- Levante: proviene de S.E.; de carácter húmedo y fresco se alterna con el terral en régimen de brisas dominando en las horas diurnas.
- Sur del Estrecho: proviene de Tarifa, produce temporales.

En la parcela, las sierras que cubren el frente norte obstruyen el paso del terral, elevándolo e impidiendo que el régimen de vientos y brisas resulte tan claro, y existen edificaciones que cortan el poniente, así pues, los vientos que actúan sobre la edificación son el sur en verano y el levante durante todo el año. Es la acción de este último viento, dominante en verano, la que se ha buscado para la refrigeración, adecuando la volumetría de la edificación para su aprovechamiento.

Todas las viviendas se desarrollan como mínimo con dos orientaciones opuestas en las fachadas, facilitando las ventilaciones cruzadas por diferencia de temperatura entre ellas. En las viviendas tipo duplex se incrementa el efecto con la ventilación que se establece entre los dos niveles.

El edificio se trata con soluciones de arquitectura solar pasiva, con captación directa a través de ventanas captoras. Ha





El edificio ha sido proyectado creando diversas condiciones, que permiten distintas propuestas de adecuación solar pasiva y afectan a varios tipos de vivienda en cada bloque: viviendas de dos dormitorios en una sola planta en el bloque norte, viviendas de tres dormitorios en dúplex en los bloques este y oeste, con porches y con galerías emparradas, que están en torno a un patio en el que se encuentran espacios abiertos comunicados, soleados y sombreados con varios tipos de tratamiento vegetal.

Efectuada una simulación del comportamiento energético (usando el programa computerizado S3-PAS) se puede anticipar que, en julio, cuando las condiciones de calor son más críticas, las viviendas captan un 58% menos de radiación solar que las equivalentes convencionales; esta mejora se consigue con materiales comunes y fundamentalmente por el tratamiento de la forma de la envolvente de la edificación.

El problema del máximo aprovechamiento de la superficie edificable, que dificulta usar muros de cerramiento gruesos de elevada inercia térmica, ha llevado a estudiar los suelos como elementos captadores acumuladores.

En orden a conseguir una mejor inercia térmica, han sido considerados 14 tipos distintos de composición de forjados, estudiando su comportamiento térmico, el factor económico (coste por m<sup>2</sup>), y el estructural-económico (evaluación de cargas sobre estructura portante y cimentación).

Se ha establecido una distinción entre elementos aislantes y elementos acumuladores del calor, situando los primeros en la piel del edificio: fachadas y cubiertas, y los segundos en el interior: forjados y pavimentos, escaleras interiores de hormigón y paredes de división entre viviendas.

Se han diseñado elementos específicos, nuevos, para este proyecto, como son unas chimeneas solares de refrigeración, que aspiran el aire caliente acumulado en la zona alta de las habitaciones y que se autorregulan estáticamente por su forma y orientación, para una acción de aspiración en los meses de mayor calor.

También se ha diseñado y fabricado un bloque aislante conjunto para dintel de la ventana y capialzado de la persiana que abarata y simplifica la ejecución de estos elementos y elimina el cargadero sobre el hueco, minimizando los problemas de puentes térmicos entre ellos.

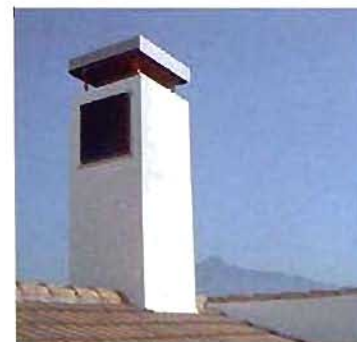
En el trabajo es interesante la metodología seguida, recogida en un amplio "anexo bioclimático", adjunto al Proyecto, que abarca desde el estudio de la situación medioambiental global y la justificación completa de la forma del conjunto edificado, hasta la elección pormenorizada y razonada de los materiales y el diseño específico de este campo de los elementos constructivos.

La investigación se ha dirigido de modo que pudiera realizarse con medios sumamente económicos y sencillos, para que las soluciones que aporta puedan incorporarse en las promociones de viviendas de promoción pública sin mayores costos que los habituales.

A continuación, y sobre unas secciones transversales esquemáticas, se comentan una serie de soluciones que están resueltas desde una óptica medioambiental, numeradas en orden a su situación en el plano, no a su importancia dentro del diseño:

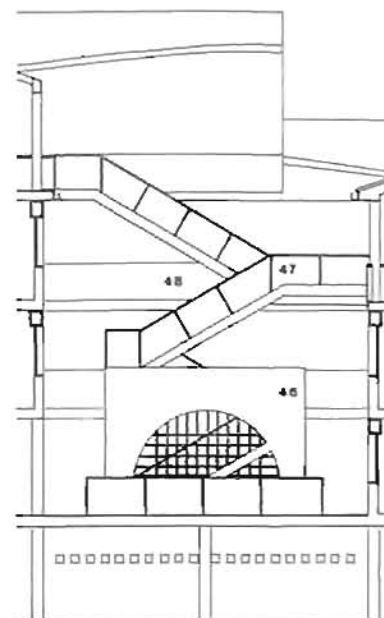
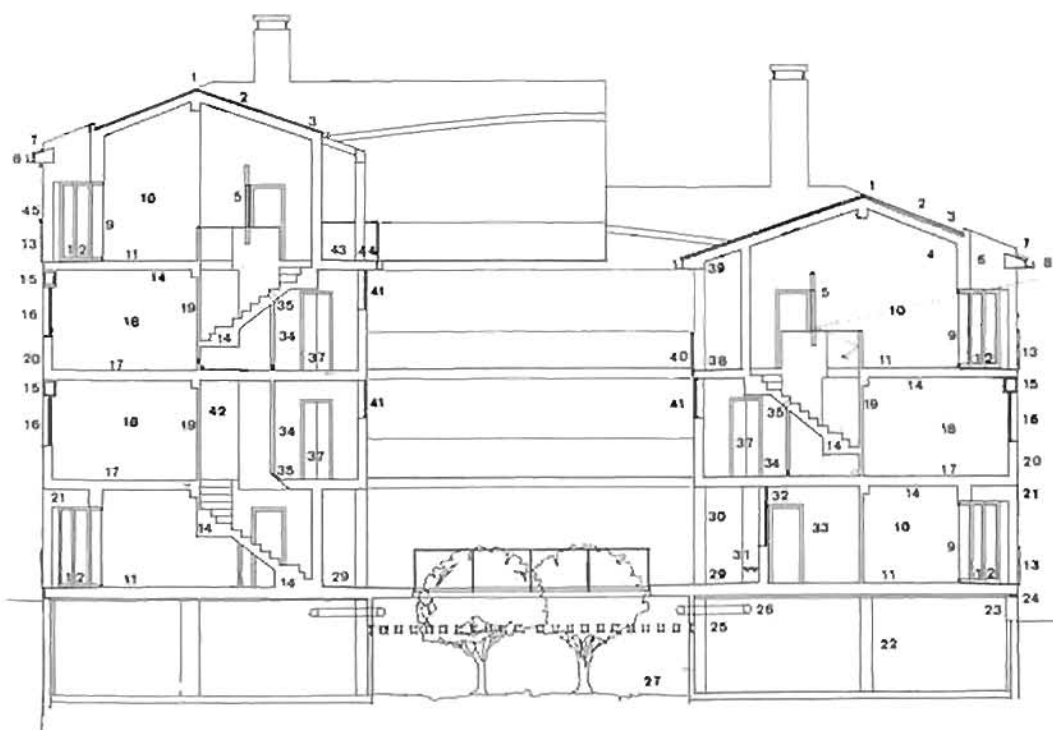
- 1 Dirección del solape de las tejas de cumbrera en el sentido del viento dominante.
- 2 Elección de cubierta de teja de tipo mixta romana de hormigón, de piezas grandes y pesadas para evitar su movimiento con vientos fuertes. Las tejas son de tono claro, ya que en invierno el sol es rasante sobre los planos de cubierta y no llega a calentarlos, y en verano, con soleamiento vertical absorben menos calor, mitigando el recalentamiento de la cubierta; cabría irse a un tono casi blanco, para aumentar la reflexión, pero en este caso el hecho de que algunas viviendas tengan vistas sobre las cubiertas de otras, ha llevado a escoger un tono que evite el deslumbramiento en las viviendas altas, esto unido a la textura porosa del material matiza la reflexión de la luz.

- 3 El forjado de cubierta se resuelve con vigueta autoportante de hormigón y bovedilla de poliestireno expandido con aleta que recubre el ala inferior de las viguetas, evitando los puentes térmicos entre la estructura y los espacios interiores.
- 4 La ubicación de los cuartos de estar de los duplex en la planta superior, permite el aprovechamiento de la forma de la cubierta para tener mayor altura y volumen de aire del habitual, lo que mejora el confort en zonas cálidas; la intercomunicación de espacios amplía la posibilidad de creación de corrientes de ventilación y la sensación de amplitud en viviendas de superficie reducida.
- 5 El tabique colgado sobre la escalera impide la visión directa de la estancia desde el vestíbulo y la embocadura de la escalera, y permite el efecto de chimenea para ventilar la planta de dormitorios. Actúa además de difusor de la luz natural sobre el hueco de la escalera.
- 6 El muro de fachada se quiebra formando pequeñas terrazas descubiertas triangulares, buscando una mejor orientación hacia el sur para colocar la ventana captora en cada estancia, que además emboca mejor el aprovechamiento de las brisas del mar.
- 7 La cornisa, que es viga estructural plana, protege del soleamiento más vertical del estío, y da marcada continuidad a la imagen formal de conjunto de los bloques.
- 8 El canalón de chapa es grande, de sección horizontal; unido a la cornisa estructural es recto, sin quiebros en toda



su longitud, y aumenta el efecto de sombreado en verano sobre los huecos captoras y las fachadas.

- 9 Las ventanas más grandes, en las estancias, actúan como captoras; están acristaladas con Cimalit 4.6.4, que tiene una ganancia solar del 76%. Se ha realizado un estudio sobre la incidencia del soleamiento en cada uno de los tipos de hueco del conjunto.
- 10 El soleamiento directo que atraviesa la ventana captora en invierno, incide en la pared de división entre viviendas (que por cumplimiento de la normativa de aislamiento acústico debe tener una masa considerable) siendo esta pared, de 1/2 pie de ladrillo macizo, la de mayor inercia térmica y capacidad de acumulación dentro de la tabiquería interior del edificio.
- 11 El pavimento de las estancias, de terrazo oscuro, ayuda en la captación de energía solar en la zona de estancias en



- invierno, cuando recibe el soleamiento, y atenúa el exceso de luz por radiación difusa en verano.
- 12 El mismo terrazo oscuro en el exterior, en la terraza, evita el deslumbramiento cuando el sol es más vertical en verano y no atraviesa la ventana captora. La continuidad del pavimento con la de la estancia las suma visualmente.
  - 13 El antepecho de terraza, de chapa perforada, permite el paso de la brisa y la circulación del aire; por su inclinación diagonal respecto a la dirección del viento y su perforación, 50%, actúa como filtro para parte de la arena que a veces trae en suspensión el viento componente sur.
  - 14 La posibilidad de manejar elementos de marcada inercia térmica en el interior de la vivienda, específicamente en los forjados, se ha desarrollado como estudio comparativo; en este caso se ha escogido un forjado de canto elevado con bovedilla de hormigón y semivigueta con capa de compresión de hormigón.
  - 15 El problema de infiltraciones de aire y puentes térmicos en los capialzados, se ha salvado con el diseño especial de un "bloque aislante conjunto para capialzado y caja de persiana", que elimina el cargadero de fábrica.
  - 16 La normativa señala el uso de persianas en los dormitorios, se han escogido enrollables exteriores para evitar en verano el efecto invernadero en los huecos no captadores. La superficie es la mínima permitida, ya que la radiación difusa exterior da una iluminación suficiente durante todo el año.
  - 17 Los pavimentos en locales con ventanas no necesariamente captoras y menos soleadas, son de colores claros, para ayudar a la penetración de la luz natural hacia el fondo de las habitaciones.
  - 18 Las paredes, también claras, ayudan a la iluminación y sensación de espacio mayor en los dormitorios de dimensiones reducidas.
  - 19 En los dormitorios, la posición en paredes opuestas de ventana y puerta, permite la ventilación cruzada en las habitaciones, ayudada por el efecto de tiro de la escalera con las puertas abiertas si fuera necesario.
  - 20 El muro de cerramiento, para no consumir edificabilidad, es estrecho con enfoscado sobre 1/2 pie de ladrillo macizo, pero suficientemente aislado con poliestireno expandido y tabique de ladrillo hueco con yeso al interior. En este tipo de clima, la solución de cámara de aire vacía en el interior del muro produce condensaciones en algunos momentos del año; para poder evitarlas, las cámaras deberían de tener ventilaciones tan fuertes que llegarían a producir corrientes en su interior, lo que las minimizaría como aislantes térmicos.
  - 21 Las estancias en planta baja se abren a terrazas cubiertas con condiciones similares de orientación a las de la planta alta.
  - 22 El garaje se construye por exigencias normativas y actúa como cámara ventilada.
  - 23 El garaje tiene ventilación directa al exterior por la calle este, la de mejor orientación para ser barrida por las brisas diarias. Los huecos, sin carpintería, están protegidos con el mismo material de los antepechos de terraza.
  - 24 La posición de los huecos de las ventanas de las estancias de planta baja, retrasados respecto a los del garaje, las protege de la salida directa de los humos.
  - 25 Para minimizar el gasto energético en iluminación, el garaje tiene en el muro piezas de pavés fijas que permiten una iluminación natural uniformemente repartida desde los patios ajardinados.
  - 26 Por la adecuación al tipo de terreno, con problemas para una cimentación económica, todas las instalaciones posibles: saneamiento, redes eléctricas, iluminación de los espacios abiertos, agua, riego, etc., van colgados de la edificación.
  - 27 El movimiento de tierras es mínimo; se aprovechan los niveles naturales del terreno y el tipo de suelo en la capacidad de sus distintas capas.
  - 28 La vegetación, su posición, su porte, tipo de hoja, comportamiento estacional, color, olor, etc., se han estudiado con detalle para cada área del patio, según sus condiciones de soleamiento y distintas necesidades zonales.
  - 29 El acceso a las viviendas en planta baja se realiza por porches abiertos protegidos del sol en verano.
  - 30 El que todos los accesos y escaleras sean abiertos minimiza el gasto en iluminación aprovechando la luz diurna.
  - 31 En los porches y corredores de acceso a las viviendas hay bancos realizados con piezas autoportantes de soporte de cubiertas, de hormigón prefabricado, para aprovechar las buenas condiciones exteriores que se crean en el patio ajardinado en buena parte del año.
  - 32 Las ventanas de las cocinas están estudiadas para evacuar el aire caliente de la parte alta sin crear necesariamente corrientes a nivel del plano de trabajo ni en los fuegos de cocina.
  - 33 En las cocinas, puerta y ventana no están en paredes opuestas, sino contiguas, para eliminar corrientes.
  - 34 Se ha replanteado el modo de uso y las condiciones de los tendederos para el clima mediterráneo marítimo, en el que el grado de humedad puede ser notable. Transportar sin ascensor la ropa a azoteas tampoco parece cómodo. Se ha concluido situar el tendedero en cada vivienda, cerca del baño, considerando dos situaciones de los tendederos: en sombra o soleados.



- 35 En los dúplex los tendederos aprovechan el hueco bajo/sobre la escalera
- 36 En los cuerpos A y B, los tendederos están la mayor parte del año en sombra; en estas ocasiones pueden tomar aire seco del interior de la vivienda
- 37 Aprovechan la dotación de agua y saneamiento de los baños contiguos.
- 38 El acceso por el corredor de planta 2ª del bloque B está cubierto, de modo que el sol penetra hasta la fachada en invierno calentando ésta y el suelo del corredor, y no penetra en verano
- 39 El vuelo de la cornisa al patio se comporta igual que la del exterior, y complementa la función expresada anteriormente.
- 40 El antepecho de chapa perforada en el mismo plano de la fachada, homogeneiza la radiación difusa en el patio, sin cortar la circulación del aire a través de ella, y unifica la composición del patio, protegiendo de vistas la parte baja del corredor.
- 41 En los locales húmedos: baños y tendederos, donde puede darse mayor problema de conservación de las carpinterías, se coloca carpintería de hormigón, como no son lugares de estancia continuada, y además no tienen problemas de recalentamiento por su situación, para conseguir mejor uso se colocan a haces exteriores del muro.
- 42 En la vivienda dúplex se pueden establecer corrientes de aire verticales forzadas por diferencia de presión y entre fachadas opuestas en sol y en sombra.
- 43 El corredor de acceso a planta 3ª del bloque A está descubierto, pero emparrado, el emparrado está compuesto por



las mismas viguetas del forjado de cubierta, eliminando las bovedillas y dejando solo las viguetas autoportantes hasta la viga de borde.

- 44 Para ampliar la superficie de estancia al aire libre se aprovecha el vuelo de la cornisa de 2ª planta, que marca la sección el patio, perceptivamente de proporciones cuadradas desde la planta de acceso
- 45 Las ventanas captoras y terrazas en planta alta y orientación oeste, están protegidas por una celosía cuyas posiciones y particiones están especialmente diseñadas para adecuarse a las distintas condiciones climáticas a lo largo del año, a fin de reflejar hacia el interior el soleamiento o matizarlo.
- 46 Escalera, diseñada de modo que no impida la circulación del aire a su través. No llega a tocar el resto de la construcción en las plantas con dormitorios.

- 47 La escalera se desarrolla abierta y con elementos de poca inercia térmica.
- 48 Divide lo menos posible las condiciones climáticas de las distintas zonas del patio, permitiendo una homogeneización de las temperaturas del mismo.

Esta obra ha sido presentada en la Tercera Conferencia Europea sobre Arquitectura "*Solar Energy in Architecture and Urban Planning*" y publicada por la Comisión de la Comunidad Europea.

En la actualidad, y ya en uso, está siendo monitorizada por el Instituto de Energías Renovables del CIEMAT, dentro de los programas de Evaluación de edificios: Monitorización y Análisis Energético, como parte de proyectos I+D.

También forma parte de las obras de arquitectura recogidas por el Programa PASCOOL de la Unión Europea, programa de I+D de técnicas pasivas para el acondicionamiento térmico de edificios en condiciones de verano.

## 25 viviendas en Cúllar. Granada

**Promotor:** *Consejería de Obras Públicas y Transportes.  
Dirección General de Arquitectura y Vivienda*

**Equipo técnico**

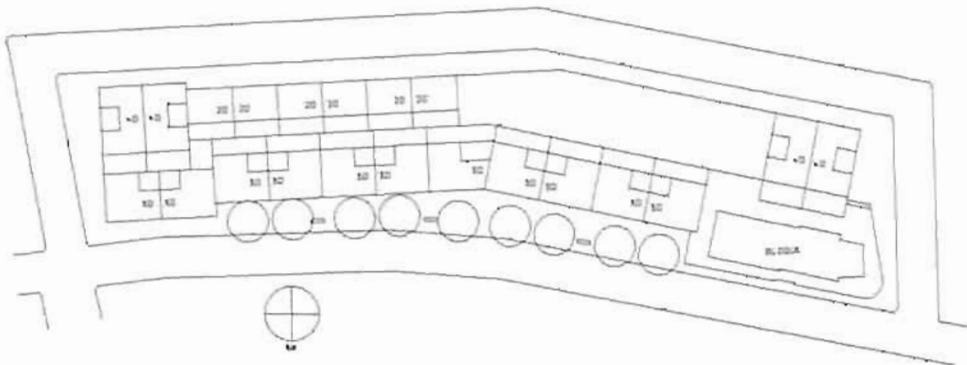
**Arquitecto:** *José Pérez de Lama Halcón*

**Arq. técnico:** *Ramón Eloy Gómez Ferro*

**Asesoramiento:** *Seminario de Arquitectura Bioclimática.  
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla*

**Fecha de proyecto:** *1993*

**Fecha de ejecución:** *En fase de construcción*

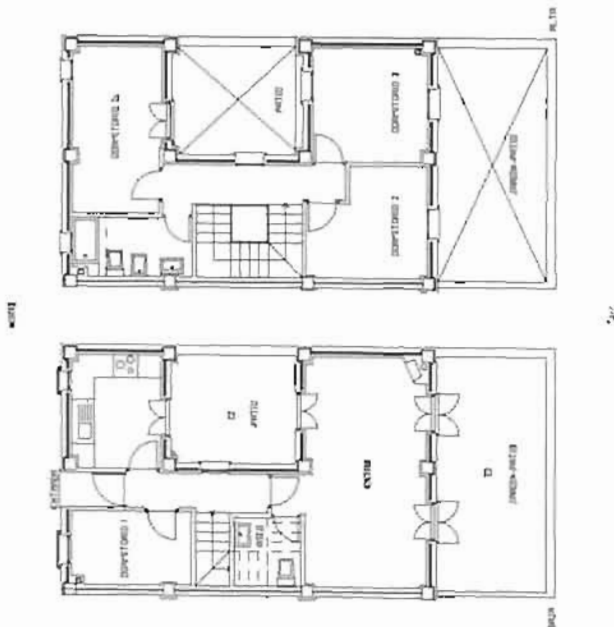


Este trabajo tiene varios matices que enriquecen sumamente el Proyecto en la medida que sobre un mismo solar se desarrollan varias tipologías: vivienda unifamiliar adosada con patio y viviendas en bloque. Todas ellas diseñadas inteligentemente desde el punto de vista bioclimático.

La razón de esta actuación era desarrollar el Convenio entre el COPT y el Seminario de Arquitectura Bioclimática para el estudio de una vivienda estrictamente urbana y por tanto plurifamiliar. A la vista de la realidad del solar, situado a las afueras de Cúllar, en transición entre el campo y la ciudad, la mejor solución urbana era la de vivienda unifamiliar, pero manteniendo los objetivos del Convenio se opta por una propuesta que combina la anterior tipología con un bloque de viviendas en el extremo del solar más próximo al núcleo urbano a modo de remate visual del conjunto. El bloque tiene dos alturas, las



SECCION II - III (A Corredor-Norte)



mismas que el resto de la promoción y que las edificaciones del entorno inmediato. De esta manera se ha intentado satisfacer dos demandas proyectuales divergentes.

Cúllar, situado en la comarca de Guadix y Baza, tiene un clima subtropical-semiárido de montaña, según define el estudio bioclimático. Se caracteriza por dominar el periodo invernal, con vientos fríos de componente N/NE. Por el contrario en verano se alcanzan los 32.6°C de media máxima y los vientos dominantes son de S/SO. La humedad relativa es media-baja con tormentas frecuentes.

Analizando los principales factores externos, en primera aproximación, el método más eficaz y económico para conseguir las condiciones de confort, en el periodo estival, lo constituye la combinación de inercia térmica y ventilación nocturna, junto a la protección frente a la radiación solar. Puntualmente, se pueden incorporar los efectos de la radiación nocturna y la evaporación (riego, vegetación).

En cambio, en invierno es necesario enfatizar al máximo las ganancias solares, sin olvidar las necesidades de aislamiento térmico.

El solar es una parcela alargada de forma aproximadamente rectangular, con sus lados mayores en orientación N-S, y pendiente de carácter descendente en sentido N-S y O-E. Se sitúa en el sector noroeste de Cúllar, en las inmediaciones del campo de fútbol.

Las Normas Subsidiarias de Cúllar no definen tipología edificatoria para la zona de actuación.

Lógicamente, dada la morfología de la parcela y la necesidad de establecer un bloque plurifamiliar, se desarrollaron varias soluciones de 2, 3 y 4 dormitorios, dentro de la tipología de unifamiliar adosada, con pequeñas variaciones entre sí, de modo que todas pudieran disfrutar de niveles de confort similares.

En el lado de mediodía de la ordenación se proyecta un ensanchamiento del acerado que da lugar a un paseo, que constituirá un pequeño espacio de estancia exterior para el nuevo conjunto. El paseo se equipa con bancos y arbolado de porte alto. La orientación y el arbolado de hoja caduca determinarán que el lugar sea habitable tanto en invierno como en verano. Adicionalmente, el arbolado proyectará sombra sobre la edificación durante el periodo sobrecalentado.

Una peculiaridad del proyecto desde el punto de vista urbano consiste en que en la banda de edificación que se sitúa al norte no se produce la tradicional identificación entre fachada captadora y fachada principal. La fachada a la calle de las viviendas de 2 y 4 dormitorios que se sitúan en esta zona es su fachada norte lo que da ocasión a una relación hueco macizo muy similar a la de la arquitectura popular. Por contra, en los patios se disponen las fachadas captadoras con un proporción de huecos mucho mayor. Este recurso de cambiar la tipología de las viviendas da una mayor flexibilidad a la hora de proyectar nuevas estructuras urbanas, que aun siendo evidente, ha sido poco empleada hasta el momento.

El bloque se organiza en dos plantas, con dos viviendas por planta de dos dormitorios, según un esquema sencillo de

doble crujía, con sus fachadas principales en orientación N-S, situándose las estancias principales a mediodía y los espacios secundarios en la parte norte, actuando como protección del resto de la vivienda y posibilitando la ventilación cruzada y el control térmico.

Es evidente que los dormitorios y el estar suman bastante más fachada que la cocina y el baño, por lo cual se ha utilizado el recurso de maclar la zona de escaleras (colocada en el eje del bloque) con la crujía norte de la edificación. En el otro lado se ha aprovechado el estar para dar un tratamiento emblemático a la esquina, formalizándola como remate del bloque en directa relación con el entorno urbano.

La zona de entrada y escaleras se trata como un espacio abierto orientado al sur, protegido de los vientos fríos e iluminación natural (desde el acceso y cenitalmente). En verano está protegido de la radiación solar y es capaz de captar las brisas frescas para actuar como enfriador pasivo, por convección, del núcleo central del bloque.

Las viviendas unifamiliares de 4 dormitorios recrean el tipo de la vivienda-patio, considerando que este elemento, correctamente diseñado, se convierte en un eficiente sistema de control ambiental (un mal diseño empeora notablemente las condiciones climáticas de la vivienda). La combinación de dos patios, como se propone en el proyecto, hace posible la ventilación inducida por el viento y, además, en determinadas ocasiones (como en las noches de verano) crea diferencias de temperatu-

ra entre los distintos patios produciendo movimiento de aire sin necesidad de viento. Se ha cuidado en el proyecto el permitir una óptima captación de radiación solar en invierno, la configuración de los dos patios hace que la vivienda tenga dos fachadas al sur lo cual permite situar a mediodía la sala de estar, tres dormitorios y la cocina que sería poco menos que imposible en una vivienda compacta.

En verano es necesario proteger los patios mediante velas, como se muestra en los esquemas de funcionamiento bioclimático, para evitar el excesivo calentamiento, y disponer plantas que por evapotranspiración refresquen el ambiente del patio. La vela ha de situarse elevada sobre la coronación del patio para favorecer que los vientos externos succionen el aire caliente interior. Es, por tanto, el patio el corazón de estas casas y origen de su confort, al aglutinarse en torno a él las estancias de ambas plantas.

Las viviendas unifamiliares de dos y tres dormitorios constan de dos crujías con los espacios principales a mediodía. En ambas, los patios se conciben como continuación de las habitaciones, lugares de estancia exterior. El lenguaje de la arquitectura combina lo popular y lo industrial, ofreciéndose al futuro habitante como materia prima para la personalización de la propia casa.

Rafael Rascón Zarzosa  
José Pérez de Lama

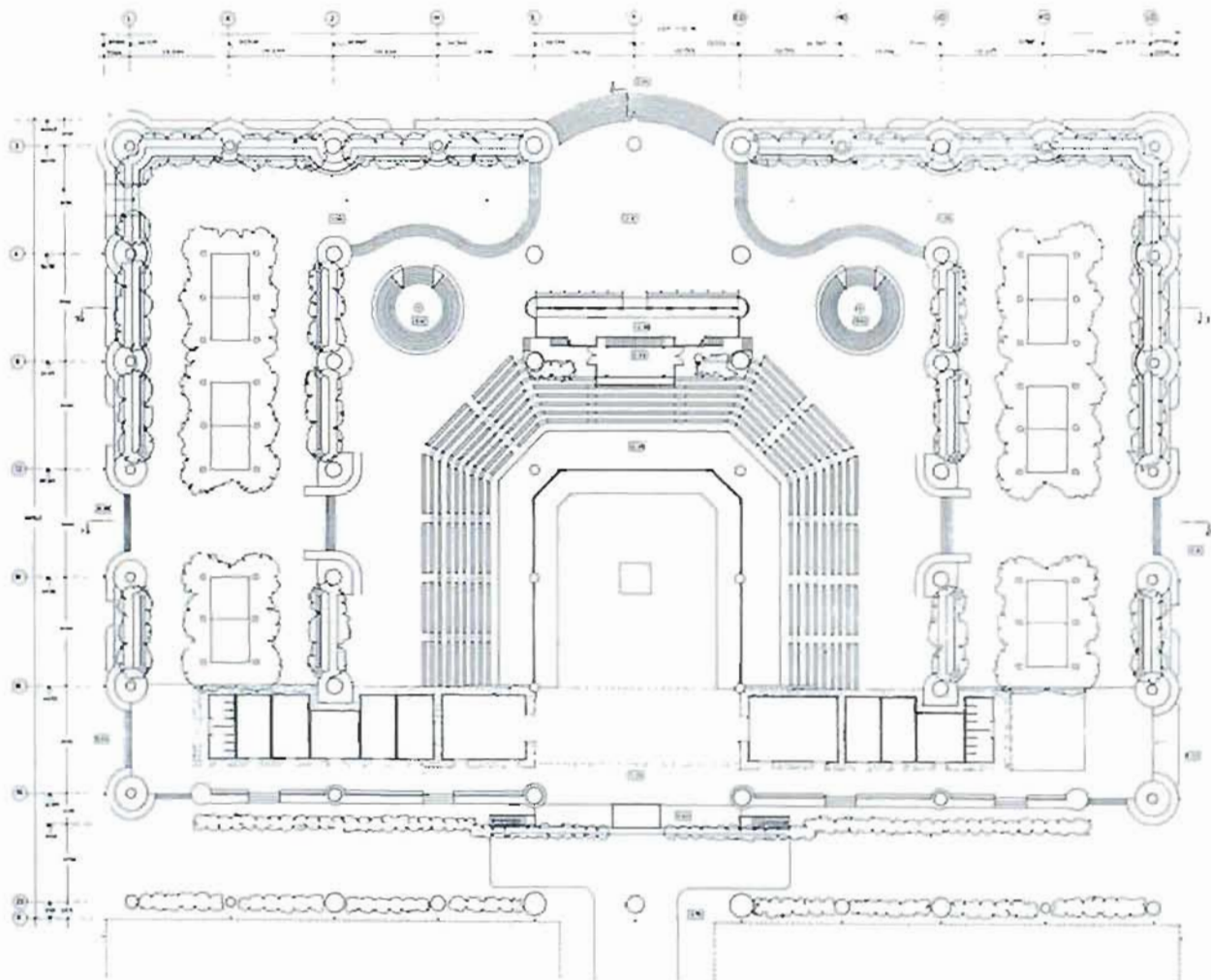
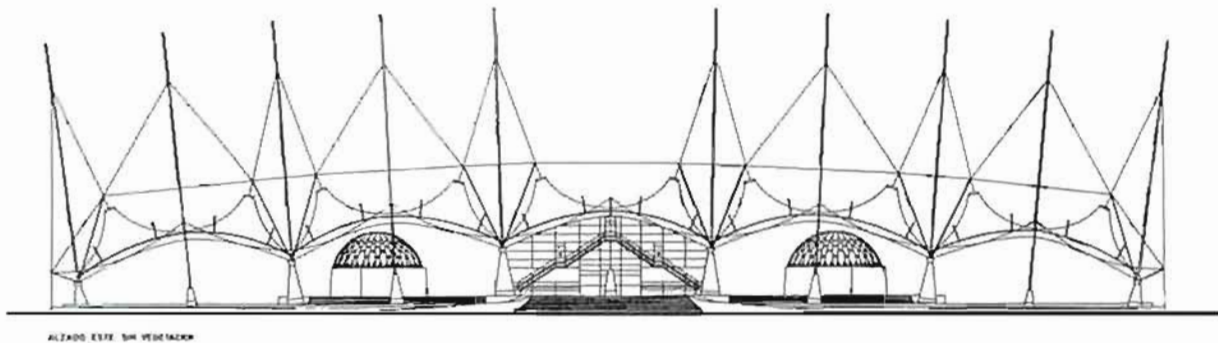
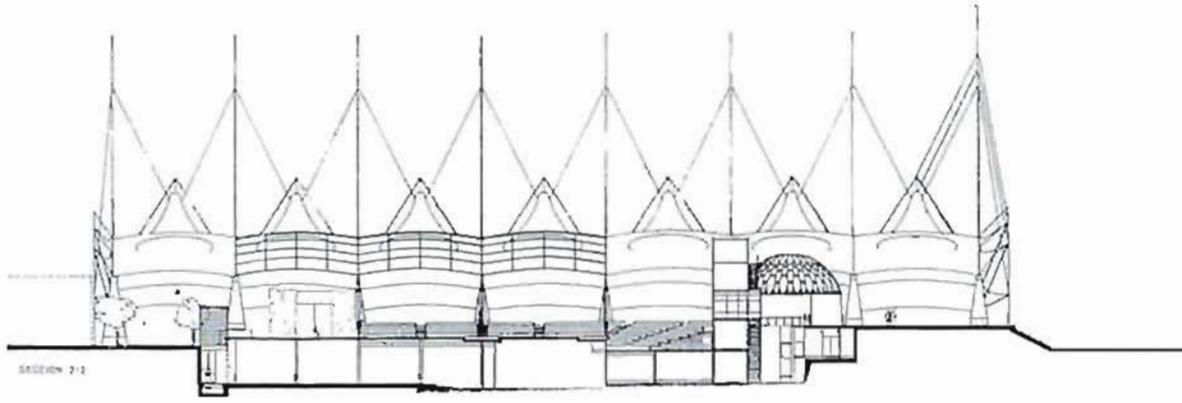


## Un edificio abierto:

### El Palenque, espacio multifuncional Sevilla

*Promotor:* Sociedad Estatal Expo'92  
*Equipo técnico*  
*Arquitectos:* José Miguel de Prada Poole  
*Aparejador:* Miguel Ángel del Pozo  
*Arquit. colaborador:* Roberto Goycoolea Prado  
*Fecha de ejecución:* 1991







Parece una cubierta, pero no lo es. Esta es sólo parte de un sistema del control climático y espacial general. Parece una plaza pero tampoco lo es en sentido estricto.

Es más bien un edificio público que posee una cubierta, un cerramiento, abierto pero difícilmente franqueable, constituido por fuentes, unas "puertas" claramente definidas (principales y de servicio), planta de administración e instalaciones, salas de prensa, y un complejo sistema de control, como cualquier edificio de oficinas inteligente, que comprende climatización, iluminación, seguridad, información y monitorización del entorno, teléfonos, telefax, conexión con el circuito de fibra óptica que liga este espacio con el resto de los edificios y pabellones, etc.

Es en realidad un edificio sin fachada. Un edificio en el que no existe ruptura entre exterior e interior. O como algunos críticos prefieren, para no tener que revisar los conceptos sobre lo que es un edificio: un lugar público (¿plaza?) con todo tipo de servicios informáticos, abierto por los cuatro costados pero con un microclima controlado (inteligente) que aprovecha las brisas naturales y, para alcanzar sus objetivos, se apoya en la creación de una nube cibernética de agua pulverizada.

En este proyecto, se han incorporado formalmente como parte integrante de la arquitectura, todos aquellos elementos que, de una u otra manera, sirven para lograr el microclima propio del recinto. Fuentes, árboles y vegetación, pavimentos y cubier-

tas, no son sólo elementos arquitectónicos, sino parte de las instalaciones de climatización del edificio, ya que sin ellos sería imposible alcanzar el objetivo propuesto.

Desde el punto de vista más meramente arquitectónico, otro aspecto fundamental del Palenque ha sido la luz. En la creación de este espacio en el cual los fondos gaseosos del agua pulverizada, la luz difuminada de las membranas, que emana de todas partes y que niega, en cierta medida, la sombra de los árboles, y los surtidores que continúa y suavemente cambian de forma, todo está pensado para contribuir a crear un cierto aire de irrealidad.

Estas sensaciones espaciales se acentúan por la noche, cuando la nube se ilumina desde dentro; cambiando del malva pálido al rosa (los colores del atardecer), y cuando desde el exterior, láseres de colores trazan sobre ella dibujos y señales que intentan seducir y atraer a la gente a este lugar de reposo y diversión.

Aunque parece lo que no es y no es lo que parece, pretende ser un prototipo, una experiencia, que sirva de ensayo para muchos de los edificios públicos del siglo XXI.

Una estrategia múltiple basada en circunstancias locales.

Para el mejor aprovechamiento de los recursos energéticos, el conocimiento de las circunstancias locales es fundamental.

En el caso del Palenque, proyecto diseñado para la Exposición Universal de Sevilla del 92 y primer edificio abierto climatizado, la estrategia se ha fundamentado en un exhaustivo estudio de las circunstancias locales, con un análisis en profundidad de las variaciones de la radiación directa, difusa, humedad relativa, velocidad del viento y temperatura del aire, por horas del día, y para cada día medio del mes, y cada mes tipo del año.

De este modo se han evidenciado curvas de intensa variabilidad a lo largo del día-noche, así como diferencias mensuales y estacionales, que en muchos casos al ser muy acusadas han permitido establecer estrategias de transferencia de calor o frío de la noche al día o viceversa, aprovechando de forma muy ventajosa circunstancias que los valores medios que habitualmente se manejan son incapaces de reflejar. El análisis de estas fluctuaciones es importante, porque puede revelar como inoperantes estrategias que de otra manera creeríamos eficaces.

Por ejemplo, en Sevilla, durante los meses más calurosos, en contra de lo que habitualmente se estima, la humedad relativa sólo es alta durante la noche (ascendiendo hasta el 85-90%) mientras que durante el mediodía no llega a alcanzar el 35%. Entretanto la temperatura puede caer, en la madrugada, hasta los 22°C (durante el día se alcanzan los 40°C) facilitando así la transferencia de calor del día a la noche y aprovechar ésta para su disipación.

Por otro lado, en el área de La Cartuja, e incrementándose de forma directamente proporcional al ascenso de la temperatura

diurna, se produce una brisa de origen térmico, no inferior a 1'5 m/sq. Circunstancia ésta que contribuye a paliar, acelerando la evapotranspiración de la piel de los usuarios del recinto, los efectos causados por aquélla.

Vemos por tanto favorecida, en este análisis, la idea del uso de un enfriamiento adiabático del agua de los estanques y del aire ambiente, por lo que, si hubiera existido durante el tiempo del enfriamiento una humedad relativa alta, como parecía el caso, hubiera sido contraproducente. De la misma manera, vemos primada la idea del uso del ciclo día-noche para enfriar superficies de pavimentos y bancos, mediante transferencia ambiental de calor durante la noche, hasta bajarlos hasta los 22°, utilizándolos como paneles radiantes de frío (absorbiendo calor), durante parte del día, aprovechando su inercia térmica.

A partir de la observación de que en la Naturaleza la radiación solar es reducida por las nubes, que sirven también de estabilizador térmico (aunque con un comportamiento realmente complejo), la idea que surgió fue la de crear una "nube" artificial regulable, sobre la plaza y también rodeando su base, como elemento central de la composición y eje de la creación y control del microclima.

El objetivo de esta masa de agua pulverizada era cuádruple:

- 1 Controlar la radiación sobre las cubiertas y la plaza, mediante el control de la densidad de pulverización, con bombas de caudal variable (pudiendo reducir la radiación sobre el Palenque entre el 0 y el 85%, dependiendo de la densidad de la "nube").
- 2 Enfriar adiabáticamente esta misma masa de agua, que recogida se almacenaría en el estanque regulador, que sirve a la vez de distribuidor al resto de las fuentes, teniendo así un suministro de agua "preenfriada".
- 3 Evitar la polución de las cubiertas, a la vez que se reduce la temperatura de las mismas, con lo cual el efecto en cascada es, a su vez, doble: las lonas de las cubiertas, al ensuciarse, incrementan notablemente su capacidad de absorción de la radiación visible, reenviando ésta sobre el público en forma de radiación infrarroja, sin embargo al enfriarlas por debajo de la temperatura ambiente, se transforman en absorbentes netos del infrarrojo radiado por los cuerpos de los usuarios, los cuales experimentan la sensación de "pared fría", con la consiguiente reducción de la sensación de calor.
- 4 Incrementar este efecto de forma notable, ya que, con la "nube" superior, aumentamos la masa térmica del panel radiante "frío", situándolo en una posición de privilegio, sobre las cabezas y los cuerpos de los espectadores (la lona es perfectamente permeable al infrarrojo).

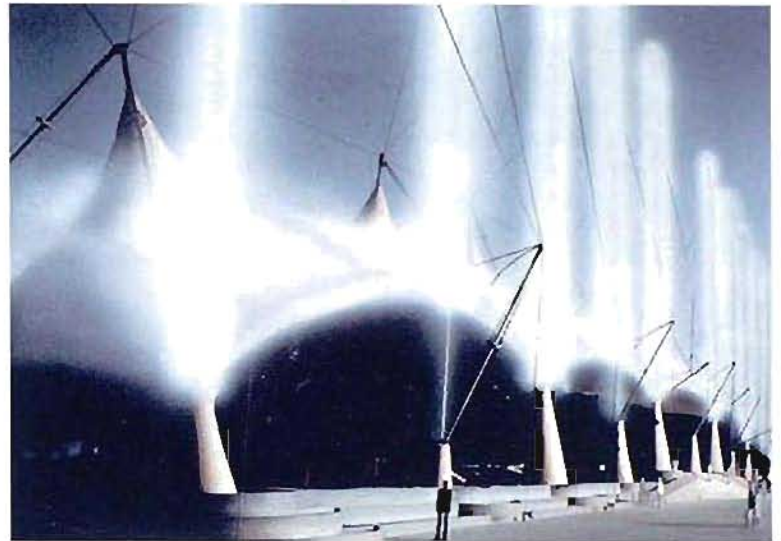
Para ello nos apoyamos en multitud de nebulizadores distribuidos en toda la superficie de la cubierta, y a lo largo del perímetro de todas las fuentes, que darían lugar, mediante la pulverización de agua, a esta "nube" que a diferencia de las

de la naturaleza era controlable (y por supuesto formada por gotas macroscópicas que no proceden de la condensación del vapor de agua). Es decir, regularíamos la densidad de la masa de agua con arreglo a las necesidades de radiación requeridas, dependiendo del día, de la hora, del tiempo, etc., y por lo tanto controlaríamos su albedo, o capacidad de reflexión, y la masa de absorción de calor radiante, mientras que podríamos mantener el consumo prácticamente fijo (independiente de la densidad de la "nube") mediante el reciclado del agua en circuito cerrado.

Debajo de esta nube colocamos la membrana de lona artificial traslúcida (que podría haber sido completamente transparente), que sirve de segundo filtro y protección contra la "lluvia", y que debido a su forma produce un tiro natural, en cada "punto alto", contribuyendo a incrementar la brisa, y permitiendo controlar la ventilación y evacuación del aire de la plaza. (La monitorización comparada ha permitido mostrar que es más eficaz, térmicamente, una membrana pulverizada que una cubierta vegetal natural).

Y, por último, las fuentes luminosas de la parte inferior, al igual que la cubierta, también están dotadas de nebulizadores, que al lanzar numerosas masas de agua pulverizada, contribuyen igualmente a su evaporación enfriando el aire, y sobre todo, creando unas "pantallas" a 24°C que absorben el calor radiante directamente de la piel, en el infrarrojo largo y de forma análoga a la "nube" superior, proporcionando así un enorme caudal de frigorios sin que se produzca calor como contrapartida (y por lo tanto contaminación térmica medioambiental), como sucede con los sistemas clásicos de refrigeración.

Según el proyecto, toda esta pulverización, cantidad y densidad, estaba controlada por sensores que manejaban como parámetros, la radiación, la temperatura, la humedad relativa, y la velocidad del viento, con el fin de evitar también que la humedad relativa no sobrepasase el umbral del 60 al 75%, (dependiendo este valor de la velocidad del viento y la temperatura), lo que, relacionado con los efectos derivados de la sudoración y la radiación, nos daba un gráfico referencia de cinco dimensiones.



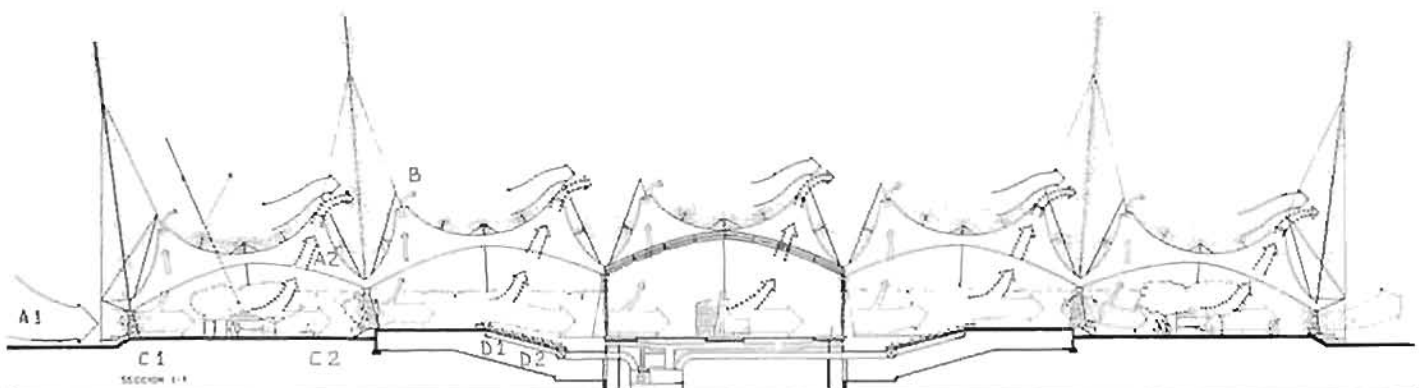
Al existir un alto grado de indeterminación en los resultados finales, dada la cantidad de novedades introducidas, se trataba de establecer una estrategia en cascada, de modo que hubiera múltiples niveles de refuerzo, de modo que si uno de los mecanismos de climatización no era todo lo eficaz que se esperaba fuera reforzado por otros que contribuirían a intensificarlos.

A los anteriores sistemas se añadían:

#### A) Incremento de la brisa natural mediante

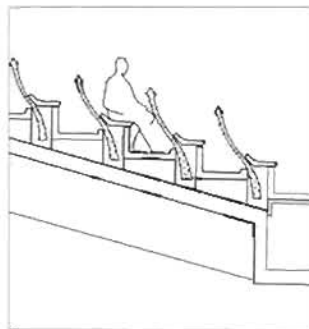
**A1** Efecto Venturi: La cubierta y las fuentes perimetrales escalonadas crean un estrechamiento de la entrada de la brisa, lo que intensifica su velocidad general en el interior del Palenque.

**A2** La forma de la cubierta, que crea "picos de succión" en los puntos altos, que están distribuidos de manera uniforme a lo largo de toda la superficie. (En estos puntos el coeficiente eólico puede llegar a alcanzar el doble del valor de la presión de estancamiento).



- B) Incremento de la brisa de forma artificial mediante la colocación de electroventiladores en la parte superior de los "conos" de la cubierta capaces de provocar un movimiento de aire de 1'5 m/sg. en el caso de "calma chicha" (contingencia previsible uno de cada 15:20 días).
- C) Aprovechamiento del ciclo día-noche en dos líneas distintas:
  - C1 Sobreenfriando el agua del depósito y las fuentes y empleándola como acumulador.
  - C2 Enfriando las superficies de hormigón, bancos fuentes y soleras (con 30cm de espesor del hormigón) para que absorbieran calor durante el día haciendo de paneles radiantes de frío.
- D) La zona de auditorio, que es más problemática al tener al público muy junto, y poseer multitud de focos escenográficos en su parte superior, se refuerza mediante:
  - D1 Un sistema más convencional de enfriamiento que arroja el aire directamente sobre el espectador, por la parte trasera de los bancos de la fila precedente, a una distancia de 60cm (lo que permite que la temperatura de este aire pueda ser relativamente alta).

D2 Los bancos a su vez son "radiadores de frío" ya que al formar parte del conducto que distribuye el aire, y no estar aislados, son también enfriados por éste. (Es por ello, que, cuando las circunstancias lo permitían, muchos usuarios se tumbaban en los bancos para sentirse más frescos).



D.2 BANCOS RADIADORES DE FRÍO

El equipo redactor del proyecto no intervino en el proceso de construcción del mismo, en el cual muchos aspectos importantes del espacio, tanto en lo referente al control bioclimático y arquitectónico fueron suprimidos (la nube superior, los mástiles pulverizadores, cafeterías subterráneas, etc.) o alterados (tipos de boquillas pulverizadores, tipo de vegetación, dimensiones de elementos estructurales, iluminación, etc.). Con ello el proyecto resultante, aunque, en principio, parezca similar al proyectado es sólo una aproximación del mismo, aunque haya funcionado relativamente bien, gracias al nivel de seguridad con el que se ideó.

Todo ello no ha impedido, sin embargo, que se hayan aprovechado parte de las ideas expuestas para desarrollarlas, en otras zonas de la Expo, como las Avenidas o las Zonas de Estancia, o por ejemplo los espectáculos del centro del lago con proyecciones de láseres sobre abanicos de agua pulverizada, propuestas por nosotros para la "nube" de la cubierta, o el arcoiris artificial, propuesto también por nosotros en 1988, aunque con un alcance, dimensión y significado notoriamente distintos.

Aún con estas reducciones al proyecto original, los resultados del edificio, ya monitorizados, son concluyentes: si el conjunto se hubiese resuelto por los medios de climatización artificial habituales, la potencia instalada necesaria hubiese sido de 1.000.000 de frigorías/hora; tras el estudio del posible ahorro energético por aprovechamiento de refrigeración por medios naturales, la potencia instalada fue de 260.000 frigorías/hora, y ni aun ésta ha sido totalmente necesaria.

Durante el mes más cálido, julio, y a las horas de máxima temperatura, se ha mantenido una temperatura de 26/27 °C en las gradas, cuando la exterior estaba a 36°C, en el día tipo, consiguiendo en ese periodo el 82% del gasto energético por medios naturales.

José Miguel Prada Poole

## Bibliografía

- AA.VV. *Architecture et Climat. Services de Programmation de la Politique Scientifique*. Bruselas, 1986.
- AA.VV. *El libro del clima*. H. Blume. Madrid, 1983.
- AA.VV. *Energy Concious Desing*. J.R. Goulding, J. Owen Lewis, T. Steemers. Bruselas, 1992.
- AA.VV. *European Solar Handbook*. P. Achard, R. Gicquel. Commission of the European Communities. Bruselas, 1986.
- AA.VV. *Guía para la elaboración de estudios del Medio Físico: Contenido y Metodología*. CEOTMA, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Madrid, 1995.
- ALVES, R., MILLIGAN, Ch. *Energía para la vida*. H. Blume. Madrid, 1985.
- Aplicación de soluciones y recomendaciones de adecuación bioclimática para el diseño de viviendas de promoción oficial y sus elementos constructivos*. Seminario de Arquitectura Integrada en su Medio Ambiente. Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente. Madrid, 1993.
- ASOCIACIÓN DE APLICACIONES DE LA ELECTRICIDAD. ADAE. *La influencia del clima en la edificación. Sistemas pasivos de energía solar*. Madrid.
- Manual de aislamiento*. ISOVER. Cristalería Española S.A. Madrid, 1992.
- Atlas Climático de España*. Ministerio de Transportes, Turismo y Comunicaciones. Madrid, 1983.
- BEDOYA FRUTOS, C., NEILA GONZÁLEZ, J. *Acondicionamiento y energía solar en arquitectura*. Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid. Madrid, 1986.
- IZARD, Jean L., GUYOT, A. *Arquitectura Bioclimática*. Gustavo Gili. México D.F. 1983.
- WRIGHT, David. *Arquitectura solar natural*. Gustavo Gili. México D.F., 1983.
- YÁÑEZ, Guillermo. *Arquitectura Solar*. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Dirección General para la Vivienda y la Arquitectura. Madrid, 1988.
- SERRA, R., COCH, H. *Arquitectura y energía natural*. Ediciones UPC. Barcelona, 1995.
- FONT TULLOT, Inocencio. *Atlas de la Radiación Solar en España*. Instituto Nacional de Meteorología. Madrid, 1984.
- EQUIPO DE AHORRO DE ENERGÍA EN LA EDIFICACION, ARTURO GARCÍA ARROYO Y OTROS. *Bases para el diseño solar pasivo*. Instituto Eduardo Torroja C.S.I.C.
- SERRA FLORENSA, Rafael. *Clima, Lugar y Arquitectura*. C.I.E.M.A.T. Madrid, 1989.
- OLGYAY, Victor. *Design with Climate. Bioclimatic approach to architectural regionalism*. Princenton University Press. New Jersey, 1973.
- MAZRIA, Edward. *El libro de la Energía Solar Pasiva*. Gustavo Gili. México, 1983.
- COTO, José Antonio. "El vidrio en la construcción. Situación actual y orientación de la I+D". *Informes de la Construcción*, vol. N° 43. Enero/Febrero, 1992.
- STEADMAN, Philip. *Energía, Medio Ambiente y Edificación*. H. Blume. Madrid, 1978.
- YÁÑEZ, Guillermo. *Energía solar, edificación y clima*. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Madrid, 1982.
- WATSON, Donald. *La casa solar. Diseño y construcción*. H. Blume. Madrid, 1985.
- La Casa Pasiva. Clima y ahorro energético*. The American Institute of Architects. H. Blume. Madrid, 1984.
- HINZ, E., GONZÁLEZ E., OTEIZA, P., QUIROS, C. *Proyecto, Clima y Arquitectura*. Gustavo Gili. México, 1986.
- YÁÑEZ, Guillermo. *Arquitectura Solar, Aspectos pasivos, bioclimatismo e iluminación natural*. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Madrid, 1988.