

# Arquitectura Bioclimática

## Viviendas bioclimáticas en Galicia



Texto e ilustraciones (excepto las indicadas como obra de arquitectos):

## **M<sup>a</sup> Dolores García Lasanta**

Instituto de Formación Profesional Someso (A Coruña).

2004

1<sup>a</sup> edición en formato blog (2008): <http://abioclimatica.blogspot.com>

1<sup>a</sup> edición revisada y en formato PDF (Diciembre 2010).

2<sup>a</sup> edición revisada en formato PDF (Febrero 2011).

Publicada en <http://www.asociacion-touda.org/documentos/bioclimatica.pdf> el 31 de diciembre de 2011.

Anexo sobre plantas de utilidad bioclimática: **José Tomás García Cabañas**

Edición en PDF: Asociación Touda.



Esta obra se puede copiar y distribuir según los términos de la licencia Creative Commons: <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.es> (Atribución + Compartir igual)

De acuerdo con la legislación vigente se hace constar que este trabajo fue realizado durante una licencia de estudios cuatrimestral concedida por la *Consellería de educación e Ordenación Universitaria* de la *Xunta de Galicia*, habiendo sido autorizada su divulgación

# Índice de contenido

<b>0 Introducción.....</b>	<b>10</b>
<b>1 Unidad didáctica 1: Estudio del emplazamiento.....</b>	<b>12</b>
1.1 Introducción.....	12
1.2 Análisis del lugar.....	18
1.2.1 Límites .....	18
1.2.2 Orientación.....	18
1.2.3 El Sol.....	18
1.2.4 El viento.....	21
1.2.5 La topografía.....	21
1.2.6 Las vistas.....	21
1.2.7 Vegetación.....	21
1.2.8 El agua.....	23
1.2.9 El hielo.....	23
1.2.10 Las construcciones adyacentes.....	23
1.2.11 Puntos de abastecimiento.....	23
1.2.12 La geología del terreno.....	23
1.2.13 Las radiaciones electromagnéticas.....	23
1.3 Integración de la casa con el lugar.....	23
1.3.1 El asentamiento.....	24
1.3.2 La forma.....	24
1.3.3 La relación con la superficie.....	24
1.4 Protección frente al medio.....	24
1.4.1 La radiación solar.....	24
1.4.2 Los vientos.....	24
1.4.3 Los ruidos.....	25
1.4.4 Las zonas geopáticas.....	25
1.4.5 La contaminación electromagnética.....	25
1.4.6 El gas radón.....	25
1.5 Aplicaciones a la construcción bioclimática en Galicia.....	26
1.5.1 Zona del Atlántico Norte.....	28
1.5.2 Zona del Atlántico Sur.....	28
1.5.3 Zona interior Oeste.....	28
1.5.4 Zona interior.....	28
1.5.5 Zona de montaña .....	29

1.6 Datos, curiosidades y anécdotas:.....	30
<b>2 Unidad didáctica 2: Climatología de la construcción.....</b>	<b>32</b>
2.1 Introducción.....	32
2.2 Modos de transmisión del calor.....	33
2.2.1 Por conducción.....	33
2.2.2 Por convección.....	33
2.2.3 Por cambio de estado.....	35
2.2.3.1 Por evaporación (o vaporización).....	35
2.2.3.2 Por condensación (o licuefacción).....	35
2.2.3.3 Por radiación.....	35
2.3 Reacciones fisiológicas del cuerpo humano frente al clima.....	38
2.3.1 Regulación química de la temperatura interior del cuerpo.....	38
2.3.1.1 En ambiente frío.....	38
2.3.1.2 En ambiente cálido.....	38
2.3.2 Regulación física de la temperatura interior del cuerpo.....	38
2.3.2.1 En ambiente frío.....	38
2.3.2.2 En ambiente cálido.....	38
2.4 Clima interior de la vivienda.....	39
2.4.1 Factores que determinan el clima.....	39
2.4.1.1 Temperatura del local.....	39
2.4.1.2 Velocidad del aire.....	41
2.4.1.3 Humedad relativa.....	41
2.4.1.4 Tipo de actividad que se desarrolla en el local.....	41
2.4.1.5 Densidad de personas en el local.....	41
2.4.1.6 Variaciones atmosféricas que producen efectos sensoriales.....	41
2.4.2 Relaciones entre factores climáticos.....	43
2.4.2.1 Temperatura y velocidad del aire.....	43
2.4.2.2 Temperatura del aire y humedad relativa.....	43
2.4.2.3 Temperatura del aire, humedad relativa y velocidad del aire.....	43
2.4.2.4 Temperatura y número de personas en el local.....	43
2.4.2.5 Temperatura y humos.....	43
2.4.2.6 Humedad relativa y polvo en suspensión.....	45
2.5 Aislamiento.....	45
2.5.1 Aislamiento térmico.....	45
2.5.1.1 Aislamiento térmico colocado hacia el interior.....	47
2.5.1.2 Aislamiento térmico colocado hacia el exterior.....	47

2.5.2 Aislamiento acústico.....	48
2.5.3 Materiales empleados en aislamiento.....	49
2.5.3.1 Materiales aislantes dañinos para el medio ambiente:.....	50
2.6 Aplicaciones a la construcción bioclimática en Galicia.....	51
2.6.1 Protección frente a la humedad:.....	54
2.6.1.1 Para frenar la entrada de agua procedente del exterior:.....	54
2.6.1.2 Para eliminar el vapor de agua del interior:.....	55
2.7 Datos, curiosidades y anécdotas.....	57
<b>3 Unidad didáctica 3: Control del clima por medios constructivos.....</b>	<b>60</b>
3.1 Introducción.....	60
3.2 Modos de evitar las pérdidas de calor: introducción.....	65
3.2.1 En climas fríos podemos evitar pérdidas de calor.....	69
3.2.2 En climas cálidos podemos refrigerar los edificios.....	69
3.2.3 Podemos captar energía del entorno por estos sistemas.....	69
3.3 Modos de evitar las pérdidas de calor.....	70
3.3.1 Evitar pérdidas de calor a través de los cerramientos.....	70
3.3.2 Evitar pérdidas de calor por ventilación no deseada.....	72
3.3.3 Calentar el aire empleado para ventilación.....	73
3.3.4 Diseñar adecuadamente las superficies en contacto con el exterior, en especial las expuestas al viento.....	75
3.4 Modos de refrigerar los edificios.....	78
3.4.1 Proporcionar buena ventilación y humidificación del aire.....	78
3.4.2 Diseñar el edificio creando microclimas frescos.....	78
3.4.3 Obstaculizar la entrada de la radiación solar.....	82
3.5 Modos de captar energía del entorno.....	86
3.5.1 Captación solar pasiva.....	86
3.5.1.1 Elementos captadores directos.....	88
3.5.1.2 Elementos captadores indirectos.....	89
3.5.1.3 Elementos captadores añadidos.....	94
3.5.1.4 Elementos acumuladores.....	96
3.6 Aplicación a la construcción bioclimática en Galicia.....	99
3.6.1 Protección frente a la humedad.....	99
3.6.2 Protección frente al viento.....	100
3.6.3 Calentamiento en invierno.....	102
3.6.4 Refrigeración en verano.....	105
3.7 Datos, curiosidades y anécdotas.....	107
<b>4 Unidad didáctica 4: Sistemas activos. Calefacción.....</b>	<b>109</b>

4.1	Introducción.....	109
4.2	Captación solar por medio de colectores solares.....	111
4.2.1	Elementos de un sistema termosifónico de captación solar.....	111
4.2.2	Elementos de que puede constar un sistema activo de captación solar.....	111
4.2.3	Colector solar.....	113
4.2.4	Intercambiador de calor.....	115
4.2.5	Depósito acumulador.....	117
4.2.6	Bomba de calor o termobomba.....	119
4.3	Instalaciones de agua caliente.....	122
4.3.1	Instalación de agua caliente, sistemas activos.....	125
4.4	Sistemas de calefacción solar por agua.....	126
4.5	Sistemas de calefacción solar por aire.....	128
4.6	Paneles solares fotovoltaicos.....	130
4.7	Máquinas eólicas de producción de electricidad.....	132
4.7.1	Sistemas híbridos.....	134
4.7.2	Sistemas eólico-solares.....	134
4.7.3	Sistemas eólico-hidráulicos.....	134
4.8	Aplicación a la construcción bioclimática en Galicia.....	134
4.9	Datos, curiosidades y anécdotas.....	136
<b>5</b>	<b>Unidad didáctica 5: Ventilación natural. Enfriamiento en verano.....</b>	<b>138</b>
5.1	Introducción histórica.....	138
5.2	Sistemas de ventilación.....	140
5.2.1	Captación del aire.....	142
5.2.1.1	Por medio de ventiladores.....	142
5.2.1.2	A través de rejillas.....	143
5.2.1.3	A través de ventanas.....	143
5.2.1.4	El papel de los voladizos y salientes.....	143
5.2.1.5	Captación subterránea.....	144
5.2.1.6	Captadores de torre.....	146
5.2.2	Recorrido del aire a través de la casa, sistemas de ventilación.....	146
5.2.2.1	Ventilación cruzada.....	148
5.2.2.2	Efecto chimenea.....	148
5.2.2.3	Chimenea solar.....	148
5.2.2.4	Ventilación a través de la cubierta.....	148
5.2.2.5	Aspiradores estáticos.....	149
5.2.2.6	Ventilación a través de un patio.....	149

5.2.2.7 Torres de viento.....	151
5.2.2.7.1 Torre de viento de dirección constante.....	151
5.2.2.7.2 Torre evaporativa.....	151
5.2.2.7.3 Torre de paredes cruzadas.....	151
5.2.3 Salida del aire.....	153
5.2.3.1 Dimensiones de las aberturas de salida.....	153
5.2.3.2 Situación de la abertura de salida.....	153
5.3 Aplicación a la construcción bioclimática en Galicia.....	156
5.4 Datos, curiosidades y anécdotas.....	156
<b>6 Unidad Didáctica 6: Diseño del paisaje para control climático.....</b>	<b>158</b>
6.1 Introducción histórica.....	158
6.2 Análisis previo.....	159
6.2.1 Topografía del terreno.....	159
6.2.2 Alrededores.....	160
6.2.3 Agua.....	160
6.2.4 Radiación solar.....	160
6.2.5 Viento.....	160
6.2.6 Contaminación.....	160
6.2.7 Vegetación existente.....	160
6.3 Modificación del entorno.....	161
6.3.1 Modificación de la topografía.....	161
6.3.2 Modificación del entorno para paliar la influencia de las masas de agua.....	165
6.3.3 Modificación del entorno para paliar la contaminación.....	167
6.3.4 Modificaciones de la incidencia la radiación solar.....	167
6.3.5 Modificación del curso de los vientos.....	169
6.3.6 Modificaciones de la vegetación.....	171
6.4 Aplicación a la construcción bioclimática en Galicia.....	175
6.5 Datos, curiosidades y anécdotas.....	178
<b>7 Anexo: Árboles, arbustos y otras plantas de utilidad bioclimática, clasificados según características semejantes.....</b>	<b>181</b>
7.1 Sobre este anexo.....	181
7.2 Setos.....	181
7.3 Trepadoras.....	181
7.4 Árboles para pantallas acústicas y cortavientos.....	182
7.5 Árboles según sea el tipo de sombra.....	183
7.5.1 Sombra ligera.....	183
7.5.2 Sombra media.....	183

7.5.3 Sombra densa.....	185
7.6 Árboles de hoja caduca.....	186
7.6.1 3-4 m.....	187
7.6.2 4-6 m.....	187
7.6.3 6-10 m.....	187
7.6.4 10-12 m.....	188
7.6.5 12-15 m.....	188
7.6.6 Más de 15 m.....	188
7.7 Árboles de hoja perenne.....	189
7.7.1 4- 6 m.....	189
7.7.2 6-10 m.....	190
7.7.3 10-12 m.....	190
7.7.4 12-15 m.....	190
7.7.5 Más de 15 m.....	191
7.8 Árboles agrupados según sus formas y dimensiones.....	192
7.8.1 Columnar.....	192
7.8.2 Cónica.....	192
7.8.3 Esférica.....	193
7.8.4 Pendular.....	194
7.8.5 Ovoidal.....	194
7.8.6 Parasol.....	195
7.8.7 Extendida.....	195
7.8.8 Irregular.....	196
7.9 Arbustos que soportan la poda.....	197
7.10 Árboles que no permiten el buen crecimiento de otras planta debajo.....	197
7.11 Frutales de hoja persistente.....	198
7.12 Árboles y arbustos para lugares expuestos.....	198
7.12.1 Coníferas.....	198
7.12.2 Árboles.....	198
7.12.3 Arbustos.....	199
7.13 Árboles y arbustos para retención de tierras.....	200
7.14 Arbustos para recubrimiento del terreno.....	200
7.15 Árboles y arbustos resistentes a terrenos salobres.....	200
7.15.1 Árboles.....	200
7.15.2 Arbustos.....	201
7.16 Árboles y arbustos resistentes a la sequía.....	201

7.16.1 Árboles.....	201
7.16.2 Arbustos.....	202
7.17 Arbustos que requieren tierra ácida.....	202
7.18 Plantas al lado del mar.....	203

## 0 Introducción

La arquitectura bioclimática puede definirse como la arquitectura diseñada sabiamente para lograr un máximo confort dentro del edificio con el mínimo gasto energético. Para ello aprovecha las condiciones climáticas de su entorno, transformando los elementos climáticos externos en confort interno gracias a un diseño inteligente. Si en algunas épocas del año fuese necesario un aporte energético extra, se recurriría si fuese posible a las fuentes de energía renovables.

A igualdad de confort la mejor solución es la más simple y si además es sana para el planeta, mucho mejor. A esta simplicidad se llega a través del conocimiento y la buena utilización de los elementos reguladores del clima y de las energías renovables.

Durante la fase de diseño del edificio es importante contemplar todos los elementos en su conjunto: estructuras, cerramientos, instalaciones, revestimientos, etc., dado que carece de sentido conseguir un ahorro energético en determinada zona y tener pérdidas de calor en otra.

La gran mayoría de los edificios construidos actualmente suplen su pésimo diseño bioclimático con enormes consumos energéticos de calefacción y acondicionamiento de aire.

Cuando mi hija comenzó su último curso en la Facultad de Matemáticas de Santiago de Compostela llegó a casa feliz. “¡Tengo ventanas!” nos dijo. Después de haber pasado cuatro años en aulas cerradas, los alumnos de 5º curso tenían el privilegio de poder ver la luz del sol. ¿Cómo se puede tener a nuestros jóvenes sin recibir la claridad del día durante años mientras están en clase? Y, ¿Cómo se puede desperdiciar así la captación de la radiación solar?

Según cuentan, el diseño del edificio se basó en una facultad andaluza ubicada en un lugar seco y soleado. El diseño original tenía una serie de tragaluces orientados al norte que recibían luz del sol indirecta, más fresca, y permitían ser abiertos para dejar salir el aire interior en los días cálidos.

Trasladado a Galicia el edificio se convirtió muy pronto en “la casa de las goteras”. Optaron por cubrir todo el tejado para evitar las filtraciones de agua y con ello condenaron a los matemáticos a permanecer bajo una perpetua luz de neón.

Podría continuar la lista de aberraciones climáticas pero el objetivo de este trabajo es otro y sin duda cada uno de Vds. conoce sus propios casos particulares de edificaciones mal concebidas, incómodas para sus ocupantes y que son un despilfarro energético.

Como contrapartida podemos mencionar el aula laboratorio del Centro Educativo del Medio Ambiente en Crevillente (Alicante), que mantiene una temperatura constante de 23º C. a lo largo de todo el año sin aporte energético externo.

El diseño de un edificio debe hacerse globalmente de modo que sus diferentes elementos compongan un todo armónico: estructuras, instalaciones, cerramientos, captación solar, caldeo, protección y acondicionamiento acústico, lumínico, cerramientos, orientación, diseño del entorno, etc. de modo que cada elemento cumpla una misión bioclimática a la par que funcional.

Por la brevedad de tiempo en que este trabajo ha de ser realizado, se insistirá especialmente en los aspectos de control climático directo. Esto no debe interpretarse como un divorcio entre ellos y el resto de la construcción.

No es rentable ni va a funcionar adecuadamente un edificio construido del modo convencional al que se le adhieren unos paneles de captación solar. No va a funcionar adecuadamente un edificio que no se conciba como un todo global. Por ejemplo, los elementos estructurales o de cerramiento pueden ser a la vez acumuladores de calor o reguladores de la radiación solar.

# 1 Unidad didáctica 1: Estudio del emplazamiento

## 1.1 Introducción

---

“Inspección antes de proyecto antes de construcción”. Esta era la frase favorita de Patrick Geddes, considerado el primer planificador del entorno de la cultura occidental.

Las culturas vernáculas siempre han observado los espacios naturales para ubicar las viviendas en lugares que permitiesen el máximo aprovechamiento de las condiciones climáticas del lugar. A lo largo de la historia los pueblos indígenas han practicado la integración de sus construcciones tradicionales con la naturaleza.

En la antigua cultura griega se consideraba un derecho legal el acceso a la luz del Sol y se planificaron ciudades como Olinto en el siglo V a. de C. cuyas calles se orientaron de tal modo que todas las casas recibían la misma radiación solar.

Mientras muchos pueblos del mundo siguieron viviendo en armonía con su entorno natural, en la cultura europea esta sabiduría se fue perdiendo paulatinamente sobre todo en las ciudades, a causa de la descoordinación y falta de regulación de las actuaciones públicas y privadas llegando a convertirse este olvido en un problema sanitario de primera magnitud.

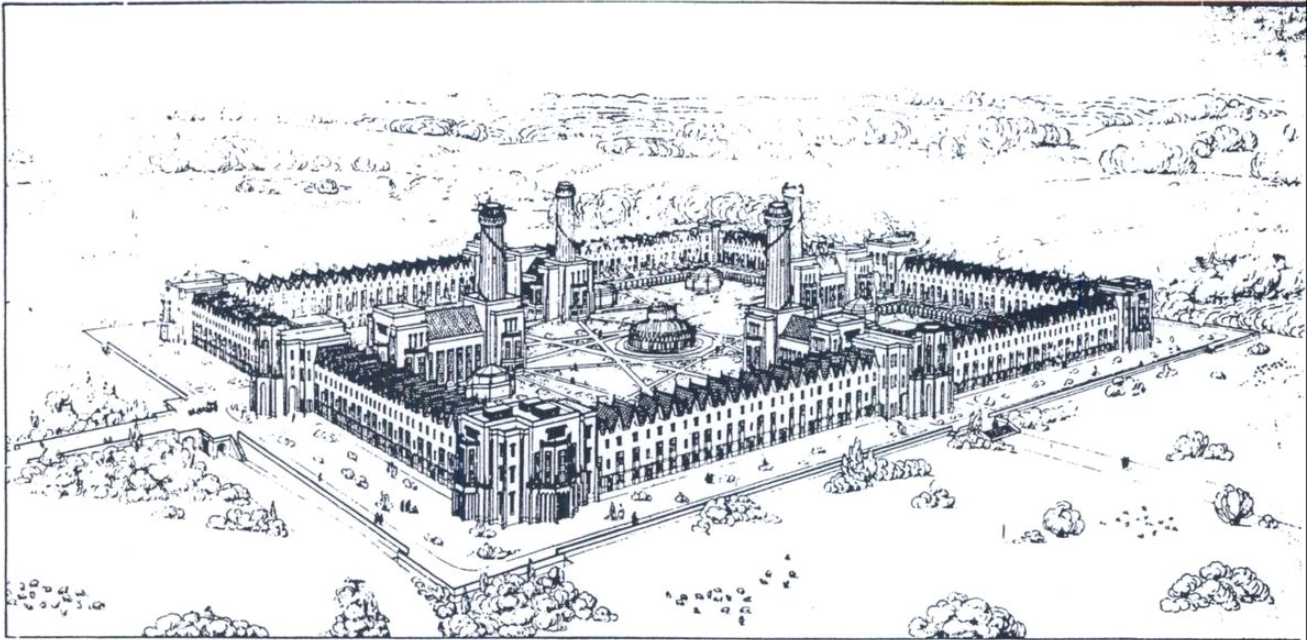
Owen presentó al gobierno inglés en 1.817 un informe proponiendo una “comunidad de armonía y cooperación”, proyecto que fue desestimado. (Ver croquis en el apartado de material). En 1.825 proyectó una comunidad en la que 1.200 personas vivirían en un terreno agrícola de 500 hectáreas. En 1830 el cólera se extiende por Europa. La opinión pública reacciona y solicita una intervención, pero la primera ley sanitaria no sería publicada hasta 1.848.

A mediados del siglo XIX Sir Edwin Chadwick investigó las condiciones de habitabilidad de los barrios obreros británicos y a la vista de las miserables condiciones de salubridad en que vivían sus habitantes se inició un movimiento para construir viviendas sanas y soleadas. Comenzaron a construirse las primeras ciudades-jardín. Recordemos por ejemplo el proyecto de Letchworth.

Ya en el siglo XX hubo varios arquitectos preocupados por la buena integración del edificio en el entorno, lo lograsen o no.

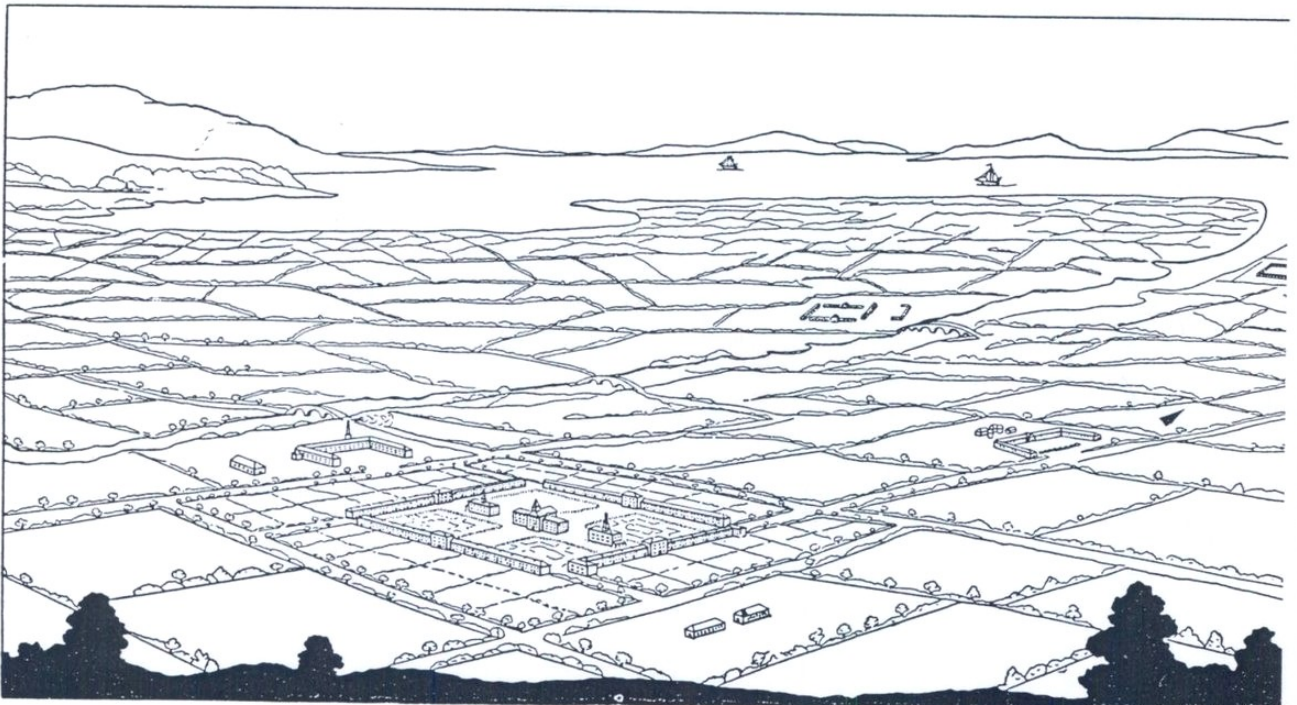
Le Corbusier hizo unos bocetos para la ponencia que presentó en el Congreso Internacional de Estudio sobre el problema de las zonas subdesarrolladas celebrado en Milán en 1.954. Uno de ellos titulado: “Las 24 horas solares” hace relación a la necesidad de satisfacer unas buenas condiciones de habitabilidad. En uno de sus proyectos, las “Unités d’habitation” expresa su concepto de integración del hombre urbano en el entorno (ver copias en el apartado de material).

## ROBERT OWEN (1771 - 1858)



COMUNIDAD EN INDIANA (AMÉRICA). DIBUJO DE 1.825

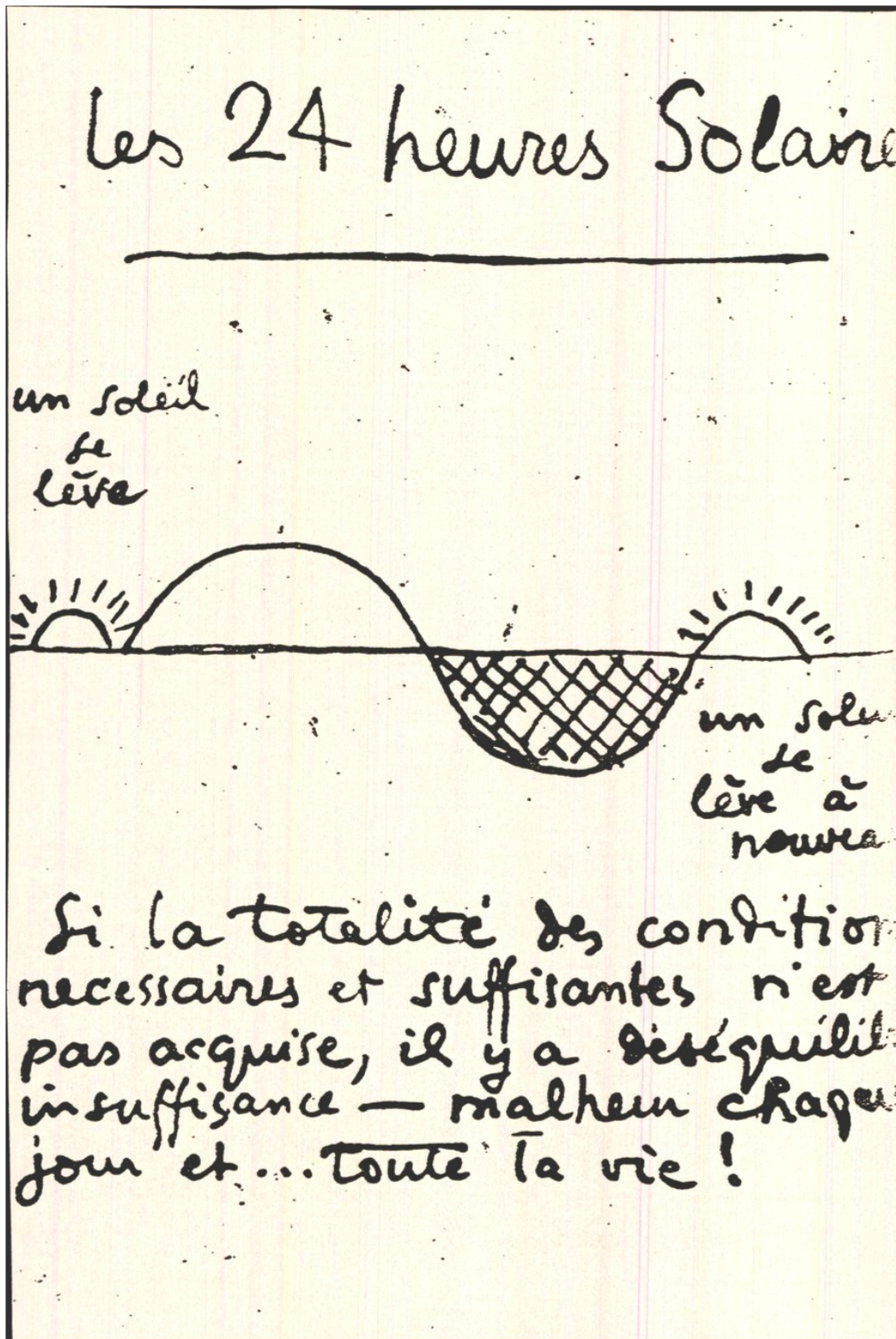
*Primeros intentos de la cultura occidental para construir pequeñas ciudades en armonía con la naturaleza.*



"COMUNIDAD DE ARMONÍA Y COOPERACIÓN". CROQUIS DEL INFORME DE 1817

## LE CORBUSIER (1887 - 1965)

"LAS 24 HORAS SOLARES DETERMINAN EL RITMO DE VIDA DE LOS HOMBRES"  
MILÁN - 10 DE OCTUBRE DE 1954



"Un Sol se eleva. Un Sol se eleva de nuevo. Si la totalidad de las condiciones necesarias y suficientes no se consiguen, hay desequilibrio, insuficiencia - desdicha cada día... y... toda la vida!"

(Nota: El color de esta lámina ha sido invertido en esta edición para minimizar el consumo de tinta en caso de impresión)

# LE CORBUSIER (1.887 - 1.965)

UNITÉS D'HABITATION - 1.957 -

"UN HOMBRE DE PIE ANTE UN PANEL DE VIDRIO - SOL, ESPACIO, VERDOR -"

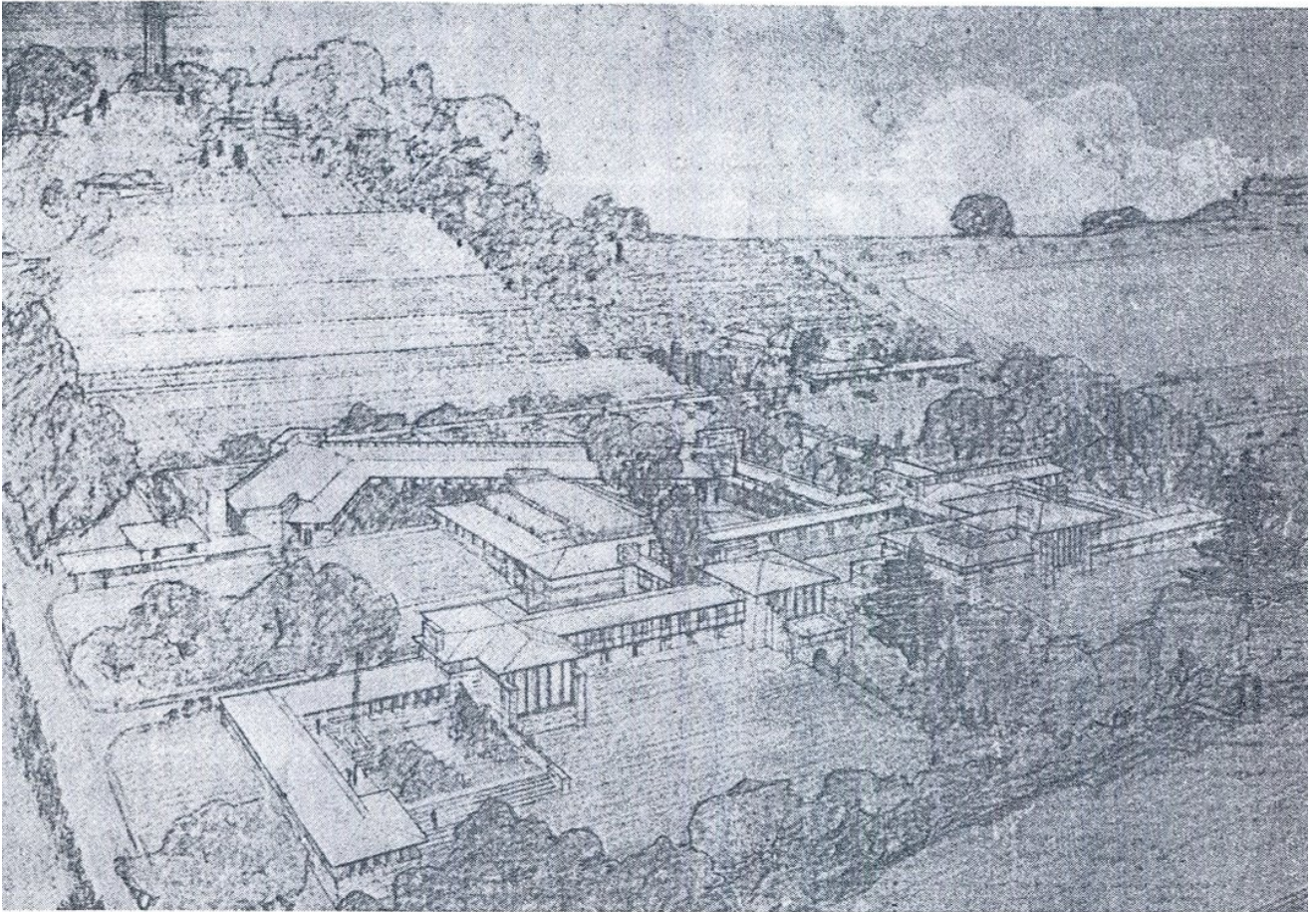


"Un acontecimiento revolucionario : Sol, espacio, verdor .Si se quiere formar familia en la intimidad, en silencio y cerca de la naturaleza... Encontraremos la soledad, el silencio y la rapidez de contacto interior- exterior... Los parques alrededor de las casas... La ciudad será verde y, en los tejados, los jardines de infancia" (Le Corbusier)

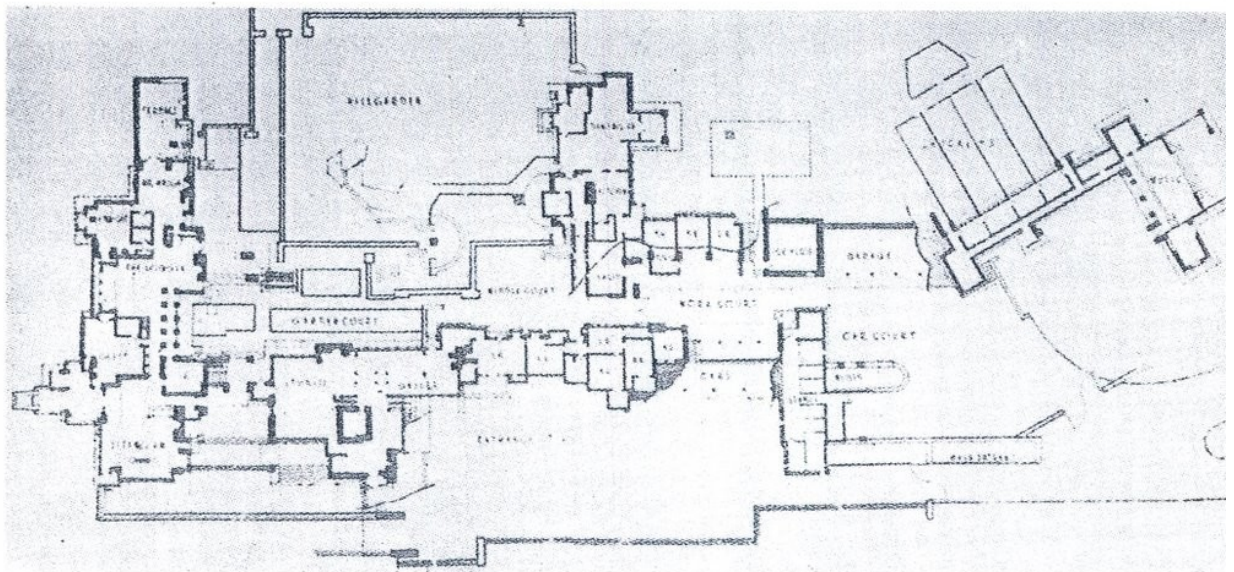
Sin duda fue Frank Lloyd Wright el arquitecto que mejor supo comprender el entorno e integrar las construcciones en el lugar. Según sus palabras, sus viviendas deberían ser parte de la naturaleza y crecer “desde el suelo hacia la luz”. En su libro *The Natural House* escribió cómo la casa debe construirse “integrada en el lugar, integrada en el entorno e integrada en la vida de sus habitantes”. (Imagen de uno de sus proyectos, ejemplo de integración con el entorno en el apartado de material).

A partir de 1.960 comenzó en Occidente un movimiento ciudadano de protección del medioambiente y una vuelta a la naturaleza. Con la publicación del libro de James Lovelock *Gaia: una nueva visión de la Vida sobre la Tierra* se despierta la conciencia planetaria y nace el concepto de “casa ecológica” que concibe la casa como un microecosistema en profunda interrelación con el ecosistema más amplio que es Gaia: la Tierra. En este concepto actual de vivienda, la unidad de la casa y su entorno debe ser profunda y ambos complementarse mutuamente. Por ello se hace necesario comenzar por el estudio del lugar con el fin de lograr esta integración lo mejor posible.

# FRANK LLOYD WRIGHT (1.869 - 1.959)



TALIESIN III - 1.925



" A un kilómetro y medio había una cantera de piedra arenisca... Las losas formaron el suelo de las terrazas y de los patios. Las piedras fueron colocadas alrededor de las pendientes y se convirtieron en muros... Al final era difícil distinguir dónde acababan el empedrado y los muros y dónde empezaba el terreno natural." (Frank Lloyd Wright)

## **1.2 Análisis del lugar**

---

Para elegir y planificar un solar debemos observar varios elementos que tienen gran importancia a la hora de construir un edificio aliado con el entorno. Esto nos proporcionará como mínimo más confort, mejores vistas, mejor aprovechamiento de los espacios y un considerable ahorro energético. Unas observaciones son sencillas de realizar, otras más complejas o técnicas. Las clasificamos de este modo:

### **1.2.1 Límites**

Observaremos los contornos, límites de la propiedad, construcciones vecinas, caminos, vías de comunicación adyacentes, dimensiones y forma del solar, lugares de acopio de materiales de construcción, acometida de instalaciones (agua potable, electricidad, saneamiento...), vertederos próximos de escombros (si fuese preciso) y haremos un croquis anotando todo ello.

### **1.2.2 Orientación**

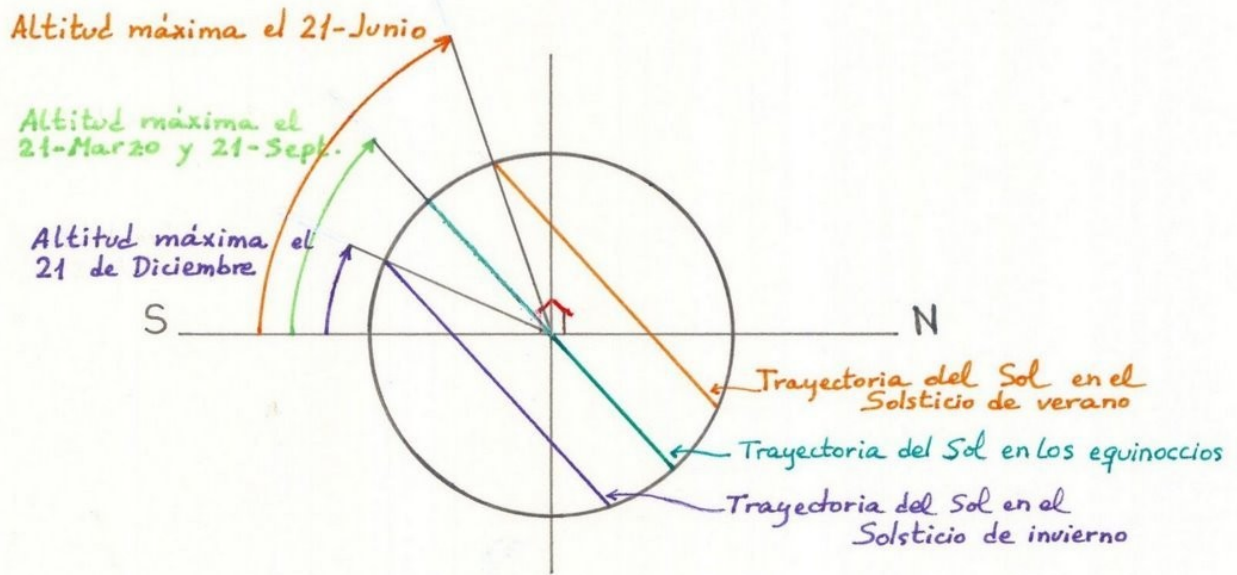
Este punto es fundamental ya que determinará la orientación de la vivienda a fin de conseguir un buen ahorro energético. En el hemisferio Norte la orientación de la zona de estar conviene dirigirla hacia el Sur. El Norte magnético se puede localizar con brújula, el geográfico observando la estrella Polar y el Sur observando la posición del sol observando la sombra en el momento del mediodía. (Ver actividades en el Libro del Profesor).

### **1.2.3 El Sol**

La radiación solar puede ser aprovechada de varias formas: para calentamiento pasivo, calentamiento activo y obtención de electricidad fotovoltaica. Localizaremos el Sur para conocer la mejor orientación de los elementos captadores de energía. Seleccionaremos los lugares donde no haya árboles ni obstáculos que den sombra y los anotaremos en el croquis.

En cuanto a la posible ubicación de la vivienda hay que tener en cuenta que el Sol es deseable en invierno, pero no en verano y prever el modo de atenuar la potencia de los rayos del Sol en dicha estación. (Este apartado se analizará más adelante en otro tema). Debemos anotar en el croquis la trayectoria del sol, punto de amanecer y de ocaso, con la fecha del día que se hace la observación para facilitar la tarea de elaborar el esquema de análisis del lugar.

### LA ORIENTACIÓN ADECUADA



Proyección esférica

Altitud máxima del Sol según la época del año

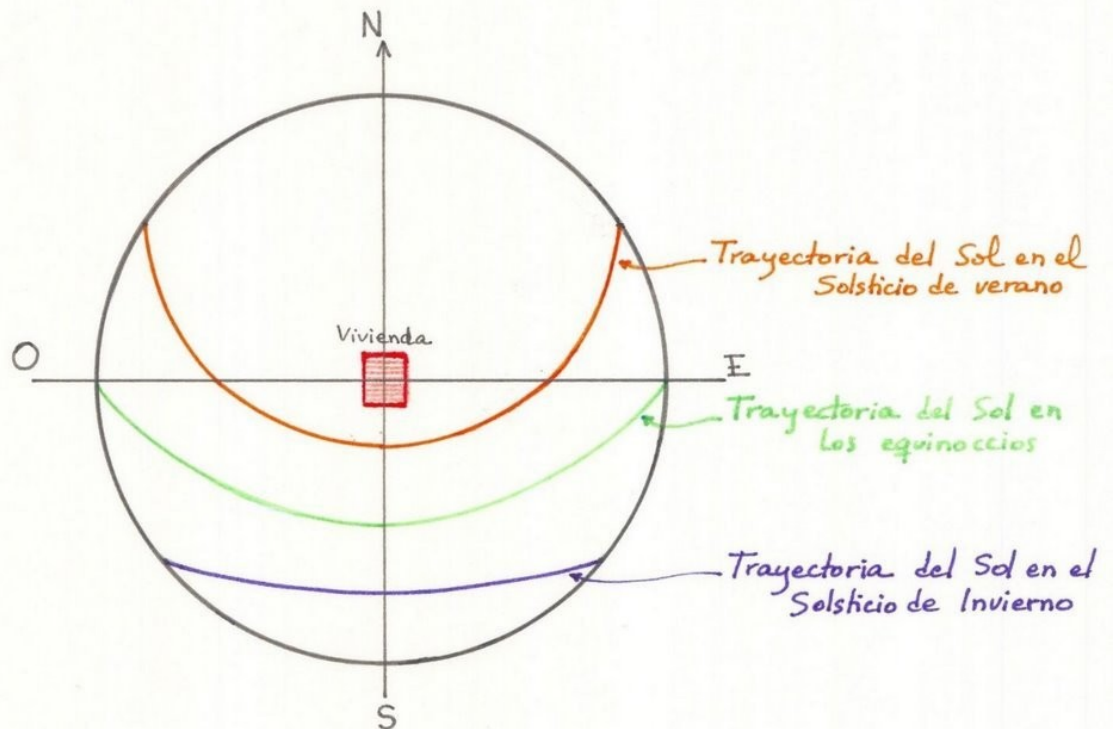
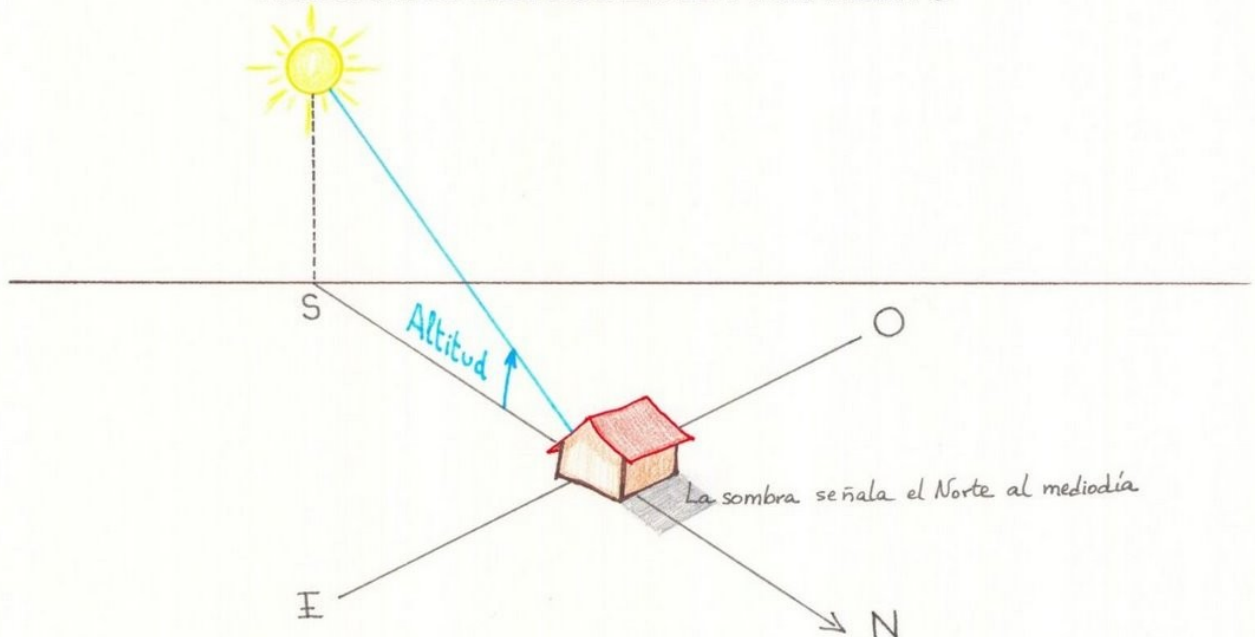


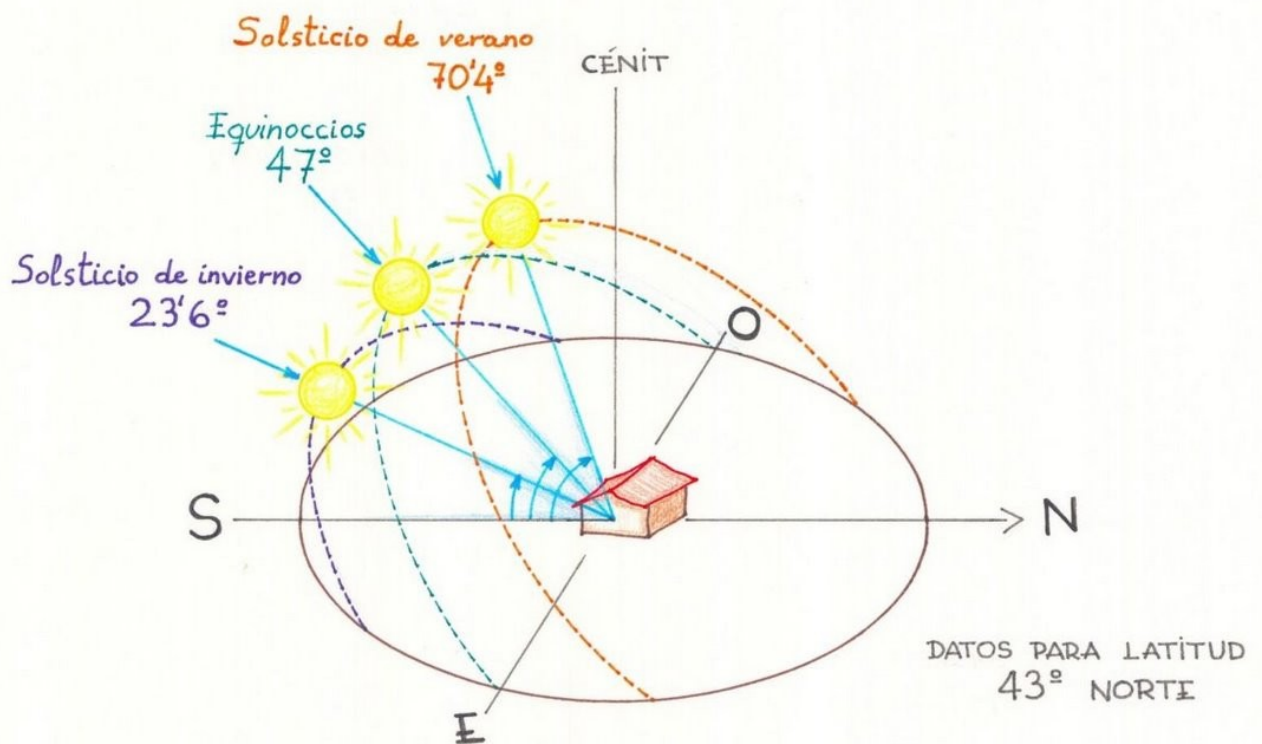
Diagrama solar polar

Proyección en planta del recorrido del sol para una latitud de  $43,37^\circ$  (A Coruña)

### RECORRIDO DEL SOL EN EL FIRMAMENTO



La altitud máxima del Sol se alcanza al mediodía



La altitud máxima del Sol y su trayectoria varían según la época del año

#### **1.2.4 El viento**

En nuestras latitudes se hace necesario proteger la vivienda de los vientos dominantes en invierno y evitar las turbulencias. En verano conviene aprovechar las brisas naturales para favorecer la ventilación.

Se anotará en el croquis la dirección de dichos vientos para diseñar pantallas o elementos cortavientos así como prever aberturas en el edificio para producir ventilación cruzada natural durante los días cálidos.

#### **1.2.5 La topografía**

Se hace aconsejable anotar las pendientes del terreno y la dirección de sus inclinaciones ya que pueden afectar directamente al curso de los vientos que incidirán sobre la edificación. También influyen sobre el curso de las aguas de lluvia y nos indicarán las zonas en que puede ser necesario realizar drenajes.

En estas latitudes suele ser más deseable edificar en una ladera orientada al Sur, pero si no se dispone de ella se puede construir un microclima por medio de un pequeño movimiento de tierras y el uso de vegetación.

#### **1.2.6 Las vistas**

En el caso de encontrarnos con una vista indeseable, esta puede ocultarse con árboles u otro tipo de pantallas. Si no es posible por falta de espacio, siempre puede diseñarse una vivienda con patio o pequeña huerta.

Solemos tender a colocar la mayor parte de las ventanas hacia la vista que más nos gusta, olvidándonos de que con ello nos podemos estar limitando a contemplar un único panorama durante el resto de nuestra vida.

Los constructores japoneses diseñan las aberturas de modo que el mismo paisaje nunca sea visto desde más de un punto. Por medio del uso de la vegetación y de otros elementos de jardín como cercas, estanques, pequeñas construcciones auxiliares, etc. ocultan los paisajes repetitivos. Además, para evitar la sensación de “cuadro” compensan el punto central de interés de la vista principal colocando alrededor de las esquinas otros puntos de interés.

#### **1.2.7 Vegetación**

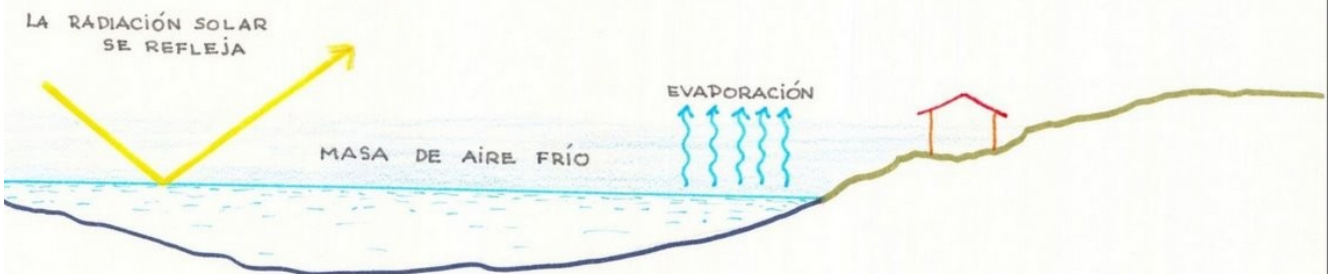
Es la gran aliada de la arquitectura bioclimática. Las plantas nos permiten protegernos de los vientos fríos, disponer de sombra en verano, aislarnos de los ruidos, controlar la erosión y proporcionarnos belleza paisajística que cambia con el curso de las estaciones. En nuestro esquema anotaremos la ubicación de los árboles de la finca y sus proximidades así como el tipo de vegetación autóctona de la parcela y los alrededores.



**Zonas con relieve accidentado**  
El aire frío se acumula en las cumbres y las depresiones  
La zona más cálida es la media ladera orientada al Sur



**Bosques**  
Frescor de día y ambiente templado por la noche



**Proximidades de lagos y ríos**  
Ambiente fresco y húmedo



Son islas de calor. Algunas avenidas canalizan los vientos

### **1.2.8 El agua**

El agua de lluvia puede ser almacenada y empleada para el riego. Conviene conocer la cantidad de precipitaciones y la época del año en que suelen producirse. Conviene realizar algún estudio para conocer la presencia de agua subterránea que pueda ser de utilidad, así como la existencia de capas freáticas que puedan afectar al diseño estructural. Un alto contenido de agua puede llegar a suponer un costo elevado añadido en el capítulo de drenajes e impermeabilización.

La presencia cercana de masas de agua: océano, lagos, ríos, etc. influye sobre el clima. Los lagos y ríos atraen masas de aire frío. El océano puede traernos brisas y temporales.

### **1.2.9 El hielo**

Si se va a construir en un lugar donde se producen heladas invernales necesitamos conocer la temperatura mínima que alcanzan para calcular la profundidad adecuada de la cimentación y que no se vea afectada por ellas.

### **1.2.10 Las construcciones adyacentes**

Anotaremos su altura, posición relativa, su grado de agrupación y la organización del entramado urbano que nos rodea. Observaremos si nos protegen de los vientos o nos dan sombra.

### **1.2.11 Puntos de abastecimiento**

Ubicación de redes de abastecimiento de agua, gas, electricidad, saneamiento, telefonía, etc., así como puntos de acopio de materiales de construcción, invernaderos para adquisición de plantas, obtención de materiales reciclados, etc.

### **1.2.12 La geología del terreno**

Antes de edificar conviene que una empresa especializada realice un estudio geotécnico del terreno y nos aconseje sobre las capas y la profundidad adecuada a la que se debe cimentar. También necesitaremos ayuda para localizar venas de agua, localización de la capa freática, presencia del peligroso gas radón y zonas geopáticas (zonas de magnetismo alterado).

### **1.2.13 Las radiaciones electromagnéticas**

Cada vez hay más estudios que relacionan la presencia de cables de alta tensión, transformadores de electricidad y antenas de telefonía con la mayor incidencia de ciertas enfermedades. Por ello es necesario observar si en las proximidades de la parcela existen este tipo de instalaciones para tomar las debidas precauciones.

## **1.3 Integración de la casa con el lugar**

---

Debemos considerar el conjunto casa-lugar como un todo indivisible. La planificación de la casa y su entorno debe hacerse simultáneamente, cada metro cuadrado de terreno es tan importante como el metro

cuadrado edificado. En realidad debería considerarse el espacio al aire libre como una estancia más de la vivienda y crear espacios de transición intermedios como patios y verandas.

### **1.3.1 El asentamiento**

Es frecuente colocar la vivienda en lugar que nos parece más hermoso de la parcela, sin darnos cuenta de que una vez hayamos ocupado el sitio con ladrillos y hormigón es muy probable que ese espacio haya perdido su encanto. El lugar debe ser escuchado, sentido, percibido en todos sus aspectos antes de comenzar el diseño de la edificación. Solo así podremos darnos cuenta de cuál es el lugar adecuado para desarrollar cada una de nuestras actividades: lugares para pasear, para estar, para dormir, para cocinar...

### **1.3.2 La forma**

Solamente cuando se hayan “trazado” los diferentes espacios sobre el croquis del lugar empezará a tomar forma la futura edificación. Si hemos “escuchado” el sitio, el diseño se adaptará al terreno como un guante en la mano. La armonía con el paisaje será mayor si se utilizan los materiales propios del lugar. La forma resultante debe permitir hacer un buen acopio de la radiación solar en verano, eludir los vientos de invierno y proporcionar la adecuada ventilación y frescura en verano.

### **1.3.3 La relación con la superficie**

Será fruto del paisaje y el clima. En un solar inclinado se puede llevar a cabo un diseño en dos niveles colocado en la ladera. En lugares áridos y de clima continental puede ser muy útil desde el punto de vista climático plantearse una construcción semienterrada.

## **1.4 Protección frente al medio**

---

El control climático del interior de la vivienda necesita ser apoyado y propiciado por el adecuado diseño y utilización del terreno circundante. El espacio al aire libre nos puede proporcionar un microclima confortable y una relación necesaria y gratificante con la naturaleza.

### **1.4.1 La radiación solar**

En invierno se necesita hacer acopio de la misma y en verano aislarnos de ella. Por ello se deben buscar mecanismos para permitir su entrada en los días fríos y evitarla en tiempo de calor. Además de los elementos puramente constructivos como voladizos podemos utilizar árboles y plantas trepadoras de hoja caduca que en invierno dejan pasar los rayos del Sol y en verano proporcionan sombra.

### **1.4.2 Los vientos**

Los fríos vientos de invierno pueden frenarse con pantallas de setos y árboles de hoja perenne. Si el terreno es irregular pueden aprovecharse los desniveles del mismo para construir la casa en un espacio abrigado orientado al Sur. La forma de la cubierta puede diseñarse más baja por el lado de incidencia de los vientos, de modo que “resbalen” sobre ella sin dejar pared expuesta a los vientos. En zonas secas y frías se puede construir una vivienda semienterrada.

### **1.4.3 Los ruidos**

Las calles, carreteras o vecinos poco cuidadosos pueden hacer necesario la construcción de pantallas acústicas. Existen elementos prefabricados que no quedará más remedio que colocar cuando no se dispone de espacio, pero es mucho más agradable e incluso da mejores resultados la ubicación de una barrera vegetal formada por árboles y setos de hoja perenne, plantados de modo que ofrezcan una curva ascendente.

### **1.4.4 Las zonas geopáticas**

Se evitará construir sobre fallas o venas de agua y se distribuirá el espacio interior de la vivienda de modo que las camas no coincidan sobre los cruces de las redes de Curry o de Hartmann que producen alteraciones del magnetismo terrestre.

### **1.4.5 La contaminación electromagnética**

La presencia de transformadores de electricidad produce campos electromagnéticos indeseables que pueden apantallarse y derivarse a tierra. Si la empresa suministradora de electricidad se niega a hacerlo pueden reducirse considerablemente tales campos con la colocación de fuentes que proyecten agua pulverizada y elementos hincados en el terreno que deriven a tierra los iones del aire.

### **1.4.6 El gas radón**

Las zonas graníticas suelen ser grandes emisoras del gas radioactivo radón que se acumula en el interior de la vivienda y puede resultar peligroso para la salud de sus ocupantes. La mejor forma de librarse de él es la ventilación. Se puede ventilar la solera del edificio para que salga al exterior. También resulta eficaz ventilar la casa. Para ello se pueden abrir las ventanas dos veces al día durante al menos 15 minutos. Para evitar perder calor durante los meses fríos, además de ventilar la solera puede diseñarse la vivienda con conductos de ventilación que precalienten el aire, como veremos en un tema posterior.

## **1.5 Aplicaciones a la construcción bioclimática en Galicia**

---

Galicia es una zona en la que hay que cuidar de modo especial el estudio geológico del terreno a causa de la frecuente existencia de venas de agua subterránea y de terrenos emisores del gas radón que es radioactivo. Por ello debería pedirse siempre la ayuda de profesionales que elaboren dicho estudio y solamente después de conocer los resultados elegir el lugar donde se edificará la vivienda.

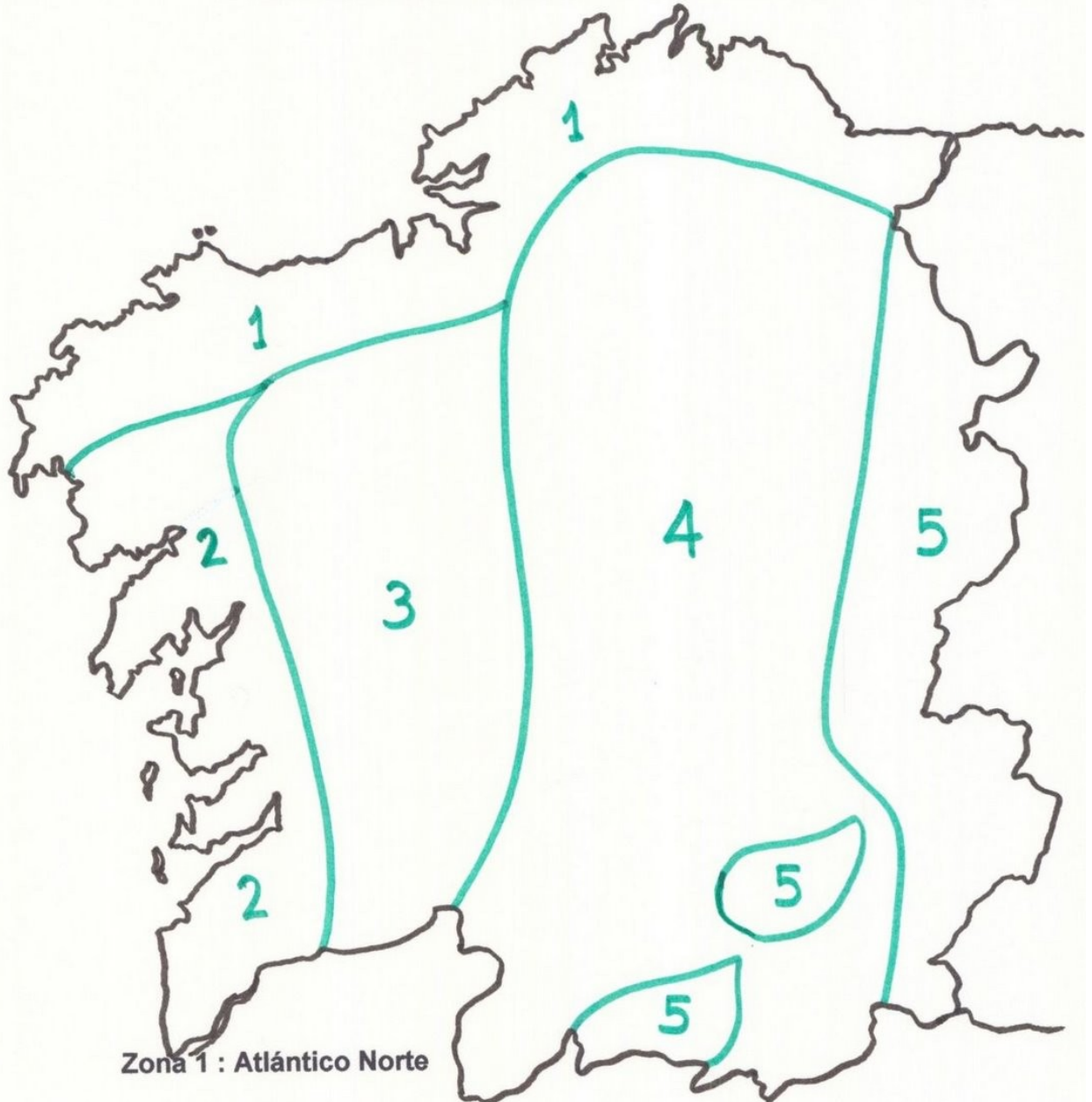
Atendiendo al clima, Galicia se sitúa entre los 43º 45´ de latitud Norte y los 41º 45´ de latitud Sur.

Los vientos predominantes en invierno son del suroeste y vienen del Atlántico cargados de humedad. Durante el verano suelen situarse anticiclones en las islas Azores que impiden su entrada y favorecen la subida de temperaturas.

Galicia se puede considerar dividida en cinco zonas. Existen estudios publicados que la dividen en siete, pero las similitudes existentes entre algunas de ellas justifican esta simplificación.

He realizado un mapa de las zonas climáticas gallegas que está representado en la lámina 4 de este tema. Las zonas son estas:

## Zonas climáticas en Galicia



Zona 1 : Atlántico Norte

Zona 2 : Atlántico Sur

Zona 3 : Interior Oeste

Zona 4 : Interior Este

Zona 5 : Montaña

### **1.5.1 Zona del Atlántico Norte**

Se extiende desde la ría de Noia hasta la ría del Eo.

Media de las temperaturas máximas: 18,5º C

Media de las temperaturas mínimas: 8,5º C.

Pluviometría: unos 1.400 l/m2/año

Temperatura de cálculo para calefacción: 2º C

### **1.5.2 Zona del Atlántico Sur**

Se extiende desde la ría de Noia hasta Baiona.

Media de las temperaturas máximas: 20º C.

Media de las temperaturas mínimas: 9º C.

Pluviometría: 2.000 l/m2/año

Temperatura de cálculo para calefacción: 2º C.

### **1.5.3 Zona interior Oeste**

Zona situada a unos 25 km. de la costa.

Media de las temperaturas máximas: 18º C.

Media de las temperaturas mínimas: 6º C.

Pluviometría: 1.800 l/m2/año

Temperatura de cálculo para calefacción: 0º C.

### **1.5.4 Zona interior**

Zona interior al Este

Media de las temperaturas máximas: 16º C.

Media de las temperaturas mínimas: 4º C. Presenta heladas frecuentes.

Pluviometría: 1.400 l/m2/año

Temperatura de cálculo para calefacción: -2º C.

### **1.5.5 Zona de montaña**

Ocupa los alrededores de la Sierra de Manzaneda, San Mamede, Do Burgo, Queixa, la zona de Baltar, Cualedro, Serra do Larouco y la frontera oriental con Asturias, León y Zamora.

Media de las temperaturas máximas: 15º C.

Media de las temperaturas mínimas: 0º C

Pluviometría: 1.850 l/m2/ año, la mayoría de la cual cae en invierno, ya que la pluviosidad es reducida en verano.

Temperatura de cálculo para calefacción: -4º C.

## 1.6 Datos, curiosidades y anécdotas:

---

Los antiguos griegos hacían un ritual para sentar los cimientos de los edificios que construían. En él pedían permiso a la Madre Tierra para construir sobre ella y solicitaban su protección para los habitantes que iban a vivir ahí.

Cuando los romanos debían elegir un lugar para edificar una ciudad, dejaban pastando un rebaño de ovejas durante un año al cabo del cual observaban si las ovejas estaban sanas o enfermas. Sólo construían asentamientos en los lugares donde el ganado crecía fuerte y vigoroso.

En los países escandinavos de la antigüedad construían sus asentamientos alrededor de un árbol vivo porque sus raíces simbolizaban su unión con la Madre Tierra.

Se dice que los antiguos reyes chinos vivían durante el invierno en cuevas que habilitaban como viviendas y en verano residían en pequeñas construcciones hechas sobre los árboles.

Los tuaregs de hoy en día, cuando llega la noche en el desierto del Sahara y necesitan un lugar donde acampar, dejan sueltos a los perros y esperan que se tumben en el suelo. Colocan siempre sus tiendas en el lugar elegido por los perros para acostarse.

Cuenta la leyenda del Rey Arturo que el mago Merlín el Encantador vivía en un viejo árbol y tenía un lobo como animal de compañía.

Los indios del río Orinoco también construyen sus viviendas sobre los árboles por encima de las nubes de mosquitos.

A principios del siglo XX se pusieron de moda en la zona de París varios restaurantes edificados sobre árboles y a los que acudía gente acaudalada.

En el desierto de Kalahari hay muchas cuevas que pueden servir de vivienda, pero los bosquimanos prefieren construirlas con ramas y hierba. Para ello buscan un gran árbol y se acomodan cerca de él. Las mujeres construyen las cabañas y algunas veces dejan a los hombres ancianos o solteros sin refugio. Entonces ellos para resaltar su lugar propio clavan en el suelo una rama y colocan al lado sus pertenencias. De este modo conservan su sensación de poseer un lugar.

En ocasiones los seres humanos han elegido lugares para construir viviendas algo especiales. En las ciudades medievales europeas era frecuente la construcción de casas de dos o tres pisos encima de los puentes. Se colocaban tiendas y talleres hasta dejar casi impracticable el paso sobre el puente. Esta costumbre se mantuvo durante siglos.

Con la llegada del deshielo en la primavera, los puentes sufrían la avalancha de las aguas además de tener que soportar el peso de las edificaciones. Por este motivo se derrumbó el puente de Saint Michel de París en dos ocasiones diferentes: en 1407 y en 1616. En el deshielo de 1658 se derrumbaron 22 viviendas

de madera situadas sobre el puente Marie. El 7 de septiembre de 1.785 Luis XVI ordenó la demolición de todas las casas construidas sobre los puentes de Paris para dejar espacio libre a la circulación.

Actualmente puede ser complicado el encontrar un lugar adecuado para situar la vivienda debido a la proliferación de líneas de alta tensión, antenas de telefonía y transformadores de electricidad. Los campos electromagnéticos en el hogar no deberían tener una intensidad superior a los 2 mG (miligauss).

Según investigaciones realizadas por el Instituto Karolinska de Estocolmo, las personas expuestas a intensidades superiores a 4 mG tienen un riesgo 4 veces mayor de padecer leucemia y/o tumores cerebrales. El gobierno sueco reconoce la vinculación entre el cáncer y los campos electromagnéticos estableciendo normas de seguridad al respecto y ha trasladado a las familias con niños lejos de los tendidos de líneas de alta tensión.

## 2 Unidad didáctica 2: Climatología de la construcción

### 2.1 Introducción

---

Este es uno de los temas que incluyen algunos apartados que pueden considerarse propios de los ciclos constructivos de la rama de edificación, como el estudio de las zonas de confort climático, pero otros como los modos de transmisión de calor pueden impartirse en los bachilleratos. Es el profesor quien a la vista del nivel de conocimientos del grupo con el que trabaje ha de decidir hasta qué apartado de este tema incluye en su programación.

La necesidad de un microclima no es exclusiva de los seres humanos.

La gran mayoría de los animales buscan un cobijo en alguna etapa de su vida donde guarecerse. Las larvas de las mariposas fabrican un capullo dentro del cual existe un microclima propicio para transformarse en adulto. Los pájaros hacen nidos, los mamíferos madrigueras. El ser humano construye su casa dentro de la cual las condiciones climáticas son muy diferentes a las del medio ambiente exterior.

Durante milenios la adaptación de las viviendas a la climatología exterior ha sido tan variada como culturas han existido. Con los materiales más simples y convirtiendo los problemas en soluciones los diferentes pueblos han conseguido viviendas cómodas en cualquier punto del planeta. Por ejemplo, el iglú es una maravilla tecnológica. Es una semiesfera de hielo revestida interiormente con pieles para crear una cámara de aire, de modo que una simple lámpara de grasa de ballena proporciona el suficiente calor para hacerlo confortable. El frío hielo puede proporcionar el microclima adecuado. Una de las láminas de este tema representa algunos ejemplos significativos.

En nuestra cultura olvidamos con demasiada frecuencia armonizar el edificio con el lugar.

La vivienda es un cobijo que ha de soportar las condiciones medioambientales sin deteriorarse por lo que debe diseñarse en armonía con el lugar donde se ubica, pues de lo contrario se verá aquejado por diferentes patologías como humedades o grietas que le causarán una vejez prematura. En verano la radiación solar dilata los muros y en invierno el frío los contrae.

Estos movimientos de dilatación-contracción van produciendo grietas, muchas veces inapreciables a simple vista, que abren camino a la entrada de la humedad en cuanto llegan las lluvias. Si el muro está orientado al Norte, esta humedad que ha penetrado en su interior puede mantenerse todo el año.

Se deben tener en cuenta la orientación, la altitud sobre el nivel del mar, las precipitaciones, riesgo de heladas, su ubicación según sea zona rural o urbana, presencia de edificaciones vecinas que le den sombra, etc. Los edificios no deberían diseñarse “en serie” y los elementos de confort climático que alberga tampoco.

Hay edificios que pueden considerarse “calientes”, como viviendas, escuelas, hospitales, oficinas, centros comerciales, piscinas climatizadas y hoteles. Templados los pabellones de deporte, cines, teatros,

templos, mercados cubiertos y buen número de industrias. Edificios fríos serían los almacenes y ciertas industrias.

La vivienda debe proporcionar a sus ocupantes una sensación de comodidad y agrado que les ayude a desarrollar plenamente sus capacidades. Estas pueden ser tan variadas como personas hay. Deben conocerse las actividades que desarrollarán dentro del edificio para adecuar los elementos de regulación del clima a las mismas. Una sala destinada a la lectura tendrá diferentes exigencias que un taller.

Finalmente analizaremos en este tema el aislamiento térmico y acústico que se tendrá en cuenta sobre todo en el diseño de volúmenes, muros, suelos y cubierta. La necesidad de aporte calorífico de un edificio dependerá de su situación, diseño y del poder aislante de su envoltura externa.

## **2.2 Modos de transmisión del calor**

---

El calor es una energía que sale de los cuerpos calientes y se transmite a los fríos. En un edificio nunca entra el frío sino que sale el calor del interior hacia el exterior. El calor se transmite de varias formas:

### **2.2.1 Por conducción**

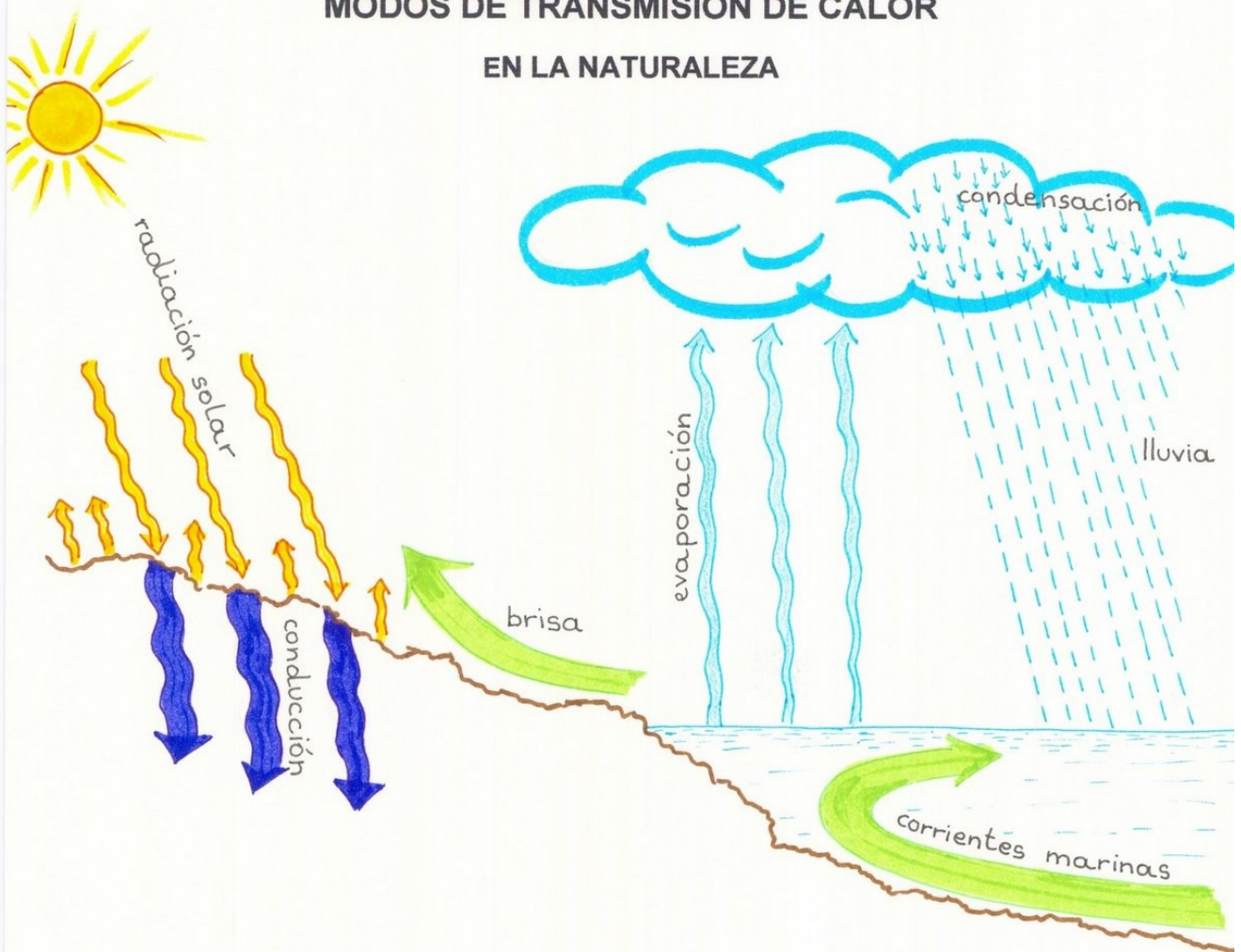
El calor se transmite de molécula a molécula sin que éstas se desplacen. Es el modo en que se calienta una cucharilla fría que metemos en el café caliente o una barra de metal o una sartén que ponemos en contacto con la llama. Los seres humanos transmitimos calor de este modo a la ropa y al aire que están en contacto con nuestra piel.

### **2.2.2 Por convección**

El calor se transmite desde las moléculas de un cuerpo caliente a las moléculas de un fluido en movimiento. Es el modo en que un radiador calienta el aire de una habitación, puesto que el aire al calentarse se dilata, baja su densidad, se eleva y otro aire frío más denso pasa a ocupar su lugar tocando al radiador. También sucede al calentar agua en una cacerola con la llama debajo de ella. Podemos ver las corrientes de convección muy fácilmente.

El aire que rodea a las personas también se eleva al calentarse. Nosotros también producimos corrientes de convección. En bioclimatismo se habla de convección forzada cuando aceleramos esta circulación de fluidos para mejorar los intercambios térmicos.

## MODOS DE TRANSMISIÓN DE CALOR EN LA NATURALEZA



- CONDUCCIÓN** a través del terreno
- RADIACIÓN** del sol y del terreno caliente
- CONVECCIÓN** por las brisas y corrientes marinas

Por cambios de estado del agua:

- EVAPORACIÓN** : formación de nubes
- CONDENSACIÓN** : lluvia

### **2.2.3 Por cambio de estado**

#### **2.2.3.1 Por evaporación (o vaporización)**

Un líquido para evaporarse necesita una cantidad de calor que capta del ambiente. Todos hemos experimentado en días calurosos cómo podemos refrescarnos mojándonos la piel. El agua al evaporarse nos roba calor y nos sentimos más frescos.

El calor se transmite desde un cuerpo caliente al líquido que se evapora. La arquitectura tradicional de los países de Oriente Medio siempre ha utilizado este sistema de enfriamiento por evaporación para refrescar sus viviendas.

#### **2.2.3.2 Por condensación (o licuefacción)**

Un gas posee una cantidad de calor que obtuvo al convertirse de líquido en gas. Este calor lo devuelve cuando se enfría y se convierte de nuevo en líquido. Todos hemos observado en las mañanas frías cómo el vapor de agua que contenía el aire de nuestra habitación se ha condensado en el cristal de la ventana.

#### **2.2.3.3 Por radiación**

Es una transmisión de calor a través de ondas electromagnéticas. No necesita un soporte material ya que las radiaciones electromagnéticas se transmiten en el vacío. Es el modo por el que llega hasta nosotros el calor del Sol. Nosotros también transmitimos calor por radiación.

En climatización se utilizan las superficies radiantes desde hace siglos. Los romanos utilizaban un sistema de calefacción por suelo radiante. Ahora, además de los suelos se emplean cada vez con más frecuencia los muros radiantes.


Se estima que en los seres humanos el 88% de las transmisiones térmicas se realizan a través de la piel y el 12 % por los pulmones. Estos datos varían según el tipo de actividad que se esté desarrollando, ya que las pérdidas por evaporación del sudor son muy variables. Las pérdidas por radiación son alrededor del 40% y las de conducción y convección del 39%.

En el apartado de actividades (en el Libro del Profesor) se sugiere una actividad para comprobar el calor cedido por radiación por el cuerpo humano.


En las láminas de esta unidad hay varias que ilustran los diferentes modos de transmisión de calor en los seres humanos, en la naturaleza y en los edificios.

## MODOS DE TRANSMISIÓN DE CALOR EN LOS EDIFICIOS



 **CONDUCCIÓN** a través del terreno y los materiales de construcción

 **RADIACIÓN** del sol y superficies radiantes

 **CONVECCIÓN** a través de las corrientes de aire





Por cambios de estado del agua:

 **EVAPORACIÓN**

 **CONDENSACIÓN**

## MODOS DE TRANSMISIÓN DE CALOR EN LOS SERES HUMANOS



-  **EVAPORACIÓN** a través de la piel y la respiración
-  **CONDUCCIÓN** a través de los cuerpos sólidos
-  **RADIACIÓN** en forma de ondas electromagnéticas
-  **CONVECCIÓN** a través del aire en movimiento

## **2.3 Reacciones fisiológicas del cuerpo humano frente al clima**

---

Un ser humano es un ser vivo que necesita interaccionar continuamente con el entorno que le rodea para poder subsistir y tener una existencia confortable.

La temperatura interna de un organismo humano es de 37º C. que debe mantenerse en todo momento. Si la temperatura interior se altera, por ejemplo cuando hay fiebre, indica que existe algún tipo de enfermedad. Los esquimales que viven en el Ártico y los tuaregs del Sahara mantienen la misma temperatura interna de 37º C aunque su vida se desarrolle en medios muy diferentes.

Para poder mantener esa temperatura interna constante el cuerpo humano realiza continuamente intercambios energéticos con el medio ambiente que le rodea y dispone de un órgano de contacto: la piel, que juega un importante papel en el mecanismo de regulación térmica. Los capilares de la piel representan el mayor depósito de sangre del organismo.

La fisiología humana pone en marcha, según las situaciones, los siguientes mecanismos de regulación térmica:

### **2.3.1 Regulación química de la temperatura interior del cuerpo**

#### **2.3.1.1 En ambiente frío**

Se genera calor interno por medio de reacciones de oxidación en el interior de las células para compensar las pérdidas que pueda ocasionar el frío ambiental.

#### **2.3.1.2 En ambiente cálido**

Se dan pocas reacciones de oxidación para no generar calor, se produce una relajación para que la actividad muscular sea menor y no se quemase glucosa en las células.

### **2.3.2 Regulación física de la temperatura interior del cuerpo**

#### **2.3.2.1 En ambiente frío**

Los capilares de la piel se contraen, se produce una vasoconstricción. Al restringir el paso de la sangre por la piel, la piel se enfría y se pierde muy poco calor a través de ella.

#### **2.3.2.2 En ambiente cálido**

Se produce una vasodilatación de los capilares de la piel, la sangre fluye por ellos pudiendo incluso apreciarse un enrojecimiento por el gran aporte sanguíneo. Simultáneamente se produce sudoración y la piel caliente evapora el agua del sudor refrigerando la sangre que circula por los capilares. Al enfriarse la sangre a su paso por la piel se refrigera todo el organismo.

Los capilares funcionan bien entre unos límites bastante amplios. Pasados estos pueden producirse congelaciones ante un ambiente excesivamente frío o un colapso (golpe de calor) en situaciones de excesivo calor, especialmente si se trata de aire caliente cargado de humedad.

Vemos pues que no puede considerarse a un ser humano como un ente independiente de su entorno, puesto que, se sea consciente o no, en realidad formamos un conjunto “ser vivo-medio ambiente” en íntima y permanente interrelación.

Por último hay que destacar que aunque se han realizado muchos estudios no se ha encontrado un “clima” ideal en el cual todo el mundo se encuentre cómodo. Esto es debido a varios factores. La edad es uno de ellos. La respuesta al ambiente no es la misma en un joven de veinte años que en un anciano. Una persona que ha crecido en el trópico no responderá igual que un escandinavo. Influye el tipo de actividad que se esté desarrollando: una persona adulta de tamaño medio en reposo absoluto puede tener un metabolismo energético de tan solo 70 kcal./hora y esa misma persona puede desarrollar 500 kcal./h. corriendo. También influyen factores culturales, genéticos y las patologías que cada persona pudiera padecer.

## **2.4 Clima interior de la vivienda.**

---

### **2.4.1 Factores que determinan el clima**

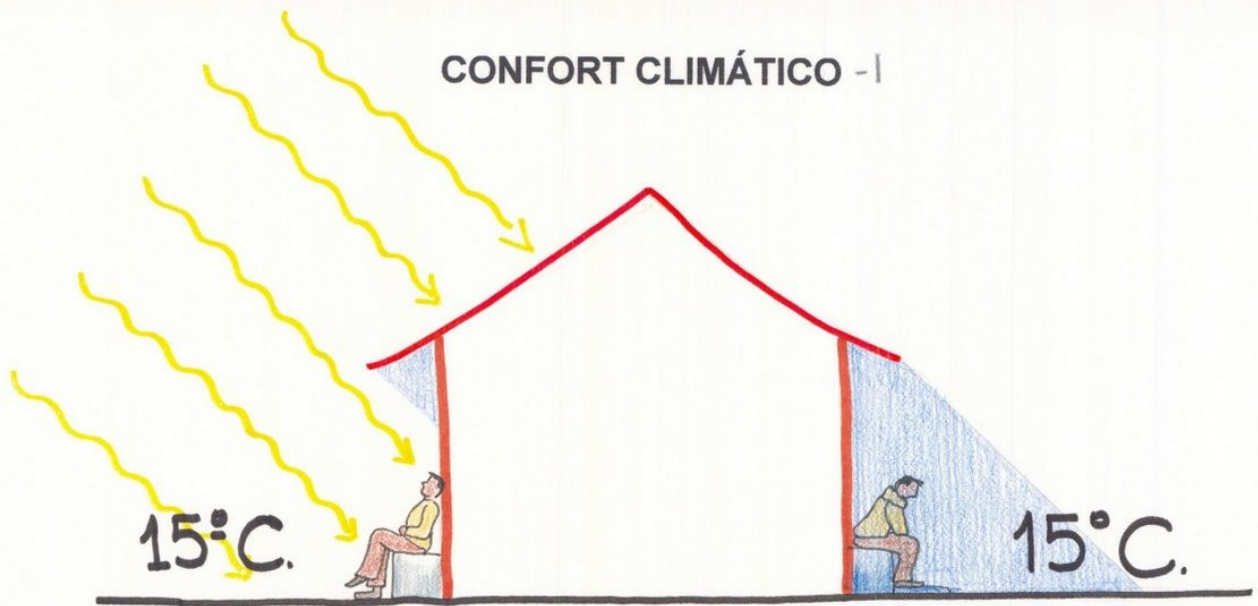
Hemos visto que el interior del cuerpo humano debe estar a 37º C. y que para mantener dicha temperatura ajusta sus procesos metabólicos generadores de calor interno y regula las pérdidas de calor a través de los capilares de la piel. De este modo puede adaptarse a condiciones climáticas muy variables sin que ello signifique que se encuentre cómodo.

El clima es una magnitud compleja en la que intervienen diversos factores que se relacionan entre sí. De la integración de todos ellos se puede lograr un entorno climático confortable. Aunque cada persona es diferente se han estudiado los márgenes de los factores climáticos en los cuales la gran mayoría de las personas se encuentran cómodas. Son éstos:

#### **2.4.1.1 Temperatura del local**

Se suele decir que las personas se sienten confortables en hogares cuya temperatura esté entre los 18 y los 24º C. dependiendo del vestuario y la actividad que desarrollen en ella. También depende de la edad, los bebés y ancianos necesitan temperaturas más elevadas. Sin embargo se ha comprobado que la temperatura de las paredes debería ser más elevada que la del aire y el techo.

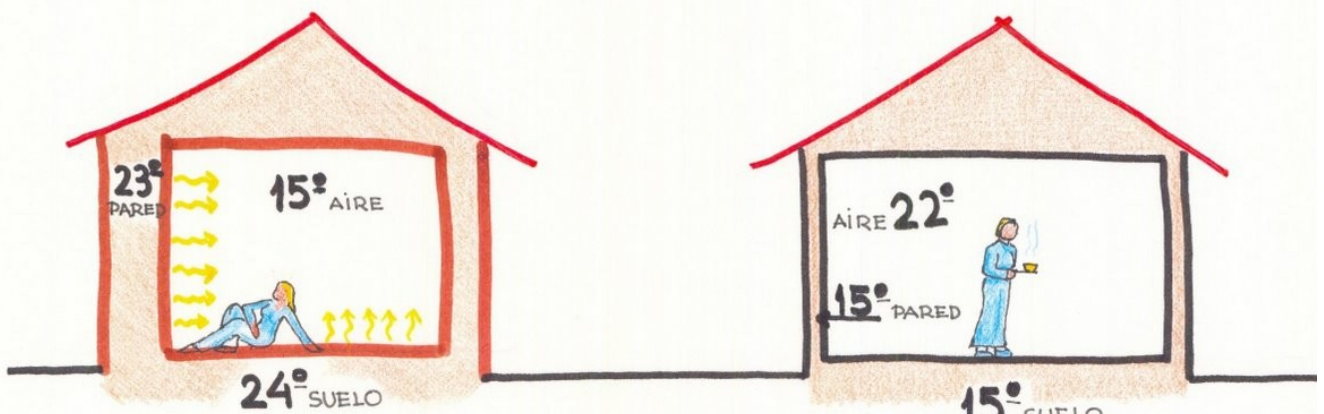
### CONFORT CLIMÁTICO - I



CON RADIACIÓN SOLAR  
**AGRADABLE**

A LA SOMBRA  
**DESAGRADABLE**

Depende de la radiación calorífica



PAREDES Y SUELOS CALIENTES  
QUE IRRADIAN CALOR  
**AGRADABLE**

PAREDES Y SUELOS FRÍOS  
QUE PIERDEN CALOR  
**DESAGRADABLE**

Depende de la temperatura de las superficies del local

Una habitación cuya temperatura del aire sea de 20º C. y la temperatura de las paredes esté a 16º C. da una sensación de confort equivalente a otra cuya temperatura del aire sea de 12º C. y las paredes estén a 24º C.

#### **2.4.1.2 Velocidad del aire**

El aire en movimiento aumenta la sensación de frío. Cuando estamos en reposo a temperatura media, por lo general cualquier corriente de aire es molesta. Si además el aire viene a ráfagas resulta aún más incómodo.

La velocidad del aire en el interior de una vivienda debería ser en invierno de 0.1 metros por segundo. En primavera y otoño algo más elevada, hasta 0.3 m/seg. En verano la velocidad puede elevarse para favorecer la refrigeración. No solamente influye la velocidad del aire, sino también su dirección y zona del cuerpo en la que incide: se tolera mejor una corriente de aire lateral que desde el suelo o el techo.

#### **2.4.1.3 Humedad relativa**

La humedad relativa del aire debe estar entre el 30 y el 70%. No debe superar el 70%. Teniendo en cuenta que en nuestras latitudes es frecuente que en invierno la atmósfera exterior supere esta cifra, hemos incluido en el apartado: “Aplicación a la construcción bioclimática en Galicia” de esta unidad didáctica, un estudio de los métodos para combatir la humedad en los edificios.

#### **2.4.1.4 Tipo de actividad que se desarrolla en el local**

Una persona que esté sentada leyendo quema unas 90 kcal/hora. Esa misma persona caminando por la casa gasta 250 kcal/hora y trabajando en el taller 400. También influye el vestuario, todos hemos tenido la experiencia en el verano de sentir frío al entrar en un local excesivamente refrigerado. Por ello, cuando se habla de clima ideal en un local hay que tener en cuenta estos datos. Deberán estar a menor temperatura los espacios en los que se desarrolla algún tipo de actividad física y aquellos ocupados por personas con ropa abrigada.

#### **2.4.1.5 Densidad de personas en el local**

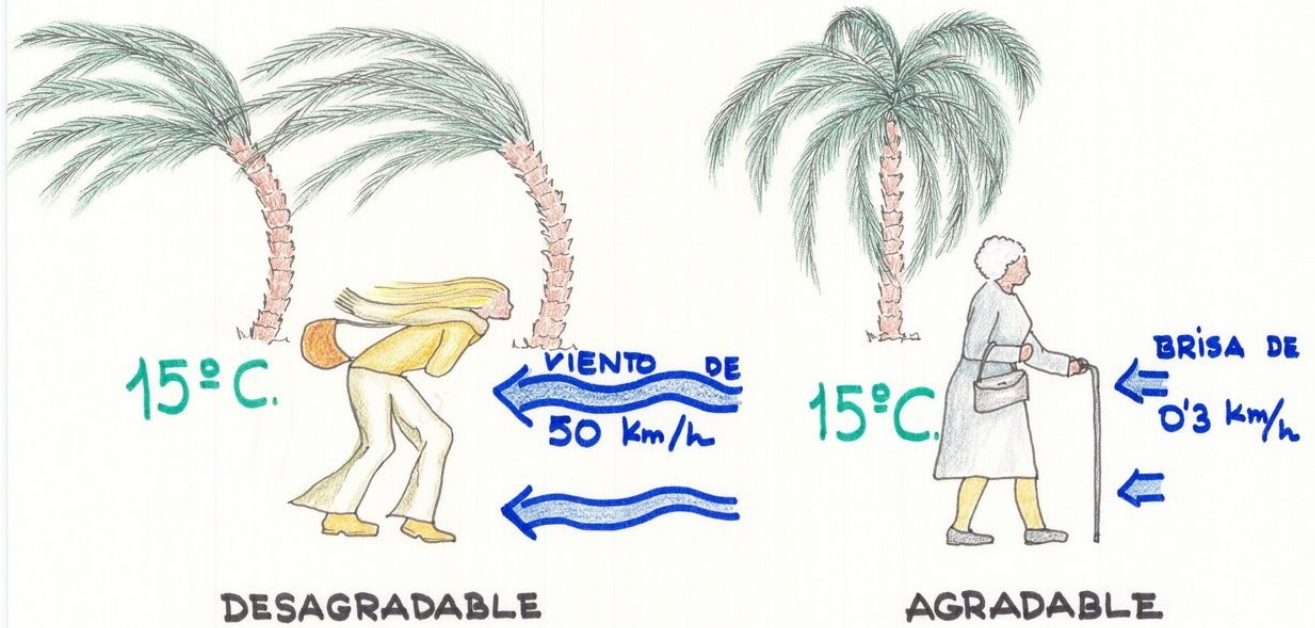
Los seres humanos tenemos sangre caliente, cada uno de nosotros somos una fuente de calor. Si un local va a estar ocupado por muchas personas sus necesidades de caldeo serán menores.

#### **2.4.1.6 Variaciones atmosféricas que producen efectos sensoriales**

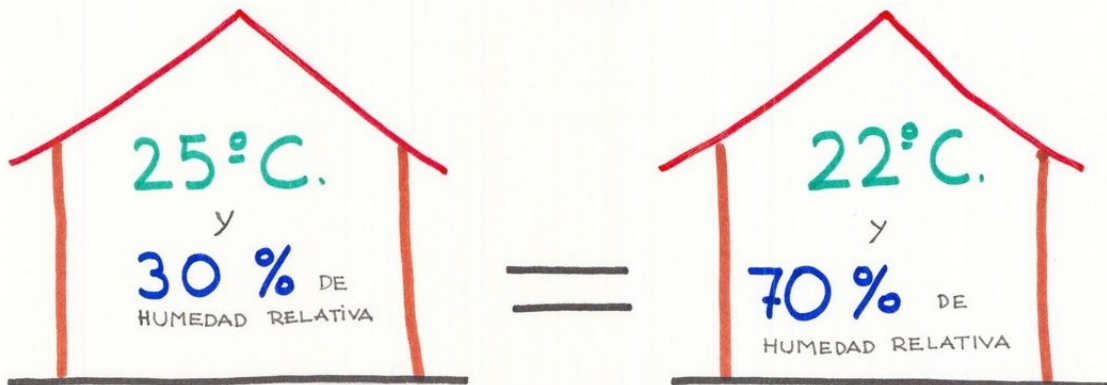
La sensación de confort también depende de otros factores como son los ruidos, vapores, olores, presencia de humos y el grado de polución atmosférica.

Los humos más frecuentes provienen del tabaco y los combustibles, como la leña de una chimenea.

### CONFORT CLIMÁTICO - II



Depende de la velocidad del aire



A PESAR DE LA DIFERENCIA DE TEMPERATURA SON **IGUALES** EN CUANTO A CONFORT CLIMÁTICO

Depende de la humedad relativa del aire

Existen otros contaminantes que emiten objetos domésticos, como pinturas, barnices, líquidos limpiadores, madera aglomerada, algunos aislantes como la urea-formaldehído, etc.

Si el ambiente está contaminado de humos habrá que incluir un factor descontaminante, por ejemplo: ventilación. Si la contaminación se debe a vapores emanados por productos más o menos tóxicos, el mejor método es no meter tales sustancias en el edificio. Si el daño ya está hecho puede combatirse con la ubicación de plantas que “digieren” este tipo de sustancias, como el ágave, el *chlorophytum elatum*, la *sansevieria trifasciata*, las hiedras, la gervera y otras.

#### **2.4.2 Relaciones entre factores climáticos**

Estos factores climáticos son funciones interdependientes, se relacionan entre ellas de una forma compleja. Los compararemos:

##### **2.4.2.1 Temperatura y velocidad del aire**

A igualdad de temperatura, la sensación de frío es mayor si aumenta la velocidad del aire.

##### **2.4.2.2 Temperatura del aire y humedad relativa**

El frío con el aire cargado de humedad se percibe más “frío” y el calor húmedo resulta bochornoso. Si el aire está saturado de humedad el sudor no se evapora, el cuerpo no se refresca y se produce una sensación de sofoco.

##### **2.4.2.3 Temperatura del aire, humedad relativa y velocidad del aire**

La sensación de bochorno que se produce con temperatura elevada y humedad relativa alta se hace soportable al aumentar la velocidad del viento.

##### **2.4.2.4 Temperatura y número de personas en el local**

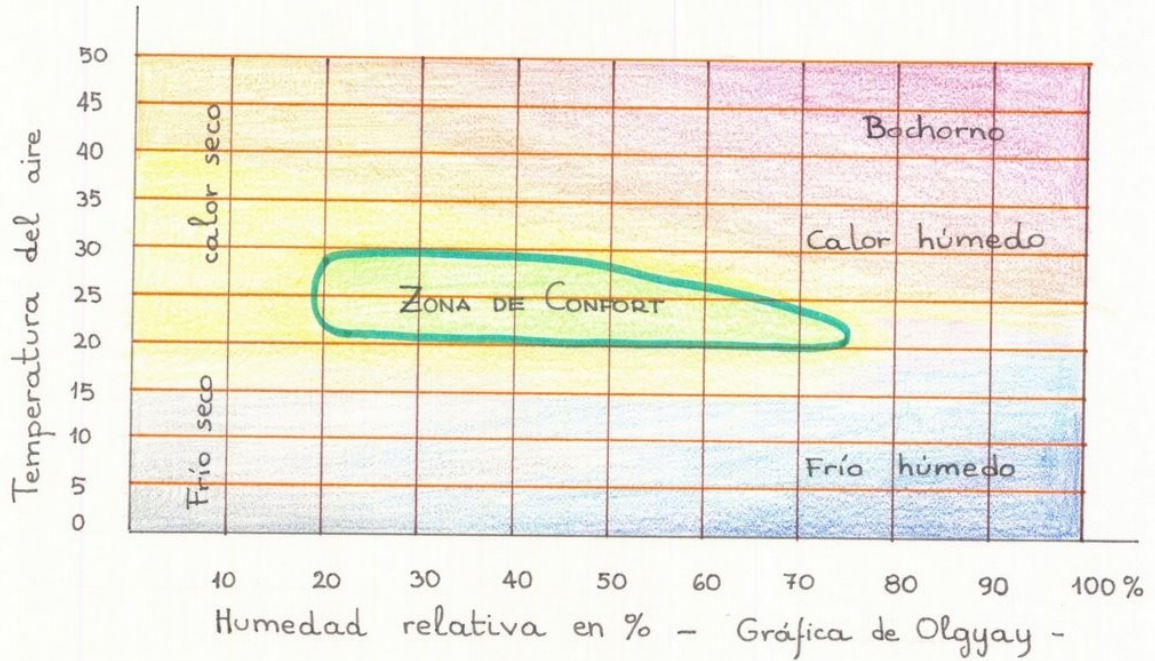
Las personas somos seres de sangre caliente y todas estamos a la misma temperatura. Nuestro organismo está diseñado de modo que el calor que desprenden las reacciones químicas de oxidación que ocurren en el interior de nuestras células se disipa en el aire que nos rodea.

En los locales en los que la gente está muy aglomerada, no hay apenas corrientes de aire entre las personas y el calor que cada cuerpo debería ceder no lo pierde, con lo que se sufre un acaloramiento.

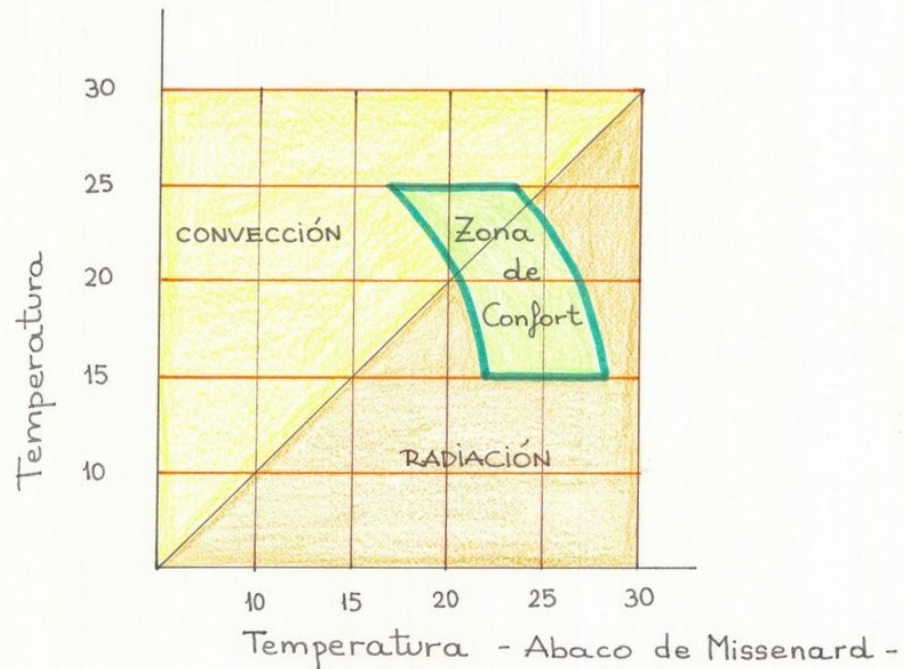
##### **2.4.2.5 Temperatura y humos**

El humo en ambiente frío molesta más a los ojos y garganta que el humo en un aire cálido.

### ZONAS DE CONFORT CLIMÁTICO



### Según la temperatura y la humedad relativa del aire



### Según la temperatura del aire y la radiación

#### 2.4.2.6 Humedad relativa y polvo en suspensión

El polvo en suspensión es más molesto si la humedad relativa es alta. Es importante que los radiadores no recojan polvo, que sean de superficies planas. En general todas las calefacciones de tipo convectivo (el típico radiador), generan un movimiento de aire que transporta polvo.

Para analizar algunas de estas relaciones entre los factores que determinan el clima de un local y los parámetros de las zonas de confort, observar los gráficos de la lámina: "Zonas de confort climático" y las dos láminas tituladas: "Confort climático".

## 2.5 Aislamiento

---

Hemos visto que, gracias a la piel, el organismo humano se comporta de modo que la pérdida de energía con el medio que le rodea tiende a cero.

La tecnología de la construcción aún no ha avanzado lo suficiente para conseguir una envoltura a los edificios que funcione tan eficazmente, pero sí disponemos de mecanismos que utilizados conjuntamente nos permiten regular de modo bastante satisfactorio los intercambios de energía con el ambiente exterior. Otra necesidad que podemos tener, sobre todo en las ciudades, es impedir la entrada en la vivienda de ruidos molestos. Uno de estos medios eficaces que podemos emplear es el aislamiento.

Como su nombre indica el aislamiento es una barrera que aísla, que dificulta el paso a través de ella de calorías cuando se trata de aislamiento térmico y de sonidos cuando hablamos de aislamiento acústico.

A partir de este momento trataré ambos tipos de aislamiento por separado para facilitar su análisis, sin olvidar que en el diseño del edificio se deben contemplar conjuntamente.

### 2.5.1 Aislamiento térmico

La mayor dificultad con la que me he encontrado al hacer este trabajo es seleccionar qué información incluyo en él. En este apartado del aislamiento voy a limitarme a dar una visión del aislamiento térmico desde el punto de vista de la arquitectura bioclimática exclusivamente y diferenciar los aislantes dañinos para el medio ambiente de los sanos.

Un buen aislamiento debe evitar los puentes térmicos y aún así no asegura por sí solo el confort ni el ahorro energético si no va acompañado de otra serie de medidas como es tener un buen diseño, que permita la captación de energía solar, su almacenamiento en invierno y su disipación en verano.

Para que un aislamiento térmico funcione bien hay que tener en cuenta dónde se coloca y cómo funciona. Cuando hablábamos de los tipos de transmisión del calor, observábamos que existen cuatro modos: conducción, convección, cambio de estado y radiación.

Los aislantes térmicos suelen ser materiales con valores de conductividad térmica muy bajos. La velocidad de propagación del flujo térmico en los gases en reposo suele ser bajísima. Este hecho se aprovecha en aislamiento y muchos materiales aislantes están formados por pequeñas células que contienen en su interior algún tipo de gas, generalmente aire.

Hemos de añadir que no sirve de nada la colocación de un buen aislante si se dejan puentes térmicos que permitan la fuga de calorías a través de ellos.

La transmisión de calor por convección necesita de un fluido en movimiento. En un cerramiento esto solamente ocurre en el caso de cámaras de aire ventiladas.

Las cámaras de aire ventiladas tienen la ventaja de eliminar los problemas de humedades que con tanta frecuencia se dan en Galicia, pero es preciso asegurarse de que el material aislante no deje espacios sin cubrir que actúen como puentes térmicos.

A este respecto hay autores que defienden que en el caso de climas excesivamente húmedos y fríos existan dos cámaras, una ventilada para evaporar la humedad y otra más interior con el aislamiento. Otros desaconsejan en este clima grandes masas térmicas. (Rafael Serra y Elena Coch)

La transmisión de calor por cambio de estado se puede dar en el interior de los cerramientos cuando existen humedades en ellos y el agua se evapora enfriándolos. Estas humedades pueden tener varias causas que habría que prever en el diseño del edificio:

- punto de rocío: deberá calcularse para que coincida por la parte exterior del aislamiento y su evaporación no enfríe el interior.
- humedades ascendentes por capilaridad provenientes del subsuelo: debería hacerse una barrera continua de impermeabilizante, por ejemplo de polietileno.
- agua de lluvia: empleo de materiales que “respiren” para permitir la evaporación, como los revestimientos de morteros de cal. En casos desesperados puede hacerse una cámara de aire ventilada como mencionamos antes.
- edificaciones a media ladera: en este tipo de edificios siempre debe hacerse un drenaje que recoja el agua que baja ladera abajo y la aleje del edificio.

La transmisión de calor por radiación no necesita soporte material, se puede transmitir en el vacío, pero sí precisaría que dicha radiación pudiese penetrar en el material. La radiación solar calienta únicamente la superficie de los cerramientos, no tiene mayor poder de penetración. La superficie de los materiales expuestos al sol se calienta y por conducción, de molécula a molécula se va transmitiendo el calor hacia el interior.

Un planteamiento que se hace la arquitectura bioclimática en cuanto al aislamiento térmico es su ubicación, es decir, si debe colocarse hacia el interior del edificio o cerca del exterior.

Esto equivale a decidir si se aprovecha la masa térmica de los muros como almacén de calor y elemento modulador térmico o no. Vamos a analizarlo:

#### **2.5.1.1 Aislamiento térmico colocado hacia el interior**

No aprovecha la masa térmica de los materiales de construcción que forman la envoltura del edificio. Éste se calienta muy rápidamente si se dispone un foco de calor en el interior, porque el aislante impide que se caliente la cáscara exterior, con lo que todo el calor queda dentro. Del mismo modo se enfriará rápidamente al apagarse porque no dispone de calor acumulado.

Pueden emplearse materiales de cerramiento ligeros y puede haber un aprovechamiento de la radiación solar por medio de colectores solares. También pueden colocarse masas sólidas (Ej. pared Trombe-Tema 3) o un depósito acumulador lleno de líquido en el interior que se calientan con el sol y se convierten en sistemas radiantes cuando baja la temperatura.

Un edificio de masa térmica baja que no cuente con un sistema de regulación térmica puede resultar incómodo. La energía contenida en la radiación solar que entre por las ventanas orientadas al sur, calentará rápidamente esa zona pudiéndose alcanzar temperaturas excesivas. Puede hacerse imprescindible proyectar algún sistema de ventilación.

A su vez, en las noches de invierno la baja inercia térmica hará bajar rápidamente las temperaturas y será necesario algún sistema de calefacción. Algunos autores como Ken Kern defienden que en climas con veranos calurosos los dormitorios no debieran tener aislamiento o tenerlo interior para permitir un enfriamiento rápido por la noche y facilitar el descanso. Asimismo las zonas de estar, comedor y cocina deberían contar con un aislamiento exterior y una gran masa térmica para retrasar el aumento rápido de las temperaturas diurnas.

En general este sistema de aislamiento en el interior es adecuado en edificios de uso intermitente como teatros o viviendas de fin de semana, en los que no resulta rentable calentar para dos días la gran masa térmica de la envoltura que va a ir enfriándose lentamente el resto de la semana.

#### **2.5.1.2 Aislamiento térmico colocado hacia el exterior**

Está indicado en edificios de uso habitual. Pueden emplearse en el interior materiales de construcción con una gran inercia térmica, por ejemplo cerámicos de cierto espesor que se calientan lentamente y a su vez se enfrían también con lentitud irradiando al ambiente el calor que albergan, por lo que pueden actuar como acumuladores de calor que van cediendo lentamente cuando cesa la fuente de calor. Son excelentes acondicionadores térmicos.

Disponer de una gran masa térmica dentro del aislamiento permite almacenar durante el día una gran cantidad de energía procedente de la radiación solar que entra por las ventanas orientadas al sur. A su vez esta gran cantidad de calor acumulado se irá cediendo al ambiente cuando llega la noche y en los días

nublados. Un sistema bien diseñado y aislado puede acumular calor suficiente para que a lo largo de cinco días nublados sucesivos solamente baje la temperatura interior en 2º C.

Mucho mejores resultados, en cuanto a mantenimiento de una temperatura constante en el interior, dan las viviendas enterradas o semienterradas que se verán en la U.D. 6. Además la enorme masa térmica que proporciona la tierra que rodea al edificio, lo protege de las heladas y de las dilataciones y contracciones térmicas producidas por las variaciones bruscas de temperatura del exterior.

Queda añadir que no podemos olvidar que debe aislarse la solera del edificio, en especial en zonas húmedas en las que el terreno está frecuentemente empapado y el agua del terreno atrapa el calor del edificio.

### **2.5.2 Aislamiento acústico**

Somos el segundo país más ruidoso del mundo después de Japón. Nos guste o no, esto es así. Por ello, cuando se habla de aislamiento acústico en una vivienda de ciudad hay que entender que podemos gastarnos un dineral en aislamiento y aún así no tendremos garantías de éxito si los vecinos no ayudan.

En una vivienda los ruidos pueden llegar por tres vías:

- Procedentes del exterior: los más habituales son los ruidos de tráfico, maquinaria de construcción y voces de personas que salen de juerga por la noche los fines de semana (a partir de 4.000 Hz).
- Ruidos transmitidos a través de los materiales de construcción: pueden abarcar todo el espectro auditivo: ruidos de impacto por caídas de objetos, tuberías, voces, música, motor del ascensor, electrodomésticos...
- Ruidos aéreos: Los sonidos se transmiten por el aire, alcanzan un elemento constructivo (tabique, estructura, etc.), se transmiten por él y desde él al aire de otra vivienda. Los “bajos” de una cadena de música que suena en el primer piso pueden percibirse en el octavo transmitiéndose a través de los pilares de hormigón armado.

Los ruidos aéreos que llegan a la vivienda también pueden abarcar todo el espectro auditivo y pueden llegar a nosotros directamente o por reflexión.

Cuando una onda sonora llega a un objeto sólido, una parte de la onda se transmite a través del sólido y otra parte se refleja y transmite por el aire.

El mejor sistema para librarse de los ruidos es no producirlos. Si se producen lo mejor es bloquearlos en el origen. Si a una persona le gusta oír la música a gran volumen puede usar unos auriculares eliminando el ruido en origen. Siempre será mucho más eficaz y barato que obligar al resto de vecinos a aislar todas sus habitaciones. Los motores, por ejemplo el del ascensor, deben aislarse in situ. Aquí debe aclararse que las recomendaciones de la normativa en vigor sobre el grado de absorción acústica de los elementos constructivos que deben rodear la sala de máquinas y caja de ascensor son totalmente insuficientes.

Las estrategias seguidas en acústica son siete:

- Un buen diseño del local que evite reverberaciones, etc. Este tema es muy amplio y se sale del objetivo de este trabajo. Los interesados pueden consultar el excelente trabajo de Fernando Calderón.
- Absorber el ruido aéreo con materiales porosos. Se utilizan la fibra mineral, fibra de vidrio, vidrio celular, lana de roca, moquetas y aglomerados flexibles de poliuretano, vermiculita, perlita, arcillas expandidas. Muchos de ellos son nocivos para el medio ambiente. (Ver lista de materiales aislantes)
- Aislar el ruido transmitido por los sólidos con materiales densos. Se utilizan las placas de yeso, cartón-yeso, ladrillo y hormigón. No los hemos incluido en la lista de materiales aislantes.
- Amortiguar las vibraciones producidas generalmente por máquinas. Se utilizan láminas de caucho, neopreno, espumas de poliuretano, aglomerado flexible de poliuretano, losetas antivibratorias, corcho, losetas flotantes de lana de roca, muelles con control de oscilamiento y cojines y esterillas antivibratorias. No los hemos incluido en la lista de materiales aislantes.
- Acondicionar el sonido. Se utilizan paneles de madera perforada y paneles metálicos perforados con un velo detrás.
- Evitar la entrada de ruidos procedentes del exterior a través de las ventanas. El mejor sistema es colocar dobles ventanas separadas al menos 15 cm. y provistas de vidrios gruesos.
- Utilizar la vegetación. Las pantallas acústicas hechas con arbolado y setos funcionan muy bien como pantalla acústica. Además son mucho más agradables que las hechas de hormigón u otros materiales, purifican el ambiente y dan cobijo a las aves.

### **2.5.3 Materiales empleados en aislamiento**

- Corcho natural: puede utilizarse en paneles de corcho expandido o suelto y triturado en las cámaras de aire, incluso dentro de bloques cerámicos. Excelente aislante térmico. En aislamiento acústico deben ponerse espesores considerables, a partir de 10 cm.
- Fibras de celulosa: provienen en su mayoría de papel reciclado. Llevan un tratamiento de mineralización con sales de bórax para resistir el fuego y el ataque de los insectos. Puede proyectarse. Aislamiento térmico.
- Vidrio celular: forma barrera de vapor, combina aislamiento térmico y acústico con impermeabilización. Para ser empleado en acústica se precisan densidades altas o un gran espesor.

- Vermiculita: proviene de micas calentadas y expandidas por vaporización del agua contenida en sus moléculas. Aislamiento térmico y acústico. Se precisa un espesor a partir de 10 cm.
- Lana, virutas o fibra de madera: pueden ignifugarse con boro o aglomerarse con cemento, con magnesita o con cemento y yeso. Debe vigilarse que no lleven formaldehído. Aislamiento térmico.
- Fibras de cáñamo: se protege del fuego por mineralización. Puede aglomerarse con cal y cemento. Aislamiento térmico.
- Perlita: proviene de rocas volcánicas calentadas y expandidas. Aislamiento térmico y acústico. Precisa espesor superior a 10 cm. para ser realmente eficaz.
- Arcilla expandida: proviene de cerámica llevada al punto de fusión y expandida. Aislamiento térmico y acústico. Espesor mayor de 10 cm.
- Lana de oveja: es atacada por polillas y hay que tratarla con tetraborato de sodio. Aislamiento térmico y acústico.
- Otras fibras vegetales: como paja, coco, fibras de ágave, juncos, espadañas, etc. Aislamiento térmico.
- Filtro de madera: paneles hechos a partir de maderas resinosas. Son buenos acondicionadores acústicos por su capacidad de absorción acústica. Tienen muy poco espesor, no son útiles como aislamiento térmico.
- Lana de roca: obtenida a partir de rocas volcánicas fundidas. Se debe utilizar mascarilla en su colocación para no aspirar las fibras. Aislamiento térmico y acústico. No es de los más aconsejables, pero es un buen absorbente del sonido y apenas hay en esta lista materiales de este tipo.

#### **2.5.3.1 Materiales aislantes dañinos para el medio ambiente:**

- Espumas de poliuretano: emiten sustancias tóxicas durante largo tiempo. Hacen barrera de vapor
- Poliestireno expandido: catalogado como uno de los cinco plásticos más dañinos para el medio ambiente.
- Lanos minerales de vidrio y roca: dispersan en el aire microfibras que pueden inhalarse y causar enfermedades pulmonares.

## 2.6 Aplicaciones a la construcción bioclimática en Galicia

---

En lo relativo a este tema de confort climático recordemos que en Galicia hay varias zonas climáticas. En todas se hace necesario el empleo de materiales aislantes y de mayor espesor en las zonas de montaña. Es conveniente la orientación sur para aprovechamiento de la radiación solar.

La construcción tradicional gallega ha utilizado los muros de piedra de gran espesor, entre 60 y 80 cm., como elementos de cerramiento y sustentación de los pisos y cubiertas de madera. Es por lo tanto una edificación con una gran masa térmica. Varios estudios, como "Arquitectura y energía natural" de la Universidad Politécnica de Cataluña desaconseja para climas fríos y húmedos las grandes masas térmicas (pág. 138) en uso discontinuo.

Esta construcción tradicional en ocasiones no tenía un buen aislamiento de cubierta, con lo que gran parte del calor se perdía por ella. También se perdía calor a través de las pequeñas ventanas que hasta la llegada del vidrio se cerraban con postigos de madera. Estas pérdidas de calor se suplían aprovechando el calor del ganado y de las lareiras que funcionaban como elementos calefactores.

Las antiguas pallozas tenían mucho mejor diseño bioclimático. El empleo de paja de centeno como material de cubrición en vez de las lajas de pizarra usadas con posterioridad las hacía más cálidas y confortables. El tener planta circular, dejaba mucha menor superficie de contacto con el exterior con lo que las pérdidas de calor eran menores.

A la hora de rehabilitar una construcción tradicional en Galicia hay que plantearse un buen aislamiento, sobre todo de solera y cubierta. El aislamiento de los gruesos muros de piedra puede no ser tan necesario si los muros se encuentran en buen estado. Bastaría con restaurar las juntas y en el caso de usar calefacción por paneles radiantes en las paredes, colocar entre el muro y el elemento calefactor un aislamiento, por ejemplo de vidrio celular.

Si la piedra sufre patologías y humedades hay que averiguar la causa. Un muro empapado de humedad es un puente térmico de primera. Si la causa son las humedades ascendentes por capilaridad conviene hacer un drenaje en torno a la vivienda y practicar sifones atmosféricos en línea, a 10 ó 15 cm. de altura sobre el suelo, cada 30 cm. de longitud del muro y de 30 cm. de profundidad. Aquí el aislamiento interior sería conveniente.

Si la piedra se descascarilla conviene hacer un cepillado enérgico, una limpieza y revestir con un mortero que permita "respirar" a la piedra, como un mortero de cal. El revestimiento debe hacerse sobre junta limpia y rehundida.

Si hay humedades por infiltración se deben cerrar las grietas y hacer goterones en los salientes.

La arquitectura tradicional gallega en muchas ocasiones colocaba láminas de piedra sobre las ventanas para evitar la entrada de humedad por ellas. En ocasiones esto no es suficiente y el agua sigue

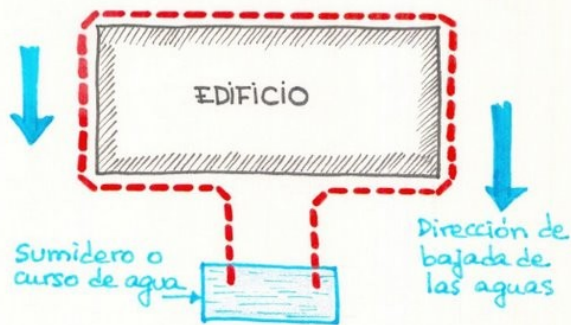
avanzando por la parte inferior de la losa hasta la ventana. En este caso bastaría poner un cordón de silicona en el borde de la losa, por la parte inferior, para que el agua sea incapaz de avanzar, ya que actúa como un goterón.

Si se ha de poner un material aislante en los cerramientos hay que elegir entre colocar un aislamiento en el interior perdiendo la gran masa térmica del mismo o colocarlo en el exterior perdiendo la belleza de la mampostería. El estado de la piedra y el uso que se dará a la vivienda nos dará la respuesta.

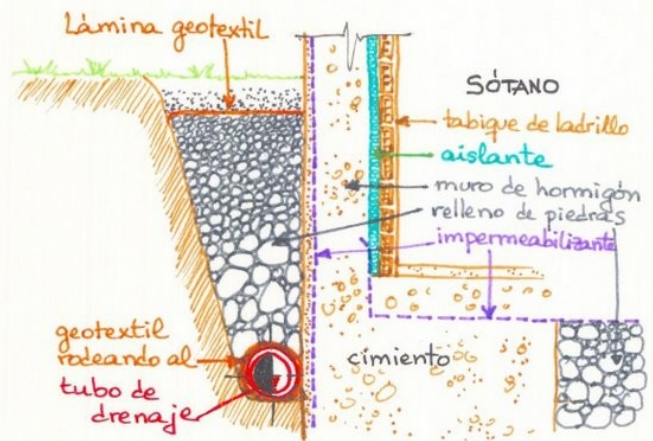
Quedan otras consideraciones a hacer en cuanto a la arquitectura tradicional en Galicia, pero entrarían dentro de los temas sucesivos.

En Galicia suele llover mucho y el aire con frecuencia tiene porcentajes de humedad relativa muy altos. Por ello me ha parecido necesario incluir un apartado sobre cómo evitar humedades en la edificación. Se expone a continuación:

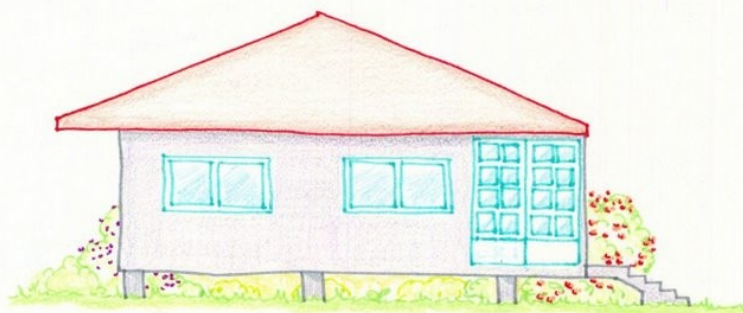
## PROTECCIÓN FRENTE A LA HUMEDAD MODOS DE EVITAR SU ENTRADA



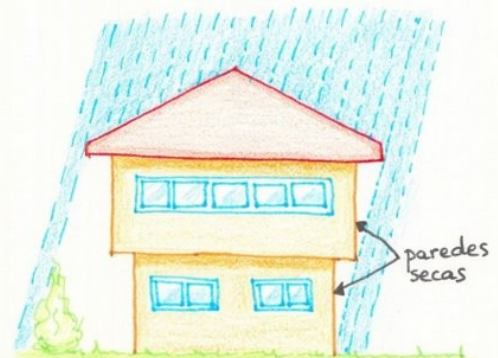
RED DE DRENAJE - PLANTA -



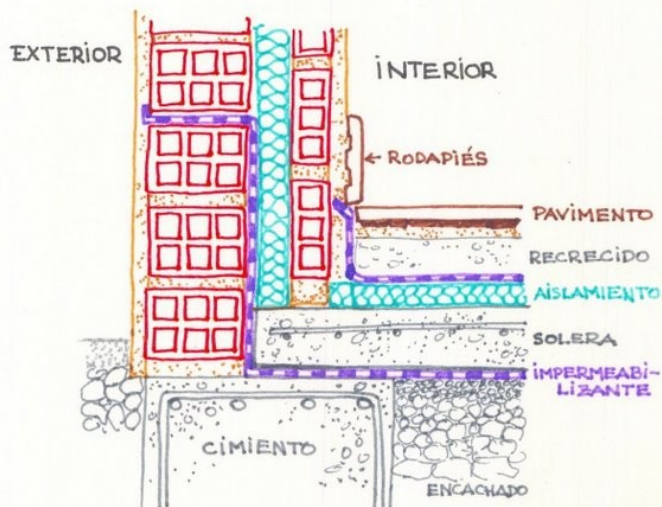
DETALLE DE DRENAJE - SECCIÓN



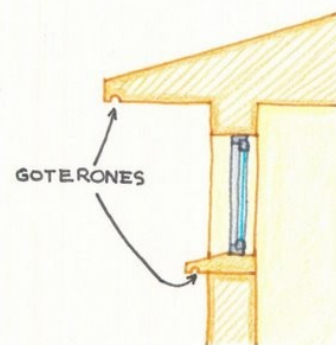
FORJADO SANITARIO  
ELEVADO SOBRE EL TERRENO



DISEÑO DE CORNISAS  
Y VOLADIZOS SALIENTES



EVITAR HUMEDADES ASCENDENTES DEL TERRENO



PONER GOTERONES  
EN VOLADIZOS Y  
VIERTEAGUAS

### **2.6.1 Protección frente a la humedad:**

La humedad en los edificios se produce por: (Ver láminas 8 y 9)

- Infiltración del agua procedente del exterior: agua de lluvia o filtraciones de la humedad del terreno.
- Agua generada en el interior de la vivienda: ropa tendida, cocinas, baños y vapor de agua expelido por las personas a través del sudor y la respiración.

Para evitar humedades en los edificios atajaremos las causas que la producen. Se puede hacer lo siguiente:

#### **2.6.1.1 Para frenar la entrada de agua procedente del exterior:**

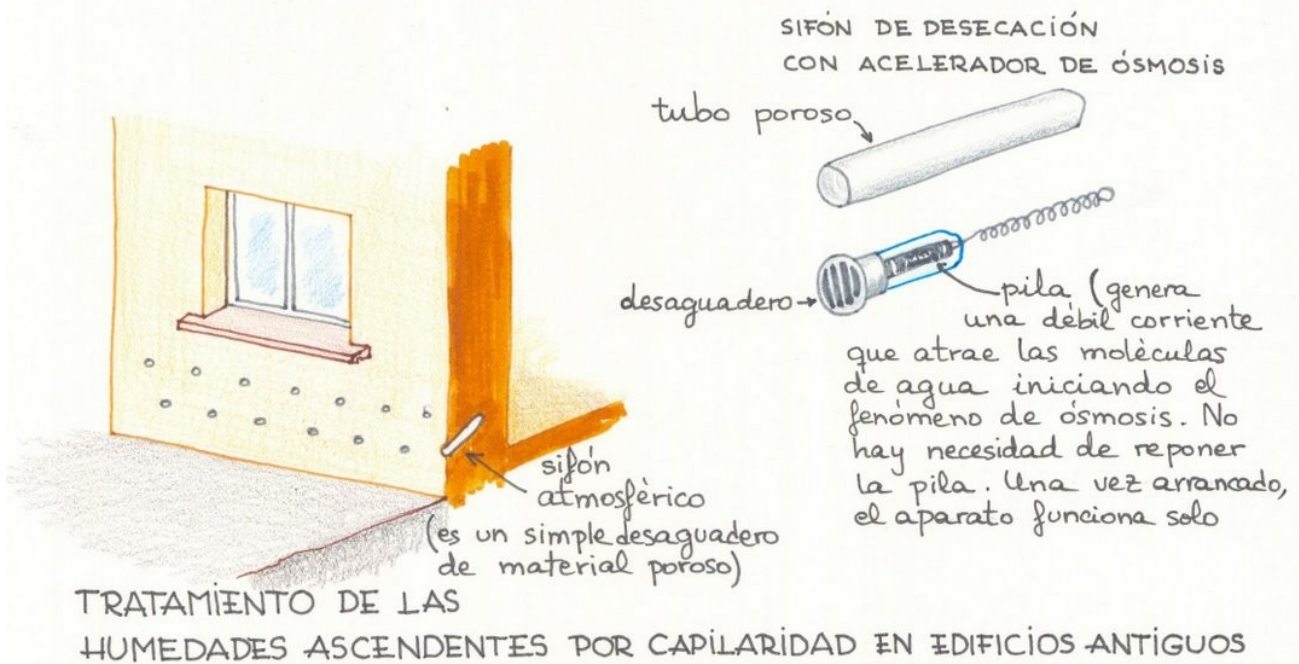
- Trazar un drenaje alrededor del edificio en el lado situado ladera arriba y laterales, por donde llega el agua. La misma zanja abierta para colocar el tubo de drenaje puede servir para pasar los tubos de ventilación en zonas cálidas. Si se desea ventilar la casa con aire más cálido, es mejor pasar la ventilación por el terreno de la zona sur de la casa, más soleada y con el terreno más caliente. En viviendas situadas en una ladera orientada al sur, el aire caliente ascenderá por sí mismo sin necesidad de impulsarlo con un ventilador.
- Diseñar en el proyecto un forjado sanitario (a medio metro sobre el suelo). Si no se desea esta solución, hacer una solera con piedras o piezas plásticas tipo "iglú" para que el agua que pueda filtrarse, circule a través de ella y salga ladera abajo. Sobre la solera impermeabilizar y aislar de manera concienzuda.
- Asegurarse de que no habrá humedades ascendentes por capilaridad, haciendo una barrera en los muros a unos 35 cm. sobre el suelo para evitar humedades por salpicaduras de la lluvia.
- Diseñar adecuadamente las cubiertas evitando grietas o fisuras por donde pueda entrar el agua. No dejar espacios de cubierta cerrados para permitir la dilatación, salida y ventilación del aire interior colocando algunas tejas de ventilación. Si fuese necesario se harán juntas de dilatación para evitar fisuras al permitir los movimientos naturales de contracción y dilatación de la cubierta que se producen con los cambios de temperatura. Instalar canalones.
- Diseñar cornisas y voladizos en la fachada donde suelen incidir las lluvias para evitar el choque directo de la lluvia en los muros.
- Colocar goterones en voladizos, cornisas, vierteaguas, y en cualquier superficie horizontal por la que pueda deslizarse el agua de lluvia.

- Vigilar la hermeticidad de la carpintería de puertas y ventanas para que no pueda filtrarse agua de lluvia a través de ella.

#### **2.6.1.2 Para eliminar el vapor de agua del interior:**

- Ventilar bien la casa para dejar salir el vapor de agua que respiramos las personas y el que se produce en cocinas, baños, etc.
- Utilizar materiales de construcción que “respiren”, es decir, que dejen salir el vapor de agua que se genera en el interior de la vivienda. Esto implica la utilización de enfoscados, aislantes y pinturas de poro abierto.
- Emplear deshumidificadores. Hay que vigilar su mantenimiento ya que las bacterias se desarrollan muy fácilmente en los espacios húmedos y cerrados. También puede captarse la humedad mediante sales como el cloruro de calcio y evaporarse en el exterior en evaporadores solares, pero es necesario que luzca el sol.
- No generar vapor: no poner la ropa a secar en los radiadores.

## PROTECCIÓN FRENTE A LA HUMEDAD MODOS DE ELIMINARLA



## 2.7 Datos, curiosidades y anécdotas

---

El concepto de confort climático es muy variable de unas culturas a otras. Los “aruntas”, aborígenes australianos que viven en zonas desérticas donde son frecuentes las noches muy frías, no usan vestidos ni mantas para cubrirse mientras duermen, acurrucándose con sus perros para compartir su calor. A falta de termómetro, miden el grado de frialdad de las noches según el número de perros que necesita cada persona para dormir sintiéndose cómoda. Una noche extremadamente fría es una noche de tres perros.

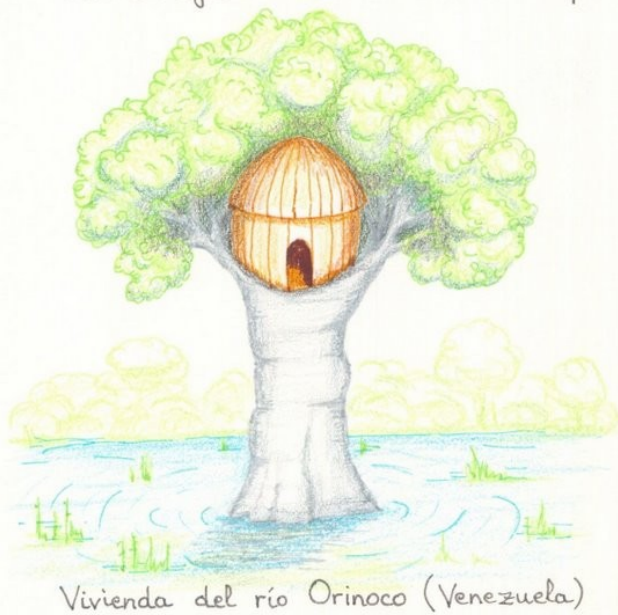
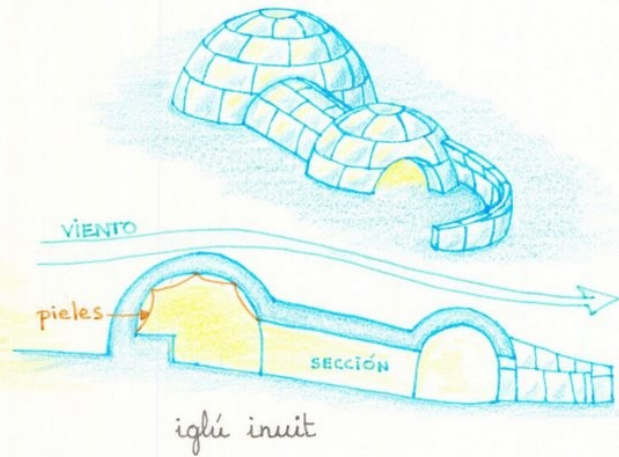
Los japoneses siempre han llevado a la práctica el aportar calor únicamente donde es necesario, consiguiendo consumos energéticos mínimos que pueden considerarse record en comparación con otras culturas. Al ser Japón una tierra de fuertes y muy frecuentes terremotos no podían construir viviendas con materiales masivos como ladrillo o piedras por ocasionar muchas víctimas en caso de seísmo. Su vivienda tradicional solamente tiene una planta, su estructura es muy ligera hecha con madera y los tabiques de papel de arroz. Para calentarse en invierno les bastaba el “horigotatsu”, un hueco en el suelo colocado debajo de la mesa donde ponían carbón encendido para calentarse. Uno o varios kimonos superpuestos sobre el cuerpo hacían el resto.

Debido a la humedad las normas constructivas japonesas obligan a construir el suelo de la vivienda 45 cm. sobre el terreno. Al estar ventilado, tiende a enfriarse. Los japoneses se quitan el calzado a la entrada de la casa y necesitan disponer de un suelo cálido. Lo logran colocando esteras de paja de arroz (de 5 cm.) llamadas “tatami” que resultan ser un excelente aislante.

En las regiones de Xicun y Tungwan al norte de China se construyen viviendas con patio excavadas en roca blanda que resultan ser una quinta parte más baratas que las de ladrillo y madera. Al aprovechar la gran masa térmica del terreno disfrutaban en su interior de temperaturas diez grados más altas que el exterior en invierno y de ocho a quince grados menos en verano.

Podemos ver algunos de estos ejemplos [en la lámina 7 de esta u. d.](#)

# CONSTRUCCIONES TRADICIONALES Y CONFORT CLIMÁTICO



Los esquimales construyen con hielo sus iglús. El hielo revestido con pieles demuestra ser un buen aislante. A temperatura exterior de  $-45^{\circ}\text{C}$ . consiguen en su interior  $+5^{\circ}\text{C}$ . Es decir,  $50^{\circ}\text{C}$ . de diferencia.

Hemos visto cómo el cuerpo humano se adapta al clima exterior para mantener su temperatura interna constante a  $37^{\circ}\text{C}$ . valiéndose de la sudoración y de la regulación de la dilatación de los capilares de la piel. A temperatura ambiente de  $35^{\circ}\text{C}$ . sólo las manos y pies pueden bajar a  $35^{\circ}\text{C}$ . Si bajamos a  $20^{\circ}\text{C}$ . se mantienen a  $37^{\circ}\text{C}$ . solamente el cerebro, corazón, pulmones y vísceras abdominales. Si permanecemos a  $0^{\circ}\text{C}$ . largo tiempo sólo estarán a  $37^{\circ}\text{C}$ . los órganos más vitales: cerebro, corazón y parte de los pulmones. Las manos y pies correrán riesgo de congelación.

En diciembre de 1.940 se publicó un estudio realizado por el Comité Lumière et Conditionnement, del "Joint A.S.H.V.E.Illuminating Engin Soc." asistido por fisiólogos y psicólogos de la "John B. Pierce Laboratory of Hygiène". El experimento se realizó en una sala a temperatura de  $22^{\circ}\text{C}$ . y al 50 % de humedad relativa constantes. Se demostró que aunque la temperatura corporal de los individuos no sufría alteraciones, ellos tenían sensación de calor o frío según el color de las pantallas coloreadas que les mostraban. También hay datos concretos de edificios industriales en los que los obreros se quejaban de frío en salas de colores blanco, azul o verde y se sintieron cómodos al pintarlas de amarillo, rosa o naranja, manteniéndose la misma temperatura.

El camello sube su temperatura corporal durante el día para no perder agua por el sudor. Por la noche su temperatura corporal baja para no perder calorías. Es un modelo de ahorro energético.

El pelo del oso polar es blanco y permeable a la luz. Bajo él, una gruesa piel de color negro atrapa la radiación solar y se calienta. El pelo además actúa como aislante para que el calor acumulado no se pierda.

Las aves acuáticas poseen una glándula cerca de la cloaca para impregnarse de grasa el plumaje. De este modo el agua no empapa sus plumas y no se mojan aunque se sumerjan. Así no pierden calor por evaporación.

## 3 Unidad didáctica 3: Control del clima por medios constructivos

### 3.1 Introducción

---

Para lograr un clima confortable en el interior de los edificios es necesario lograr un equilibrio entre las pérdidas de energía y los aportes energéticos. Para comprender mejor los modos en que un edificio pierde su energía, conviene recordar los modos de transmisión de calor que vimos en el tema 2. Si hay alumnos de bachillerato que no lo han dado pueden ver las láminas números 1 y 3 del tema 2, eso les proporcionará suficiente base para entender esta unidad didáctica.

Este tema puede plantearse exponiendo de entrada los métodos que existen para que los edificios puedan perder o no calor según la época del año, dando a entender que estos hallazgos son descubrimientos actuales. Con ello estaríamos engañando a nuestros alumnos.

La historia de los distintos pueblos nos da ejemplos de cómo nuestros antepasados han sabido combinar el diseño de sus viviendas con los materiales de construcción de que disponían para captar la radiación solar en invierno, ventilar y refrescar los edificios en verano y crear microclimas húmedos en los lugares áridos.

Es muy conveniente observar las ingeniosas viviendas del pasado y aprender de ellas. A partir de ahí podremos armonizar nuestra tecnología con la sabiduría antigua.

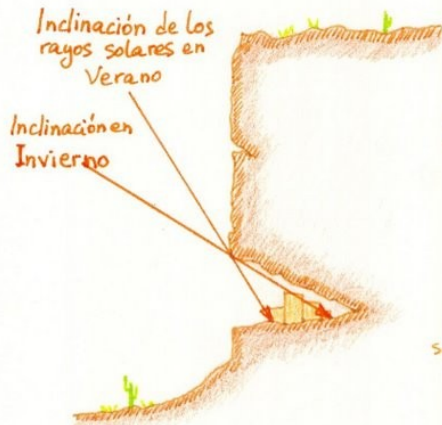
Ya hemos citado la maravilla tecnológica que es un iglú, una vivienda que se derrite al llegar el verano. No puede existir material de construcción más ecológico. En el verano sus moradores habitan en tiendas transportables de piel de foca y armazón cónico de madera, adecuadas para su etapa de vida nómada. Para evitar pérdidas de calor a través de la puerta superponen sobre ella varias pieles.

En Mongolia y Kirghizistán los pastores nómadas viven en ingeniosas viviendas transportables, los yurt que recubren con más o menos capas de fieltro según la temperatura exterior para lograr mejor aislamiento.

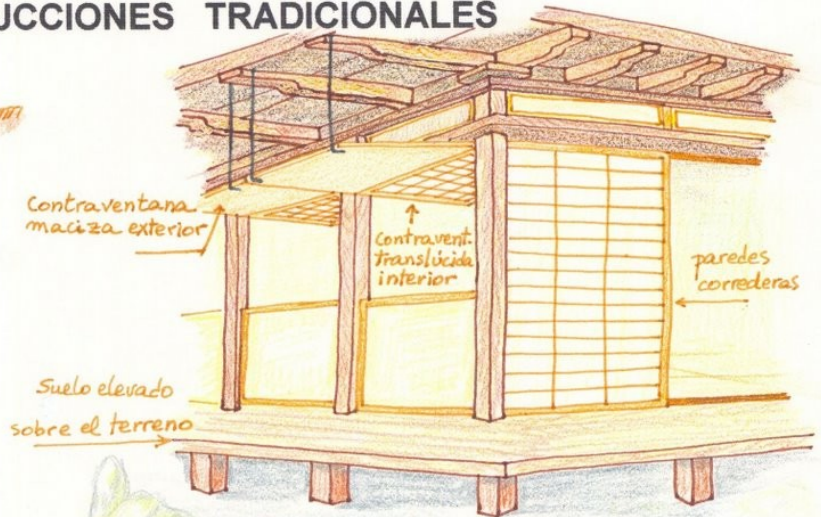
En Noruega se utilizan desde antaño los tejados de hierba. El mantillo de turba vegetal y hierba poseen un gran poder aislante. Actualmente se ha construido con tejado de hierba un precioso auditorio en honor a Edvard Grieg, al lado de la que fue su casa.

En Japón todavía se usa el “sutomi” persiana opaca de madera aislante que se cierra por la noche para no perder calor.

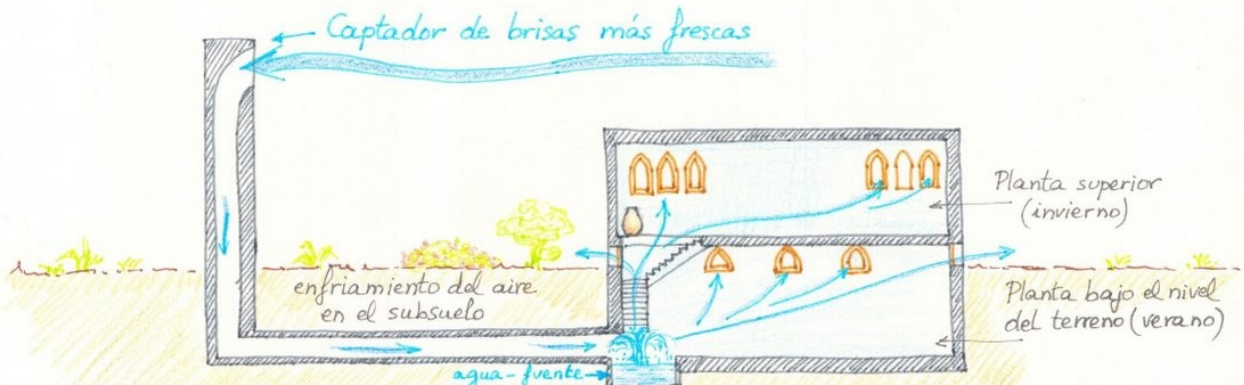
# CONTROL DEL CLIMA EN LAS CONSTRUCCIONES TRADICIONALES



Acantilados de Mesa Verde (Colorado). Año 1.200



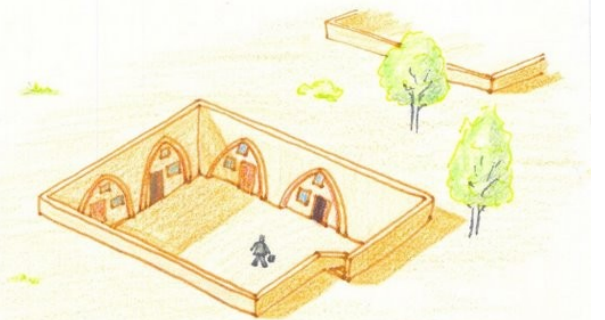
Casa tradicional japonesa



Vivienda tradicional en Yazd (Irán)



Granja de Normandía



Los indios anasazi vivían en los acantilados de Mesa Verde (Colorado) orientados al sur para captar toda la radiación solar y estar al abrigo de los fríos vientos. De este modo aprovechaban la masa térmica de la roca.

En Capadocia se vivía en cuevas laberínticas de hasta 6 pisos de profundidad que disponían de ingeniosas chimeneas de ventilación.

En Perú ya existían chimeneas de ventilación en el año 700 de nuestra era. Actualmente en los países árabes y de Oriente Medio es corriente su empleo: Afganistán, Irak, Irán, Egipto, etc.

Los habitantes de las selvas tropicales necesitan edificios con buena ventilación, sombra y poca capacidad de retener calor. Sus paredes dejan pasar el aire. En Nueva Guinea las viviendas se construyen muy elevadas sobre el suelo y abiertas para dejar correr el aire. En Indonesia las paredes son de paja muy permeables a las brisas.

En el Amazonas los yanomamo de la cuenca del Orinoco viven en grandes chozas comunitarias. No hay tabiques para permitir circular a las brisas y disponen de un gran patio interior.

Vale lo dicho como ejemplo de los hallazgos de la arquitectura popular. No me extenderé más en los logros de esta arquitectura anónima puesto que continuaremos viendo ejemplos de ello en temas sucesivos. (Ver lámina 1).

Ya en el los comienzos del siglo XX, los dos grandes precursores del bioclimatismo que hemos mencionado en el tema I, Le Corbusier y Frank Lloyd Wright, basaron buena parte de sus aportaciones de control climático en los apuntes que tomaron en sus viajes por los pueblos de Oriente, donde las viejas tradiciones arquitectónicas seguían vigentes.

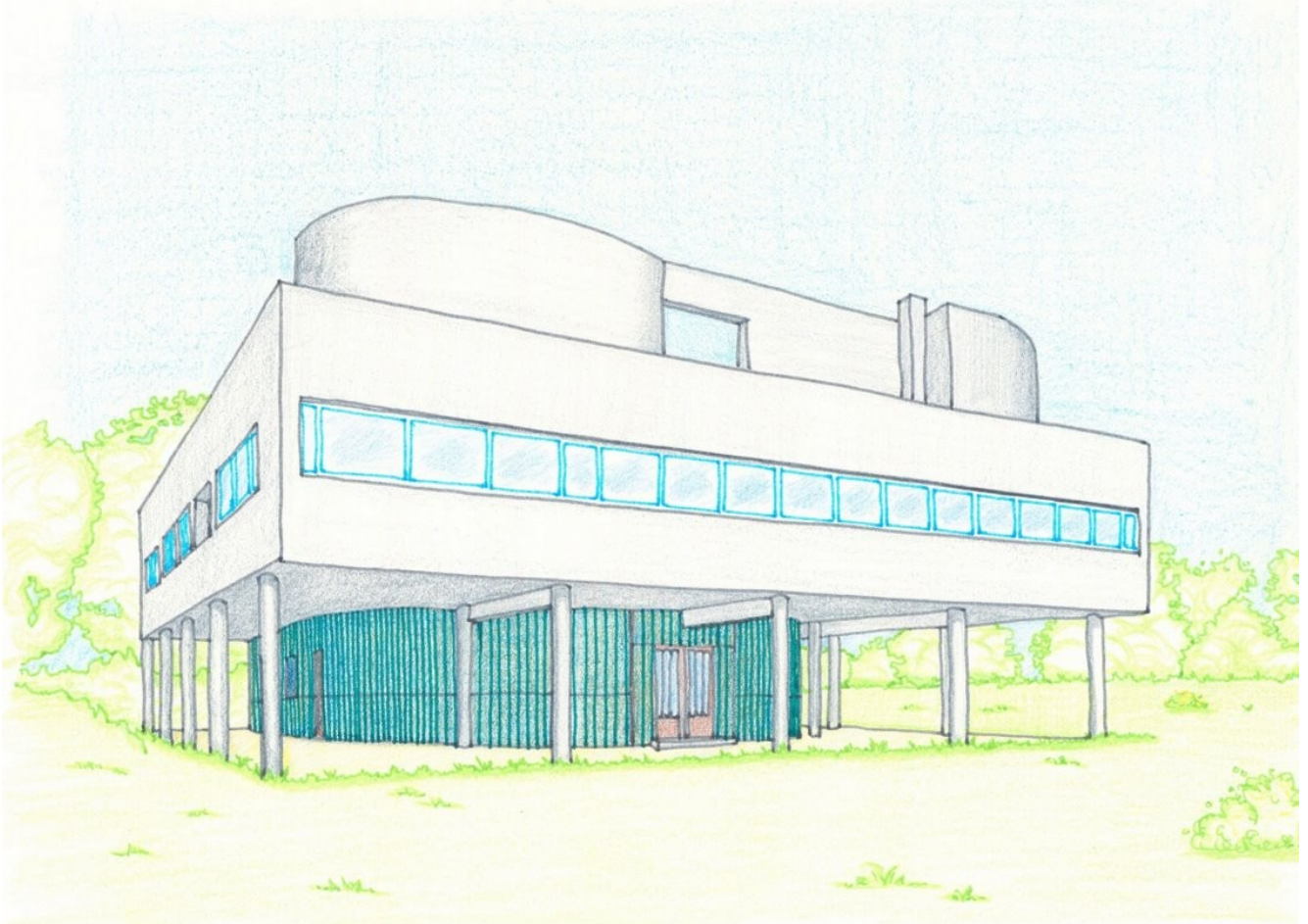
Le Corbusier distancia el edificio del suelo por medio de “pilotis”, al modo de palafitos, para los climas cálidos y húmedos. En climas templados cubre en parte la planta baja para evitar excesivas pérdidas de calor, como hizo en la Casa Savoya en 1.929 (lámina 2). Coloca solariums en las azoteas, por ejemplo en la Casa Savoie en Poissy y l’Unité d’Habitation en Marsella (1.958). Sin embargo su manejo de la ventilación y las masas térmicas no estaban logrados y cometió fallos. Uno de los más notables fue su proyecto en Chandigarh cuya climatización natural no dio los resultados esperados.

Frank Lloyd Wright utilizó la masa térmica del terreno en sus proyectos de casas alpinas. Uno de sus proyectos más conocidos desde el punto de vista bioclimático es la casa H. Jacobs-2 construida en Middleton (Wisconsin) en 1.943. Es una vivienda situada en un paraje frío en donde el viento sopla con gran fuerza. En la parte cara al viento hizo una cobertura de tierra ocultando la planta baja y haciendo que la parte vista ofrezca al viento un muro curvo para ofrecerle menos resistencia y disminuir la superficie de contacto. La fachada opuesta es un semicírculo abierto al sur, un gran ventanal que abarca las dos plantas y capta toda la radiación solar. (Ver lámina 3)

## CASA SAVOIE - LE CORBUSIER -

AÑO 1.929

POISSY (CERCANÍAS DE PARÍS)



FACHADA NORTE (N-E)

Azotea : solarium protegido por pantalla cortavientos

1ª Planta sobre "pilotis": terraza - patio interior ajardinado  
abierto hacia el oeste (suroeste)

Planta Baja: garaje y servicio.

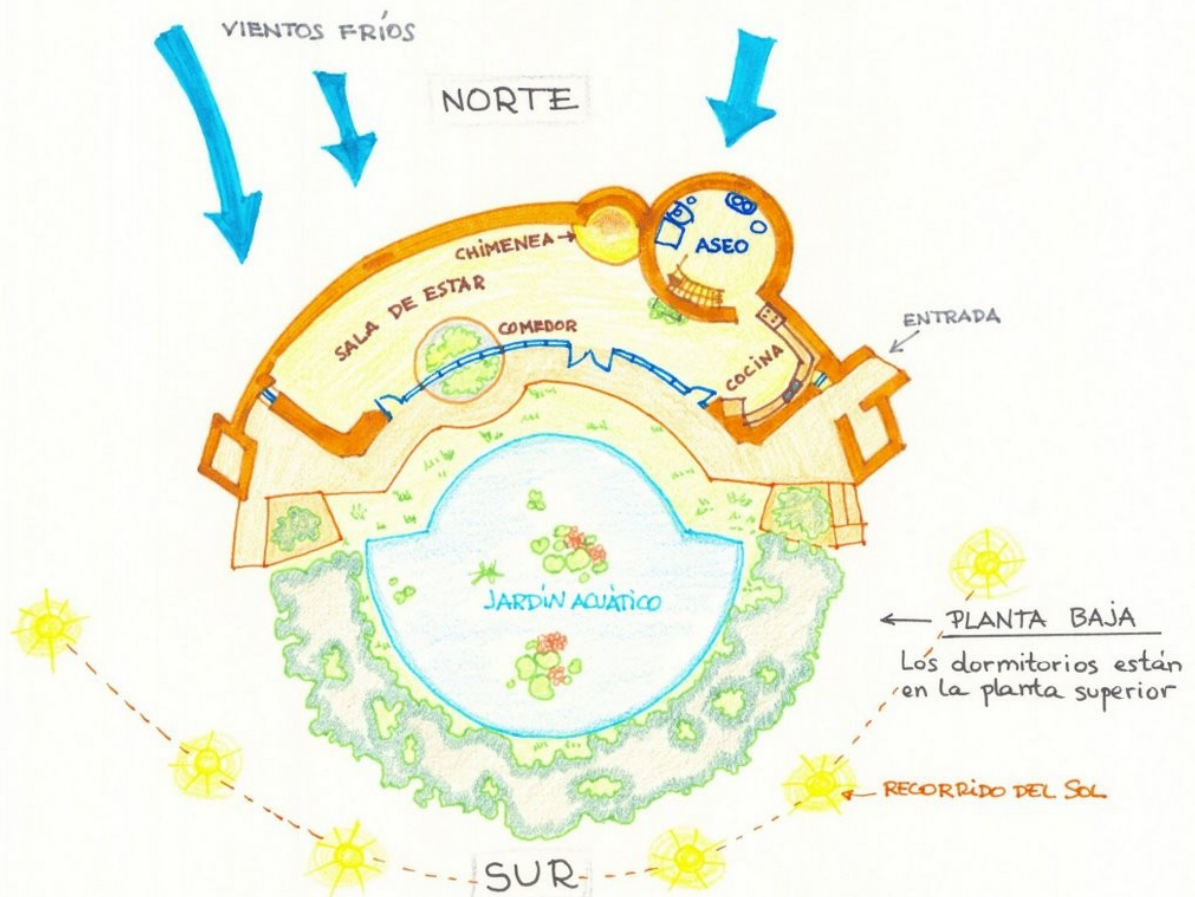
Vivienda rodeada por un cinturón de árboles.

## CASA JACOBS - FRANK LLOYD WRIGHT - 1943



ALZADO NORTE (CARA AL VIENTO)

La parte posterior de la planta baja está cubierta por un terraplén para minimizar los efectos del viento y aprovechar la inercia térmica del terreno. La fachada sur es una gran galería acristalada abierta en hemicírculo hacia un jardín soleado.



Otros arquitectos también han apuntado en algunos de sus proyectos elementos de control del clima, por ejemplo, Adolf Loos en la Villa Karma construida en Clarens Bei, Montreux (Suiza) en 1.904, diseñó una fachada posterior cara al jardín en la que colocó rejillas para que las plantas trepasen por ella. Otro arquitecto, L. Kahn diseñó para la embajada en Angola en 1.959 unos elementos que dan sombra a la fachada y ventiló y dio sombra a la cubierta con unos originales quitasoles.

Vistos los antecedentes históricos de la arquitectura bioclimática, pasaremos a exponer el resto del tema.

### **3.2 Modos de evitar las pérdidas de calor: introducción**

---

Aunque la brevedad de este trabajo que debe ser elaborado en su totalidad en 4 meses no permite profundizar en la distribución de la vivienda bioclimática, un tema que sería fundamental tratar, he querido al menos incluir un esquema que representa la distribución ideal de los espacios en los climas templados atendiendo al recorrido del sol en el firmamento y a las actividades que se desarrollan en las distintas estancias. (Ver lámina 4).

En bioclimatismo se tiende a mantener un clima confortable en el interior de un edificio sin recurrir al empleo de energías no renovables. En invierno queremos mantener la vivienda más cálida que el entorno y en verano más fresca. Esto se consigue manteniendo un buen equilibrio entre las ganancias y pérdidas de calor. Debemos conocer cómo captar calor y cómo podemos perderlo.

Las pérdidas de calor de un edificio se producen:

- A través de los cerramientos: las pérdidas de calor se incrementan notablemente con la existencia de vientos fríos que incrementan las transmisiones de calor desde los cerramientos al medio ambiente.
- Por un diseño que ofrezca una gran superficie de contacto con el exterior favoreciendo de este modo los intercambios de calor.
- Por ventilación al salir al exterior aire caliente procedente del interior del edificio y entrar aire frío.

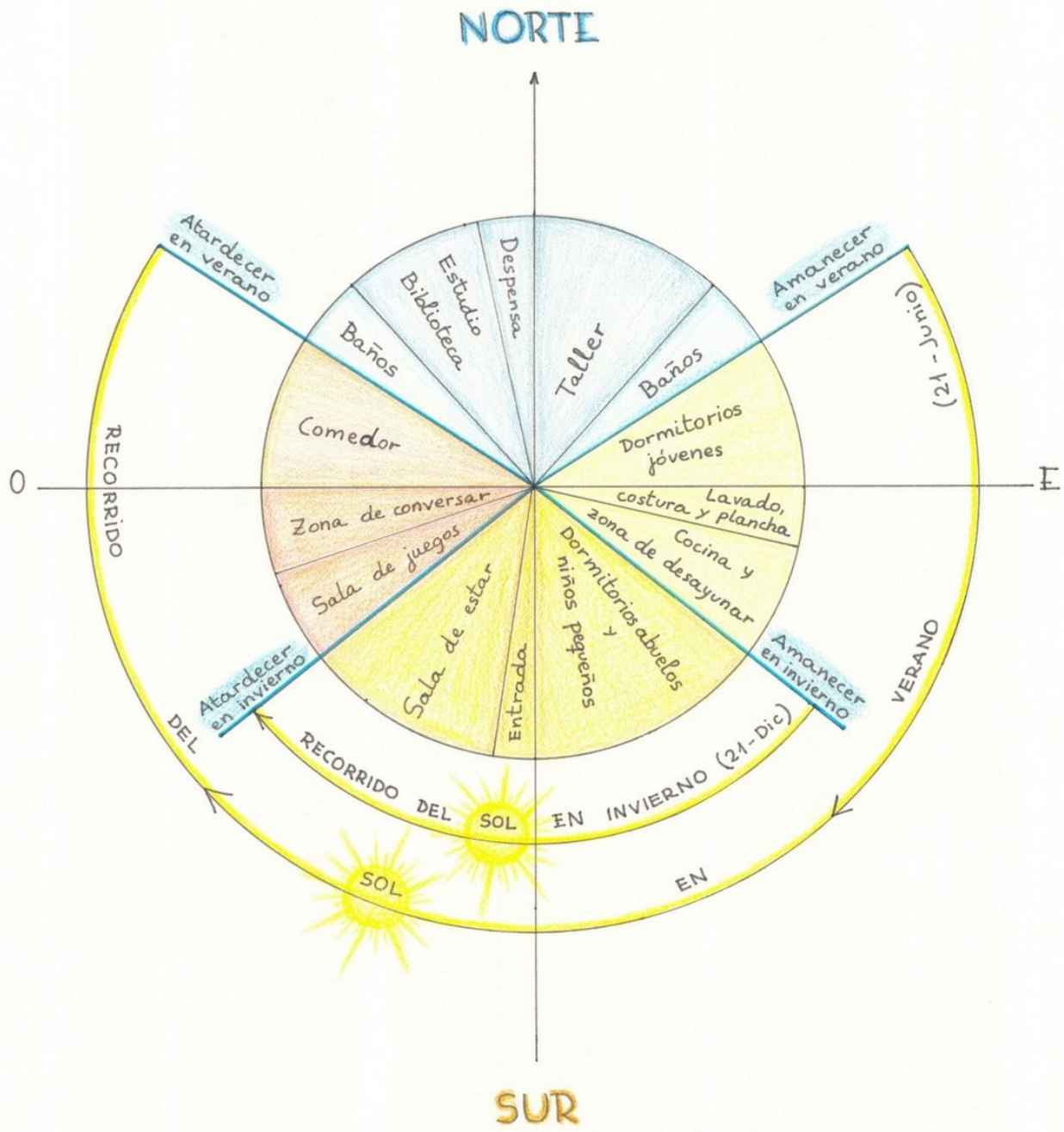
Las ganancias de calor en un edificio se producen por:

- Captación solar pasiva de la radiación solar a través de los vidrios de las ventanas y de elementos constructivos creados para tal fin, como invernaderos, muros Trombe y elementos de diseño que veremos a lo largo de este tema. Generalmente en climatización se desprecia la captación de radiación solar por los cerramientos opacos
- Captación activa de energía solar utilizando mecanismos artificiales como colectores solares, etc. que veremos en el tema 4.

- Captación de otros tipos de energías renovables como energía eólica, geotérmica, etc. que puedan utilizarse para calentar el edificio.
- Aportes de calor debidos a la quema de combustibles o al empleo de energías no renovables.
- Aportes de calor debido a las personas que se encuentran en el interior. En el caso de edificios a los que acude un gran número de personas, como por ejemplo institutos o centros comerciales este dato puede ser importante. Cada persona es un foco de calor a 37º de temperatura interna.

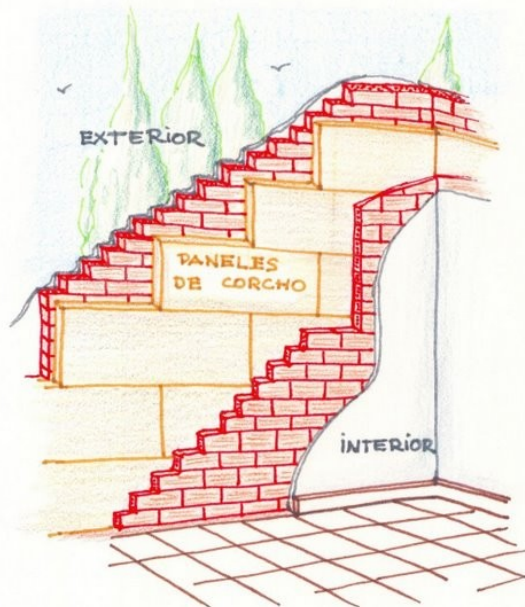
A la vista de estos datos podemos hacer un resumen que nos sirva de índice para averiguar cuáles son los métodos de que disponemos para conseguir un clima confortable dentro del edificio cualesquiera que sean las condiciones climáticas externas. Se expone a continuación. Este resumen se expresa en la lámina 5.

### DISTRIBUCIÓN DE ESPACIOS EN LA CASA BIOCLIMÁTICA DE ZONAS TEMPLADAS

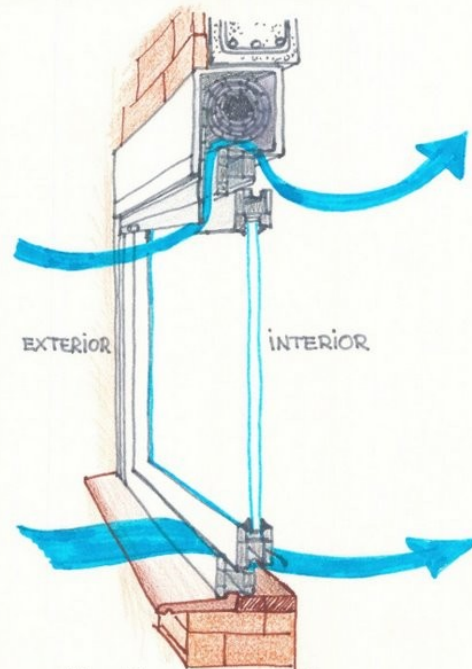


LATITUD : 43° NORTE

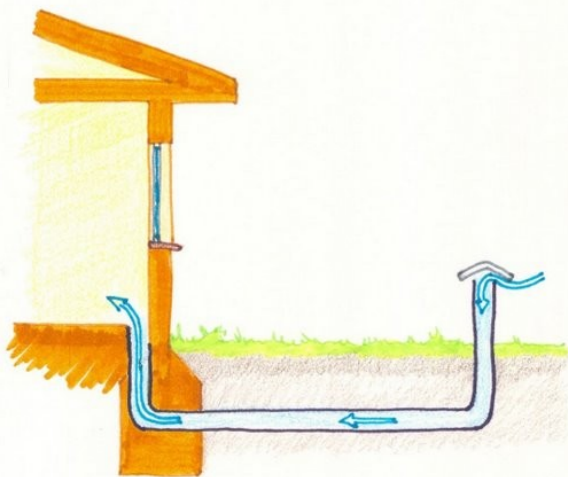
### MODOS DE EVITAR PÉRDIDAS DE CALOR



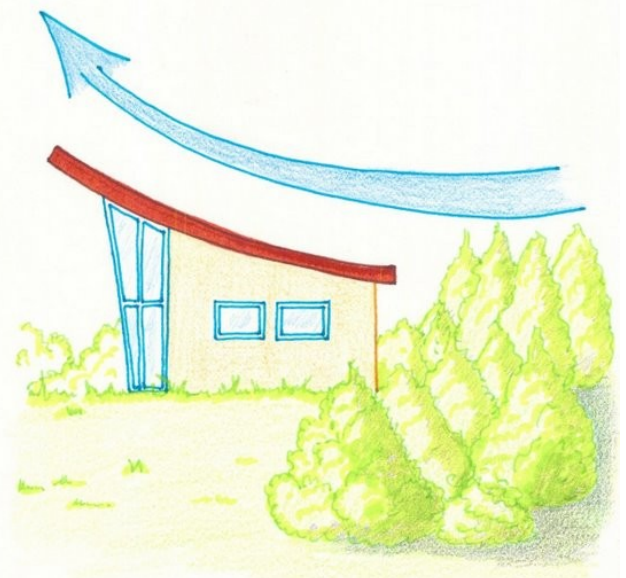
**Aislar los cerramientos**



**Evitar ventilación no deseada**



**Calentar el aire empleado  
para ventilación**



**Diseñar la mínima superficie  
expuesta a vientos fríos**

### ***3.2.1 En climas fríos podemos evitar pérdidas de calor***

- Aislando bien los cerramientos
- Evitando la ventilación no deseada
- Calentando previamente el aire que usemos para ventilación
- Con un diseño adecuado, ofreciendo menos superficie de contacto con el exterior, en especial las superficies expuestas a vientos fríos

### ***3.2.2 En climas cálidos podemos refrigerar los edificios***

- Por medio de sistemas de ventilación natural, proporcionando una buena ventilación y humidificación del aire. Aquí veremos los principios básicos que expondremos más ampliamente en la u. d. 5.
- Diseñando adecuadamente los elementos constructivos para lograr espacios más frescos
- Obstaculizar la entrada de la radiación solar en el edificio evitando su calentamiento.

### ***3.2.3 Podemos captar energía del entorno por estos sistemas***

- Captación solar pasiva: Son sistemas que funcionan sin precisar un aporte energético externo. Los veremos en este tema.
- Captación solar activa: Precisan para su funcionamiento de un aporte energético extra. Se verá en el tema 4.
- Captación de energías renovables del entorno. Al final del tema 4 se trata del empleo de este tipo de energías en viviendas bioclimáticas.

A continuación analizamos cada uno de los apartados de este guión que hemos presentado.

### 3.3 Modos de evitar las pérdidas de calor

---

#### 3.3.1 Evitar pérdidas de calor a través de los cerramientos

Se han realizado termografías para observar por dónde se pierde más calor en los edificios y se ha visto que las mayores pérdidas a través de los cerramientos se producen en ventanas, cubiertas y los llamados puentes térmicos. La primera definición oficial de puente térmico la dio la NBE-CT. en 1.979 sobre condiciones térmicas en los edificios en su anexo 2, apartado 2.6.1. Considero que tal definición será excesiva para los alumnos de bachillerato, por lo que daremos una explicación en lenguaje más coloquial.

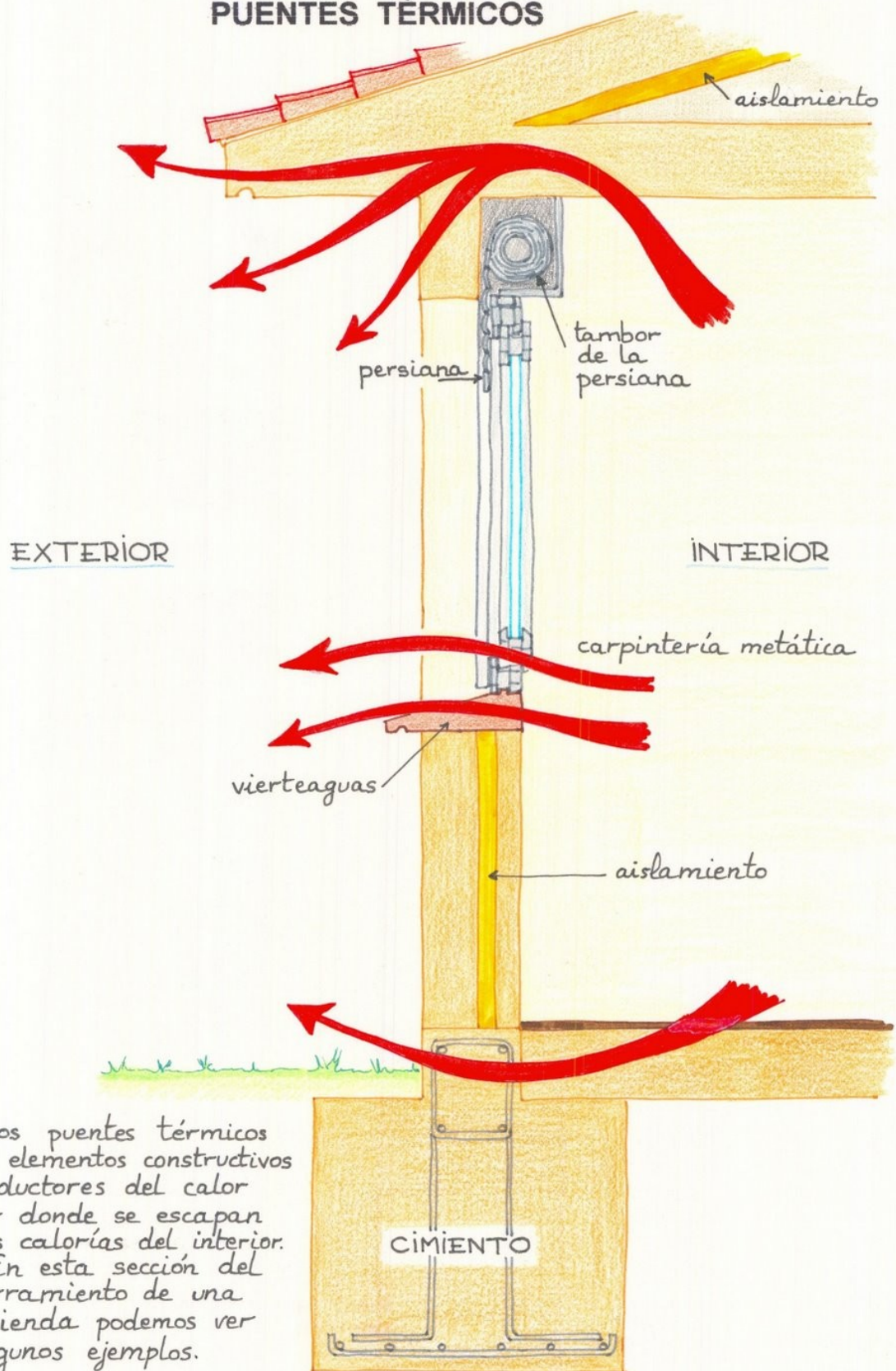
Estos puentes térmicos son zonas en las que un material buen conductor del calor deja escapar calorías. Son puentes térmicos los elementos estructurales (pilares, vigas, forjados...) en contacto con el exterior, las carpinterías metálicas y cualquier otro elemento buen conductor del calor (marquesinas, vierteaguas, etc.) que conecte el interior cálido con el exterior frío. (Detalles de puentes térmicos [en lámina 6 de este tema](#)).

A la vista de esto se comprende que las estrategias para evitar pérdidas de calor a través de los cerramientos son:

([Ver resumen gráfico en lámina 5](#))

- Aislar adecuadamente los muros, solera y cubierta (Ver apartado de aislamiento en tema 2)
- Evitar los puentes térmicos dando continuidad al aislamiento de los cerramientos por el exterior de los elementos estructurales. También se deben utilizar carpinterías con rotura de puente térmico que separan la parte exterior e interior de la misma mediante barras o piezas de material aislante. ([Ver lámina 6](#))
- Reducir la superficie de cerramientos en contacto con el exterior y la de ventanas en los paramentos que no reciban radiación solar.
- Emplear lunas que garanticen un buen aislamiento térmico. Generalmente son lunas que también aíslan acústicamente.
- Utilizar doble acristalamiento. El pequeño espacio entre las lunas está relleno de aire seco o un gas inerte (argón).
- Empleo de doble ventana. Tanto desde el punto de vista térmico como acústico da mejor resultado la doble ventana que el doble acristalamiento. Solamente será necesario que tenga rotura de puente térmico la carpintería exterior.

### PUENTES TÉRMICOS



Los puentes térmicos son elementos constructivos conductores del calor por donde se escapan las calorías del interior. En esta sección del cerramiento de una vivienda podemos ver algunos ejemplos.

### **3.3.2 Evitar pérdidas de calor por ventilación no deseada**

La mayoría de los materiales de construcción son permeables y permiten el paso del aire en mayor o menor grado. También suele salir aire cálido del interior y entrar aire frío del exterior a través de las rendijas de las puertas y ventanas por falta de estanqueidad. Es necesario que exista una renovación del aire para disponer siempre de suficiente oxígeno para respirar, pero se ha de evitar que esto suponga una pérdida de calorías.

En el tema 5 trataremos ampliamente el tema de la ventilación. Aquí solamente damos indicaciones de cómo evitar ventilaciones no deseadas:

- A través de la cubierta, muros, etc.: este problema se presenta en edificios antiguos que no han sido debidamente restaurados. Debe hacerse una limpieza y restauración de las juntas y rehabilitar las cubiertas. El aire caliente tiene menor densidad y asciende. Si hay fugas en la cubierta escapará el aire caliente por ella y su lugar en las habitaciones será ocupado por aire frío ocasionándose una situación de desconfort.
- A través de la carpintería: un modo sencillo para evitar filtraciones de aire por puertas y ventanas es instalar carpinterías que garanticen un buen grado de hermeticidad. Esto no solamente protege de las filtraciones de aire sino también del agua de lluvia.
- Evitar puentes térmicos y fugas alrededor de la carpintería: La colocación de la carpintería debe ser cuidadosa para evitar que queden grietas y/o puentes térmicos, poniéndose aislamiento en jambas, vierteaguas y dintel.
- El punto por donde mayores pérdidas de calor suelen producirse son las cajas de las persianas, por ellas se pierde aire caliente que ha ascendido ([Ver lámina 6](#))
- Taponar rendijas: en construcciones ya hechas no quedará más remedio que poner burletes para taponar las rendijas, pero existen pocos burletes en el mercado que garanticen durabilidad, la mayoría se estropean al cabo de uno o dos años y es necesario reponerlos. Si se dispone de ventanas de una sola carpintería, puede ser el momento adecuado para poner una doble ventana añadida, preferiblemente colocada hacia el exterior para garantizar una mejor hermeticidad.
- Puerta de entrada: Para evitar la excesiva ventilación a través de la puerta de entrada a la vivienda, se debe hacer una entrada doble de modo que las dos puertas no se encuentren una frente a otra.
- Hacer la entrada al edificio a través de un vestíbulo, invernadero o un porche cubierto que generen un pequeño microclima a una temperatura intermedia entre el exterior y el interior.

En los edificios públicos también debe hacerse este vestíbulo de entrada. Habitualmente este tipo de edificios están dotados de puertas automáticas de cristal que solamente se abren para dejar paso a las personas, cerrándose automáticamente. Este sistema no evita que al abrirse la puerta entre una ráfaga de aire frío procedente del exterior. En algunos casos se recurre a la colocación de dos puertas sucesivas para evitar corrientes de aire, duplicando el consumo energético. Una buena alternativa son las antiguas puertas giratorias, eliminan las corrientes de aire, limitan el intercambio de aire con el exterior al mínimo imprescindible y no consumen energía eléctrica. (Ver lámina 7)

### **3.3.3 Calentar el aire empleado para ventilación**

Es necesario que exista ventilación para disponer continuamente de aire fresco procedente del exterior porque somos seres que respiramos oxígeno. La ventilación es necesaria no solamente para aportar oxígeno.

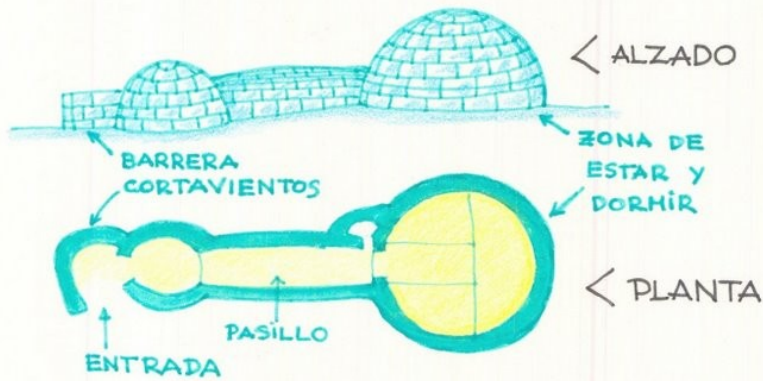
Se precisa la ventilación para disipar el exceso de humedad y los olores. Al respirar exhalamos vapor de agua que va saturando el aire. A esto hay que añadir el vapor desprendido en cocinas y cuartos de baño. Vemos que es saludable disponer de una renovación del aire, se trata de conseguirlo sin que suponga una fuga ruinosa de calorías.

En climatización tradicional se calcula que el aire de un edificio se renueva completamente cada hora. Estimaciones expuestas por el Centro de Espacio Subterráneo de la Universidad de Minnesota consideran que pueden bastar con dos renovaciones completas por día si no se encienden llamas. Por debajo de esta cifra no se eliminan los olores persistentes.

Es muy importante que en el caso de existir en la vivienda cocinas o estufas con llama (de gas, leña u otro combustible), se les suministre suficiente aire fresco para abastecer las necesidades de la combustión. En el caso de las estufas de leña o carbón puede suministrarse el aire por medio de una alimentación propia.

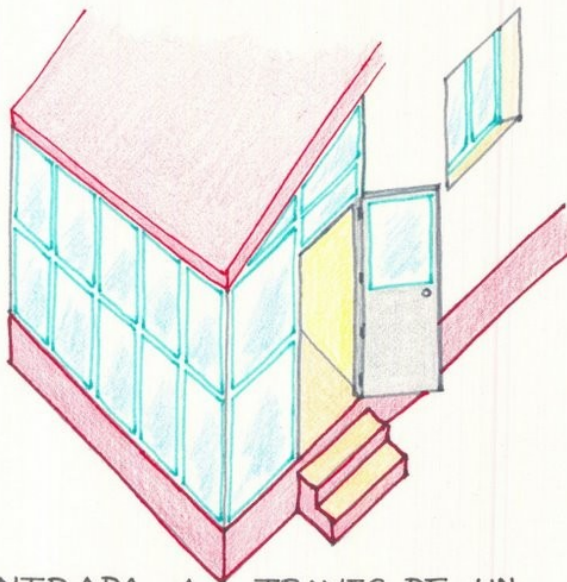
El aire fresco puede llegar a la estufa a través de una conducción que la enlace con un orificio practicado en el exterior. Esta conexión directa de aire fresco evita pérdidas de calor y corrientes indeseadas o molestas para las personas que puedan permanecer sentadas al lado de la estufa. Para aprovechar mejor las calorías que se perderían con la expulsión de los gases de combustión debería disponer de un intercambiador de calor. (U. Didáctica nº 4)

## DISEÑO DE LA ENTRADA A LOS EDIFICIOS

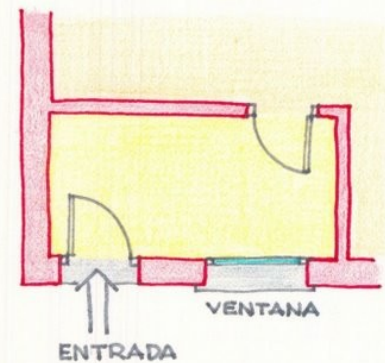


### IGLÚ INUIT :

Tiene varias "puertas" de pieles de foca.  
La primera entrada se protege con una barrera cortavientos. Después hay un vestíbulo y un pasillo antes de acceder a la zona de estar y dormir



ENTRADA A TRAVES DE UN PORCHE CUBIERTO O INVERNADERO



Entrada a través de un vestíbulo. Las puertas no se sitúan enfrentadas para evitar corrientes de aire.

ENTRADA CON DOBLE PUERTA

La puerta giratoria bloquea las corrientes de aire permitiendo el paso de personas



PUERTA GIRATORIA

En cuanto al calentamiento del aire necesario para ventilación los procedimientos son éstos:

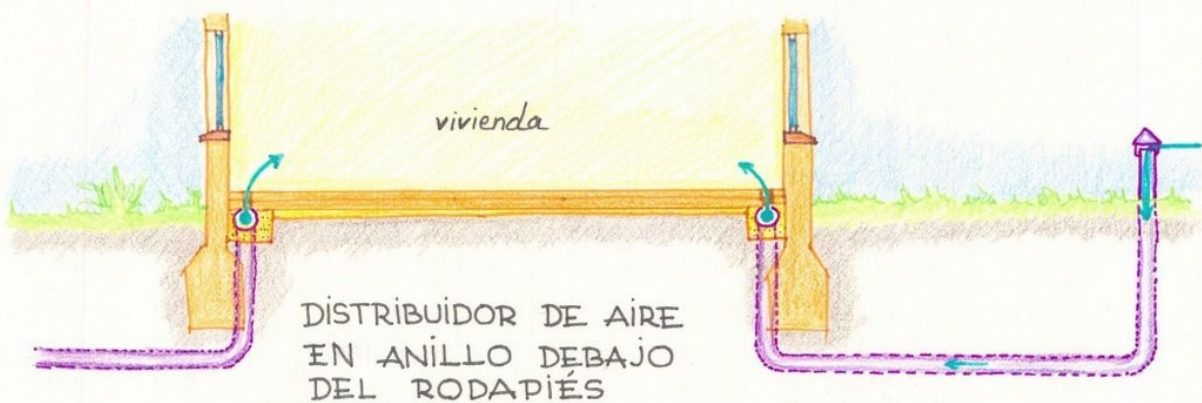
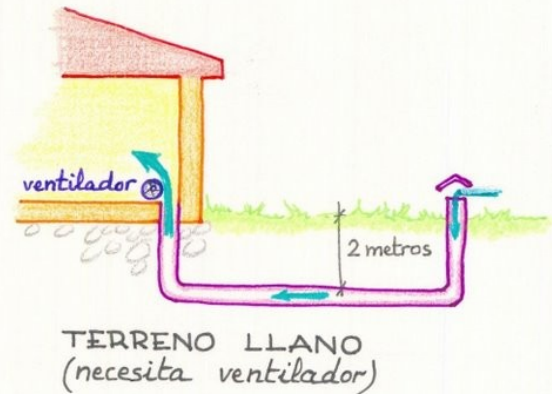
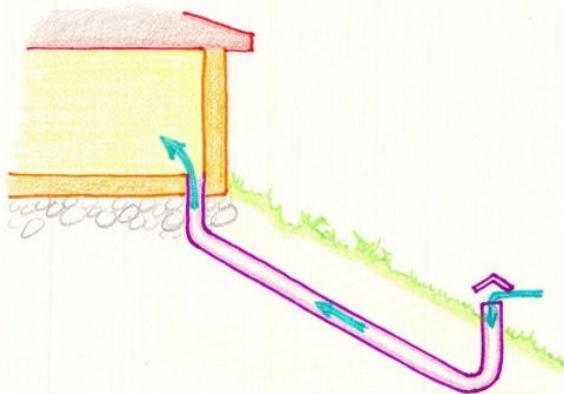
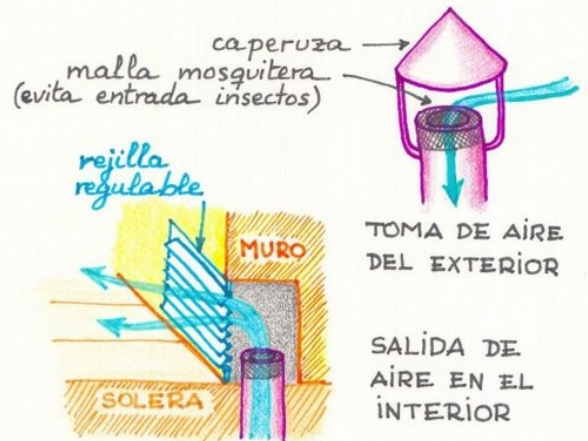
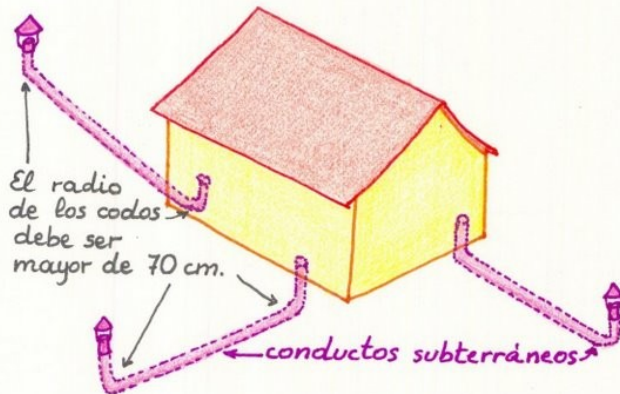
- Aprovechar el calor de un elemento calefactor (almacén de calor, chimenea, etc.) para calentar el aire. En el caso de disponer de suelos o muros radiantes resulta muy sencillo hacer pasar el aire de ventilación por dichas superficies para calentarlo. La ventaja de ventilar con aire caliente se compensa con el inconveniente de que nos supone un coste energético. El siguiente procedimiento no supone gasto energético alguno.
- Aprovechar el calor del subsuelo: calentando el aire de ventilación haciéndolo pasar por tubos enterrados en el terreno, colocando los tubos de modo que el aire caliente, menos denso, pueda subir. Los tubos deben ser de plástico para que la humedad del terreno no haga descender la temperatura del aire. En terreno llano hay que colocar un pequeño ventilador para favorecer la circulación del aire. Evitar la entrada de insectos con malla metálica fina ([Ver lámina 8](#)).

#### ***3.3.4 Diseñar adecuadamente las superficies en contacto con el exterior, en especial las expuestas al viento***

Las pérdidas de calor a través de superficies en contacto con el exterior se reducen si se suprimen los metros cuadrados de superficie en contacto. Seguramente resulta más fácil de comprender esto viendo un dibujo ([Lámina 9](#)) que con la explicación que expongo a continuación:

- Enterrar o semienterrar el edificio: Este sistema aprovecha la gran masa térmica del terreno para reducir los intercambios de calorías con el exterior. La inercia térmica de la tierra es tan grande que durante el invierno va radiando el calor absorbido en el verano, calentando la casa. Cuando ya se ha enfriado el terreno al comienzo del verano, va refrescando la casa captando su calor que acumulará mientras dure el buen tiempo. Una casa semienterrada, en invierno, está aprovechando el calor que radia el terreno en las superficies en contacto con él. Veremos casas enterradas en el tema de diseño del paisaje para control climático.
- Suprimir en lo posible la fachada orientada hacia los vientos fríos, especialmente los del norte. Puede hacerse inclinando la cubierta hacia ese lado para que los vientos se desplacen por encima de ésta.
- Curvar los paramentos expuestos al exterior, especialmente los orientados al norte para reducir la superficie de contacto y reducir el rozamiento. La mínima superficie en contacto con el aire exterior a igualdad de volumen interior la proporciona una semiesfera.

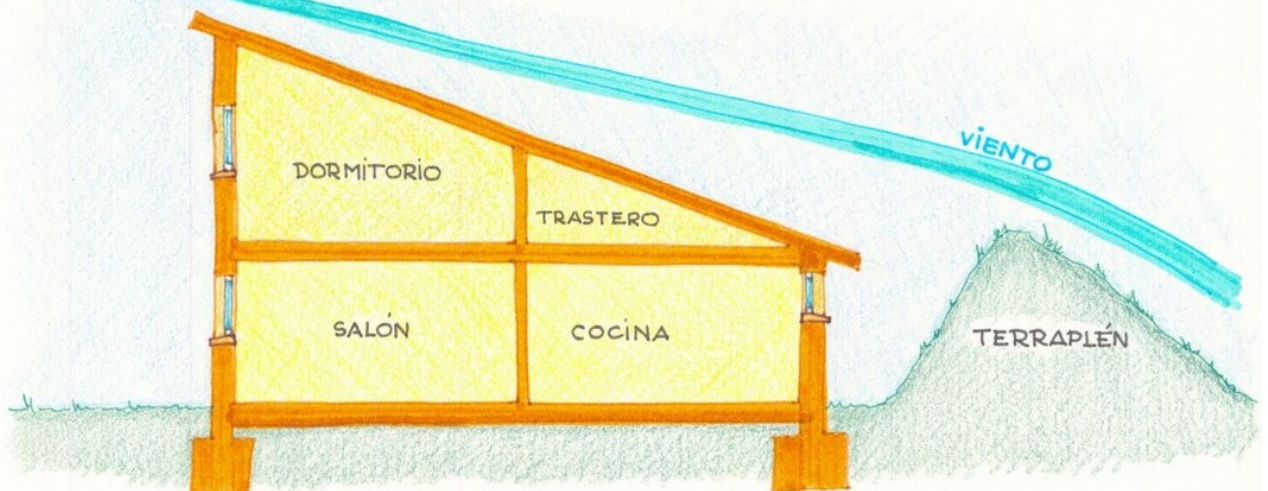
### CALENTAMIENTO DEL AIRE EMPLEADO PARA VENTILACIÓN CON EL CALOR DEL SUBSUELO



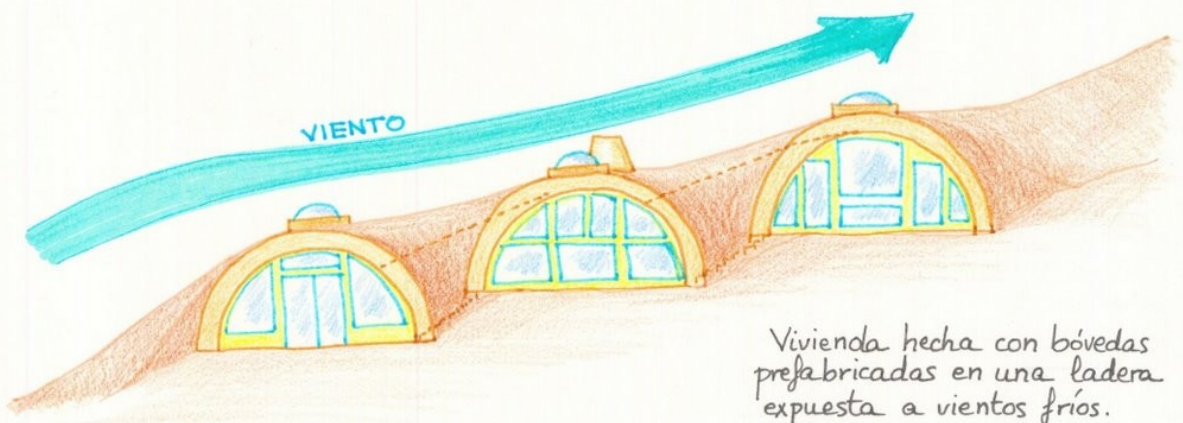
## DISEÑO DE EDIFICIOS EXPUESTOS AL VIENTO



Casas enterradas o semienterradas



Fachada expuesta a los vientos fríos oculta o muy reducida



Vivienda hecha con bóvedas prefabricadas en una ladera expuesta a vientos fríos.

Ofrecer al viento paramentos curvos y/o aerodinámicos

## 3.4 Modos de refrigerar los edificios

---

### 3.4.1 *Proporcionar buena ventilación y humidificación del aire*

El tema de la ventilación se trata más extensamente en la unidad didáctica 5. En esta veremos los fundamentos básicos de la misma que se expresan en la lámina 10.

La refrigeración por medio de la ventilación se basa en poner en práctica estas estrategias que se resumen en la lámina 11:

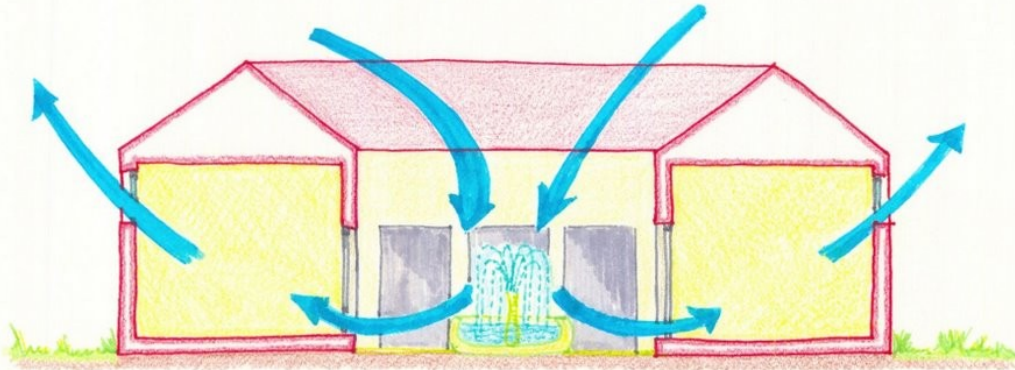
- Dejar salir el aire caliente: para ello se practican aberturas en los puntos en los que el aire caliente tiende a acumularse para evacuarlo. Como el aire caliente es menos denso y tiende a ascender se acumula en las zonas altas, por lo que se practican aberturas en cubiertas y techos.
- Introducir aire fresco: El aire puede enfriarse haciéndolo pasar por el subsuelo o captarse del interior de cuevas naturales, como hacen desde hace siglos cerca de Vicenza, Italia. En zonas áridas y sobre las ciudades circulan corrientes de aire más fresco a determinada altura y es necesario captarlo mediante torres captadoras. Esto lo veremos en la unidad didáctica 5 correspondiente a ventilación.
- Enfriar el aire destinado a ventilación: si no se puede captar aire fresco al menos puede enfriarse recurriendo a la construcción de microclimas como patios interiores y con la ayuda de la vegetación. En zonas de clima seco puede aumentarse el enfriamiento por medio de la evaporación del agua, colocando fuentes o superficies húmedas expuestas a las corrientes de aire. En zonas tropicales muy húmedas este sistema es menos eficaz.
- Generar corrientes de aire: se facilita la entrada de aire fresco y la salida de aire caliente generando corrientes que circulen refrescando el interior del edificio. También son muy útiles los sistemas de doble cubierta en medio de la cual circula el aire enfriándola.

### 3.4.2 *Diseñar el edificio creando microclimas frescos*

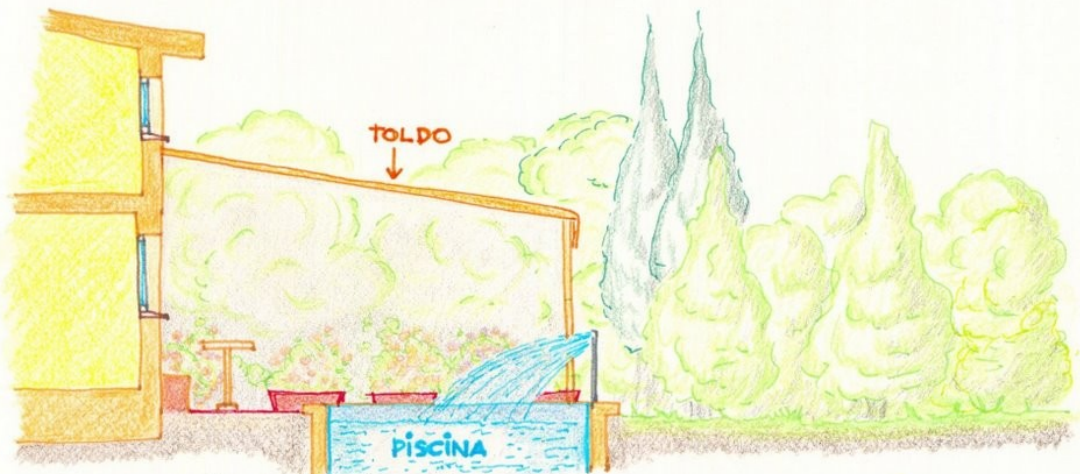
Ver resumen gráfico en lámina 12. Se expone a continuación:

- Diseñar plantas diáfanas para favorecer las corrientes de aire.
- Estancias con techos altos para que el aire caliente ascendente no afecte a las personas y para favorecer la circulación de aire.

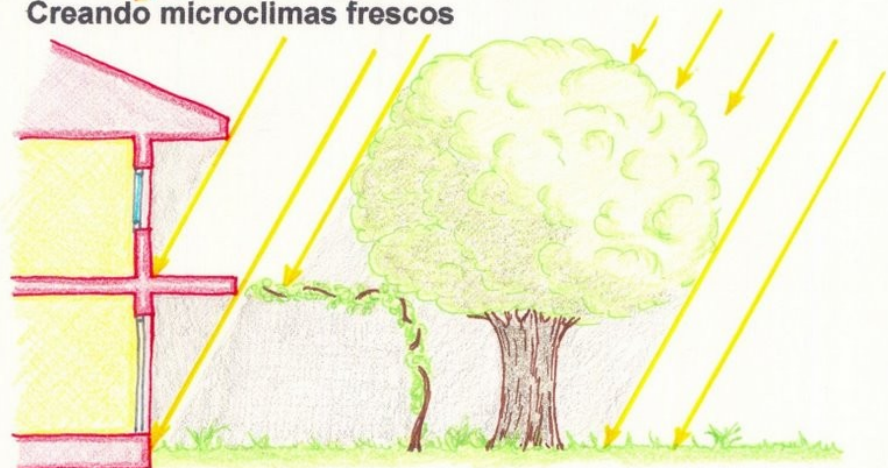
## MODOS DE REFRIGERAR LOS EDIFICIOS



Proporcionando buena ventilación y humidificación del aire



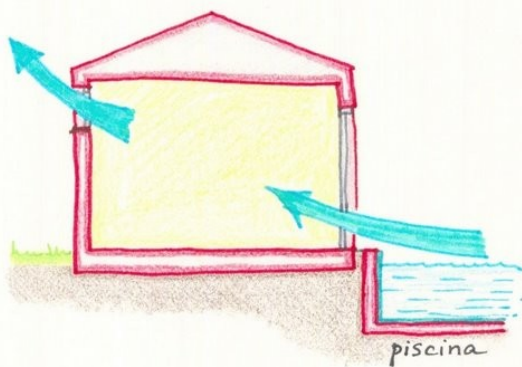
Creando microclimas frescos



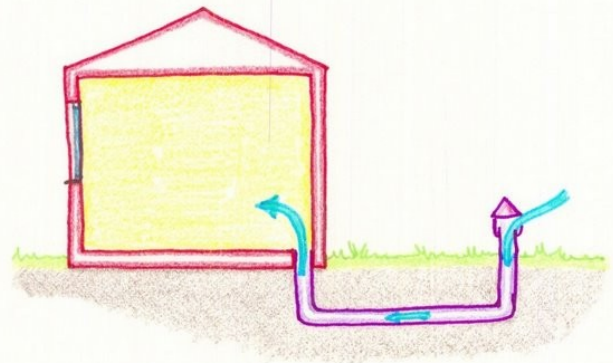
Obstaculizando la entrada de la radiación solar

## REFRIGERACIÓN DE EDIFICIOS MEDIANTE VENTILACIÓN

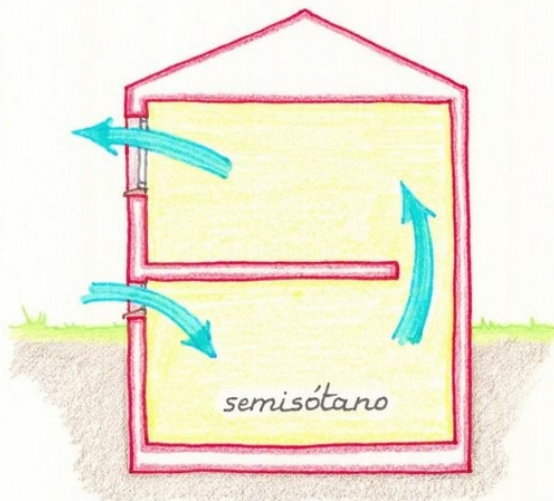
Se basa en dos principios:  
- Dejar salir el aire caliente.  
- Introducir aire fresco.



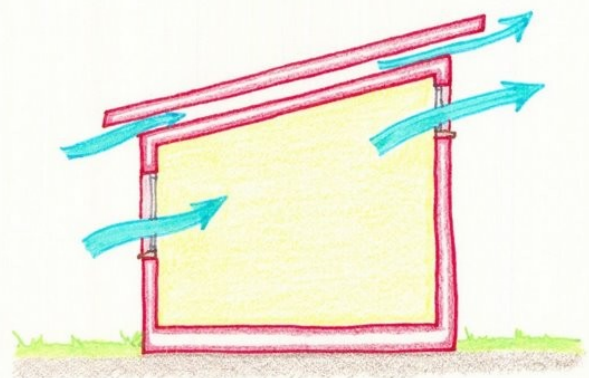
**Generar corrientes de aire**



**Introducir aire fresco del subsuelo**

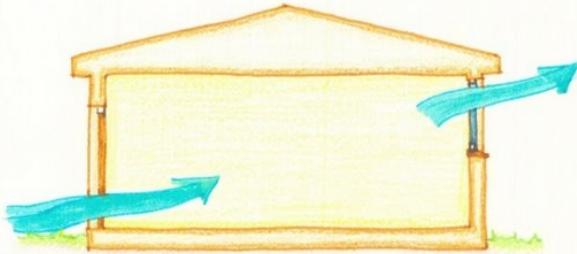


**Enfriar el aire en  
microclimas frescos**



**Dejar salir el aire caliente de techos  
y cubierta. Doble cubierta ventilada.**

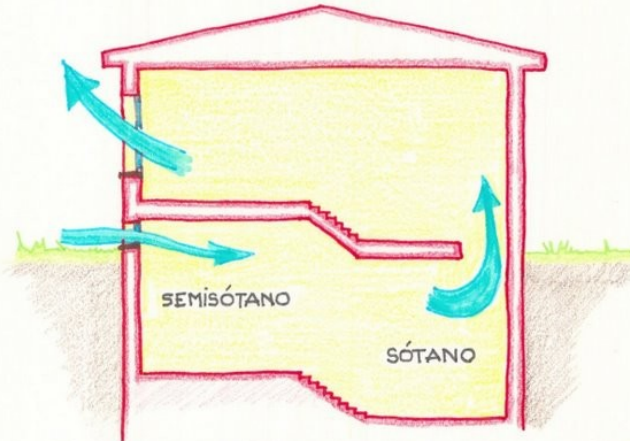
### DISEÑO DE MICROCLIMAS FRESCOS



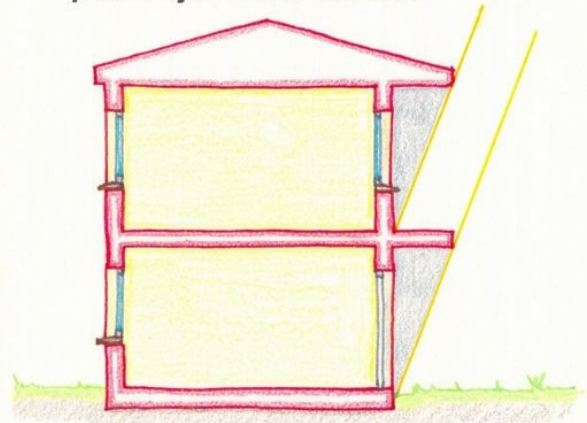
**Plantas diáfnas**  
para dejar circular el aire



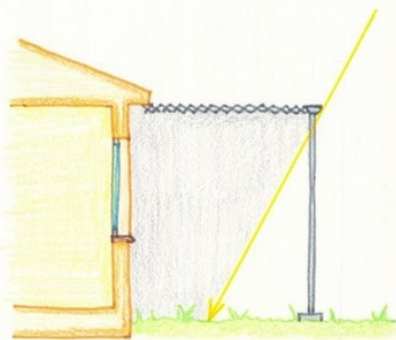
**Techos altos**  
para alejar el aire caliente



**Sótanos y semisótanos frescos**



**Voladizos que proporcionen sombra**



**Umbráculos, porches, pérgolas**



**Patios interiores**

- Disponer en sótanos y semisótanos estancias habitables para la época calurosa. Las viviendas islámicas tradicionales disponen de una o más estancias de este tipo.
- Diseñar una distribución flexible, de modo que dependiendo de la época del año puedan habilitarse como zonas de estar o dormitorios diferentes espacios de la vivienda para adaptarse a las condiciones climatológicas cambiantes.
- Proyectar umbráculos, espacios sombreados entre el exterior y el interior del edificio, como porches, pérgolas, etc. para crear espacios intermedios que incluso pueden ser habitables en determinados momentos del día.
- Proyectar uno o más patios interiores con vegetación y fuentes para crear microclimas frescos y a la sombra. La mayor parte de las habitaciones pueden agruparse alrededor de los patios y disfrutar de las corrientes de aire fresco que generan.
- Diseñar una cubierta de hierba asociada a un sistema de riego por pulverización lo que producirá una refrigeración por evaporación en la zona que más se calienta en verano: la cubierta.
- Hacer un diseño urbano con calles estrechas: los cascos antiguos de las ciudades son un ejemplo de cómo crear microclimas con sombra y temperaturas estables. Además, los cruces de calles facilitan la ventilación sin que las brisas alcancen velocidad excesiva.

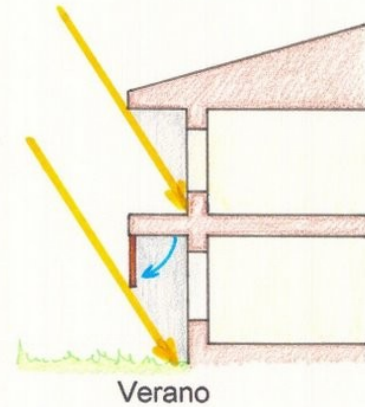
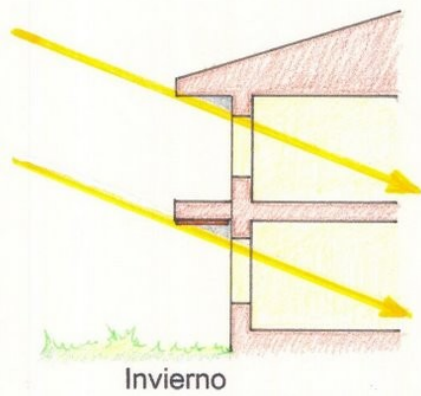
### **3.4.3 Obstaculizar la entrada de la radiación solar**

La reducción de la incidencia de la radiación solar sobre el edificio cuenta con un gran aliado en el empleo de la vegetación, tema que trataremos ampliamente en la unidad didáctica nº 6. Aquí haremos una enumeración de los elementos que regulan la captación solar según necesidades o según la época del año. Están representados en las láminas 13 y 14. Son estos:

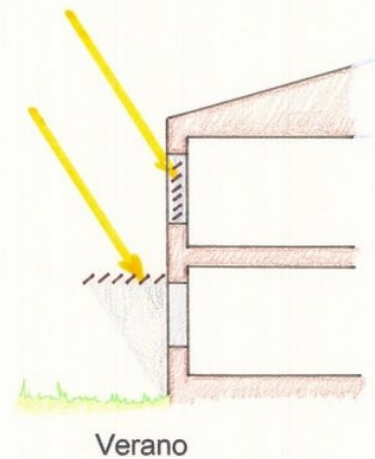
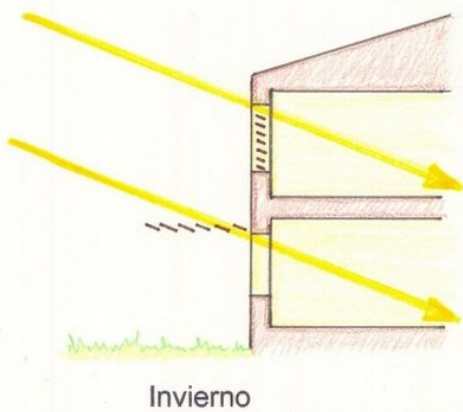
- Diseñar voladizos o pantallas que proyecten sombra. En climas templados como el nuestro los voladizos deben dar sombra en verano y permitir la entrada de la luz solar en invierno, para ello se dimensionan según el recorrido solar anual. (Láminas 2 y 3 tema 1).
- Dotar a los elementos de carpintería de lamas direccionales, toldos y postigos que regulen la entrada de la luz solar
- Colocar en las ventanas vidrios aislantes, reflectantes y/o tintados que reduzcan la captación de la radiación solar
- Plantar frente a la fachada sur del edificio plantas de hoja caduca, trepadoras para pérgolas o árboles que darán sombra en verano y dejarán pasar la luz en invierno.

- Tamizar la entrada de luz solar directa por medio de celosías. Es un método usado habitualmente en países del Mediterráneo y Oriente.
- Diseñar el perfil de las jambas de puertas y ventanas a 90º en relación al plano de fachada de modo que permitan la entrada de menor radiación solar.
- Favorecer la luz solar indirecta o reflejada. Este sistema mantiene el interior del edificio mucho más fresco. Puede conseguirse por medio de pantallas translúcidas que dejen pasar luz atenuada o diseñando superficies con el ángulo adecuado para que llegue al interior luz reflejada y no luz directa.

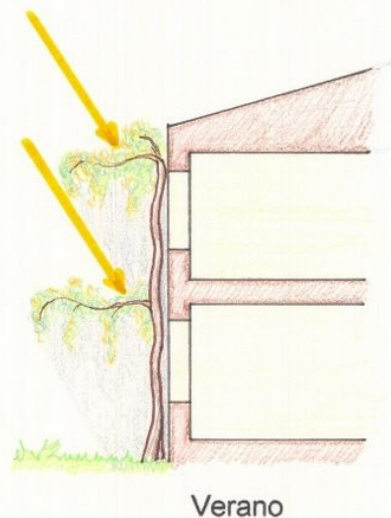
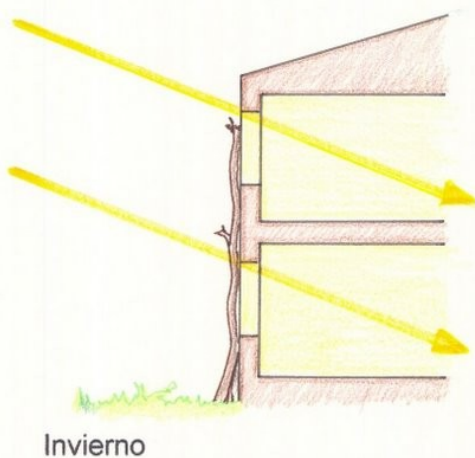
### REGULACIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR SEGÚN LA ÉPOCA DEL AÑO



Por medio de voladizos y pantallas

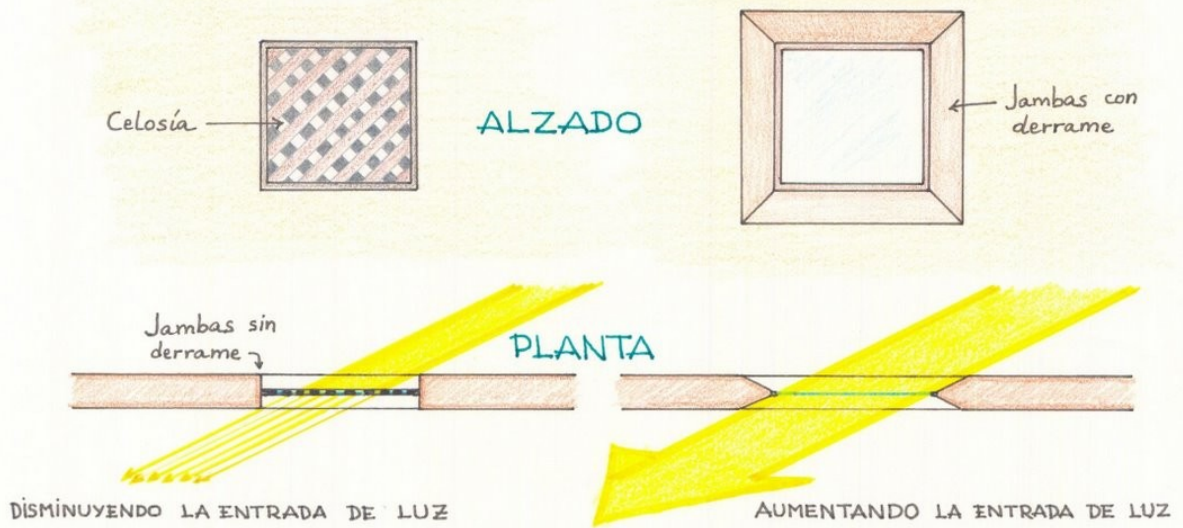


Por medio de lamas direccionables

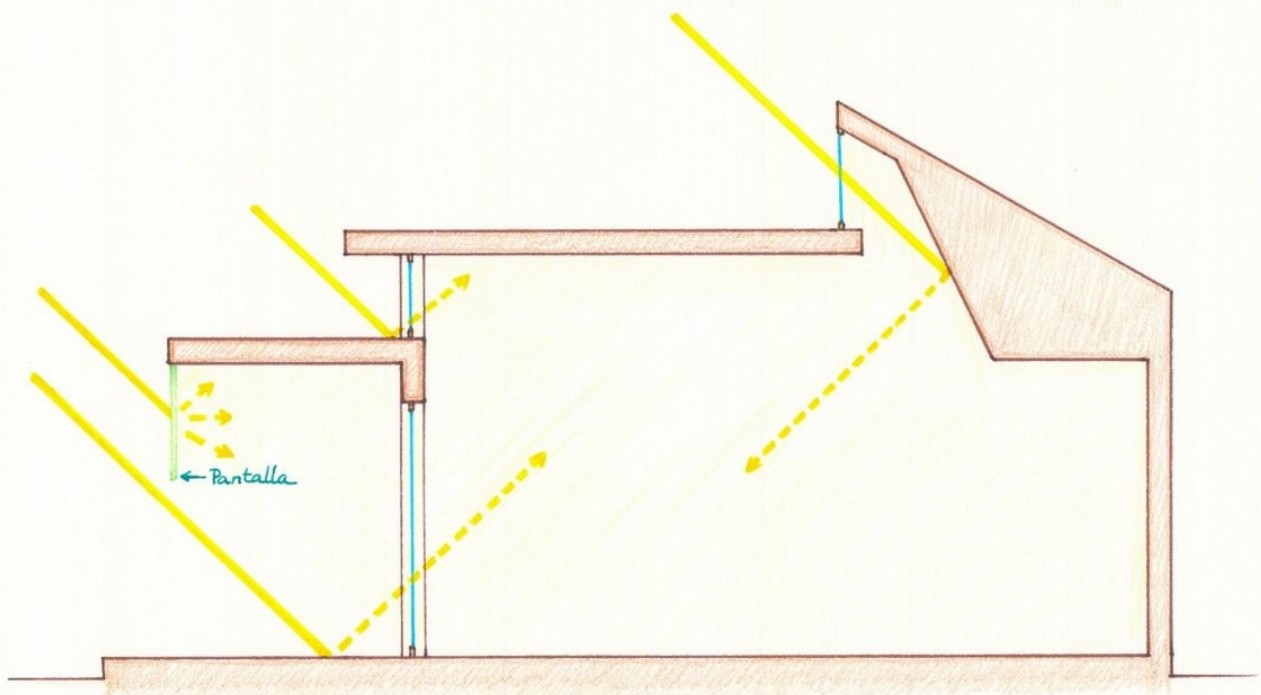


Por medio de pérgolas vegetales de hoja caduca

### MODOS DE CONTROLAR LA RADIACIÓN SOLAR DENTRO DE LA VIVIENDA



Regulando la entrada de la luz solar directa



Favoreciendo la luz indirecta o reflejada

### 3.5 Modos de captar energía del entorno

---

A nuestro alrededor disponemos de enormes cantidades de energía que habitualmente despreciamos. La fuente de energía fundamental de que disponemos en el planeta Tierra es la energía que nos llega de nuestra estrella: el Sol. Esta energía se genera por las reacciones termonucleares que ocurren en su centro, sobre todo por la fusión de grupos de dos átomos de hidrógeno que se unen para formar uno de helio. Se estima que el Sol pierde 5 millones de toneladas de materia por segundo en esta fabulosa reacción. Esta potente energía se expulsa al espacio en forma de ondas electromagnéticas.

La radiación solar que llega a la Tierra en parte se refleja de nuevo al espacio. El porcentaje absorbido por la atmósfera origina, entre otros, los fenómenos de evaporación y condensación del agua causando los fenómenos climáticos: lluvia, vientos y demás fenómenos meteorológicos. También es utilizada por las plantas para realizar la fotosíntesis dando origen a la cadena de alimentación de todos los seres vivos. Otra parte la absorbe el terreno. La energía eólica, hidráulica, biomasa, de las olas, etc. son transformaciones de la energía solar y la de las mareas es causada por la gravedad conjunta del sol y la luna.

La energía sobrante vuelve a ser devuelta al espacio manteniendo un equilibrio energético en el planeta. Por esto es tan peligroso el efecto invernadero causado por la quema de combustibles. La capa de CO<sub>2</sub> que se forma en la atmósfera impide que la energía sobrante se disipe en el espacio exterior ocasionando el recalentamiento del planeta.

El petróleo que quemamos ahora y que tuvo su origen en los seres vivos de hace millones de años, fue una energía que vino del Sol, se elaboró lentamente en el interior de la tierra y ahora estamos malgastando. Por ello es fundamental que utilicemos la radiación solar directa y las energías renovables.

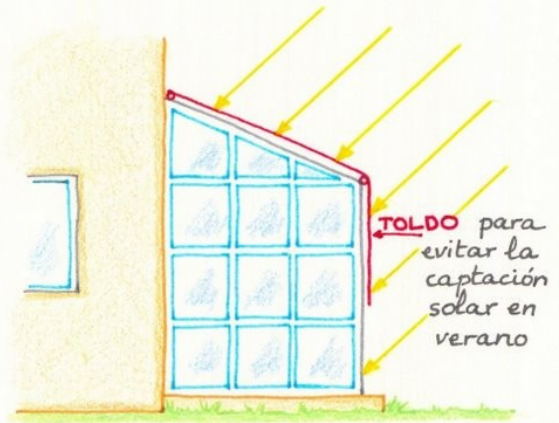
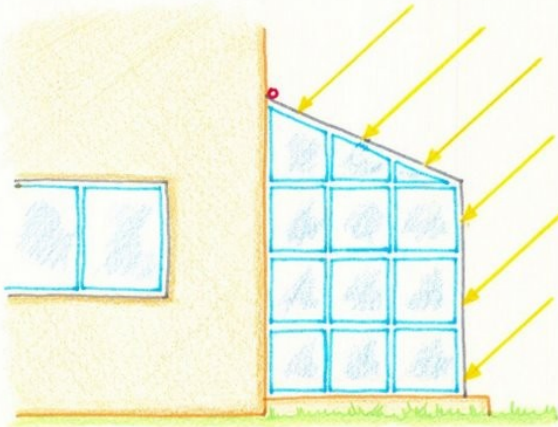
Los sistemas de captación de energía del entorno para su aprovechamiento en arquitectura bioclimática están resumidos en la [lámina 15](#) de este tema y los hemos repartido para su estudio en tres apartados: captación solar pasiva (la veremos a continuación), captación solar activa y mecanismos para obtener energías renovables del entorno (U. Didáctica 4).

#### 3.5.1 Captación solar pasiva

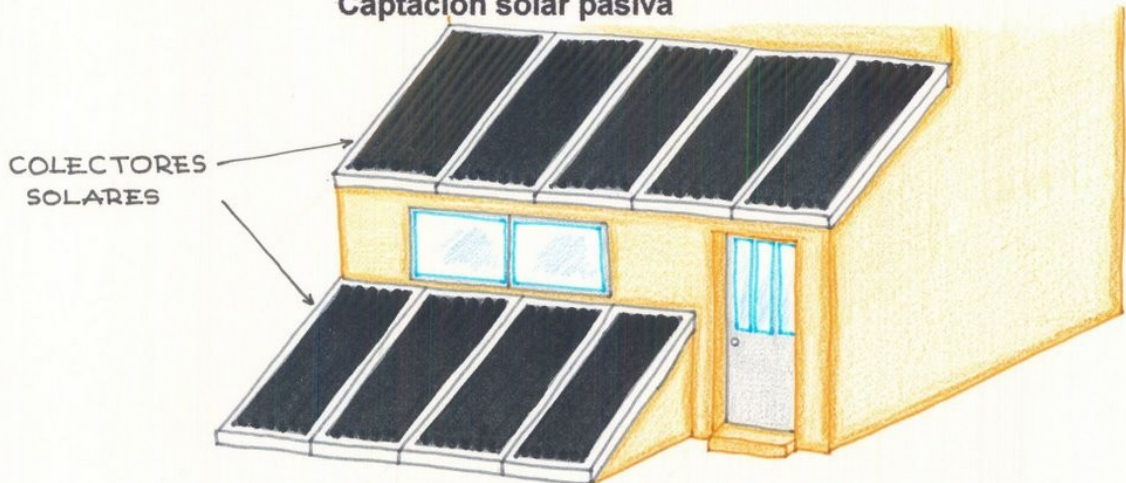
Se denomina así al método de captación de la radiación solar que funciona sin necesitar aporte energético externo. También se denomina pasivo al sistema que ocasionalmente pueda utilizar un pequeño equipo para acelerar los intercambios térmicos aunque no sea imprescindible para su funcionamiento, como por ejemplo, un ventilador.

Los sistemas captadores pasivos precisan combinarse con mecanismos de ocultación para proteger al edificio de la entrada indiscriminada de radiación solar en los días calurosos de verano. En este mismo tema vimos ya el apartado de cómo obstaculizar la entrada de la radiación solar. ([Láminas 13 y 14](#)).

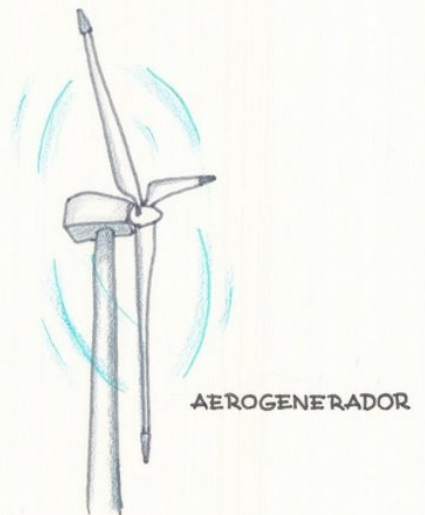
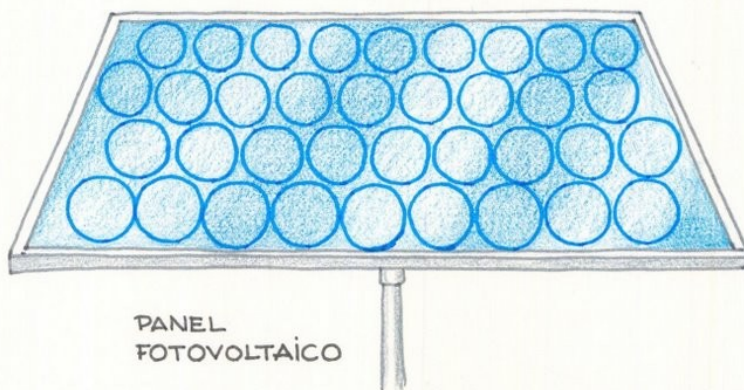
## MODOS DE CAPTAR ENERGÍA DEL ENTORNO



### Captación solar pasiva



### Captación solar activa



### Captación de energías renovables del entorno

Otra posibilidad es acumular dicha radiación solar para ser utilizada en la noche o incluso emplear sistemas que acumulen el calor para el invierno.

Vemos que la captación solar pasiva abarca dos tipos de elementos:

- Elementos captadores: recogen la radiación solar. Para su estudio los clasificaremos en sistemas captadores directos, indirectos y añadidos. Se analizan en el punto siguiente.
- Elementos acumuladores: son sistemas que tienen la propiedad de almacenar en su interior la energía calorífica de modo que puede ser utilizada con posterioridad. Unos sistemas permiten acumular el calor del día para cederlo durante la noche. Otros son capaces de almacenar el calor durante muchos días, incluso meses. Para su estudio podemos clasificarlos en sistemas puramente constructivos y depósitos de acumulación.

Un sistema completo de aprovechamiento de la energía calorífica del sol no se limita a la instalación de elementos captadores o de elementos acumuladores. Lo ideal es emplear ambos sistemas conjuntamente. Se debe hacer un estudio de las necesidades caloríficas del edificio, en función del cual se diseñarán los elementos captadores y acumuladores necesarios. También se verá la necesidad de incluir sistemas de captación activa u otros.

#### **3.5.1.1 Elementos captadores directos**

Se denominan sistemas de captación directa aquellos en los que la radiación solar entra directamente en el espacio que se desea caldear. Esto se consigue haciendo que los rayos solares atraviesen un vidrio y calienten el aire, los suelos y los paramentos interiores. (Ver lámina 16)

Una simple ventana orientada hacia el Sol es el primer sistema de captación solar pasiva. Todos sentimos más confort un día de invierno en el que los rayos del sol entran por la ventana que un día nublado, aunque el termómetro marque la misma temperatura. Nuestra piel capta la radiación solar y eso nos hace sentir más confortables.

La captación solar se puede hacer a través de un invernadero, galería o terraza cubierta con vidrio. Es un espacio acristalado creado con la finalidad de captar el máximo de radiación solar. Las habitaciones a caldear se prolongan, sobresalen de la fachada, disponen de un espacio donde se pueden cultivar plantas, usarse como zona de estar, de recreo, o simplemente tomar el sol.

Durante el día, el aire que se calienta en el invernadero se distribuye por toda la casa gracias a las corrientes de convección. Después veremos mejoras a este sistema. Por la noche deben evitarse las pérdidas de calor colocando persianas o contraventanas. También puede ser útil el empleo de vidrios aislantes, pero debe consultarse al fabricante en qué grado permiten la absorción de la radiación solar. No sólo queremos conservar el calor de dentro, también necesitaremos captar el calor del sol.

Si se cultivan plantas en el invernadero, la propia vegetación hace de acondicionador térmico suavizando las temperaturas para que no haya tanta diferencia entre el día y la noche y regulando la humedad ambiental.

En verano se debe impedir la entrada de la radiación solar con los elementos de cierre que ya hemos visto y facilitar una buena ventilación para evitar la captación de energía solar y favorecer la refrigeración. Un invernadero siempre debe tener respiraderos o aberturas en la parte superior para dejar salir el calor en verano.

### **3.5.1.2 Elementos captadores indirectos**

Son modos de captar la radiación solar por medio de elementos constructivos que actúan de intermediarios. Captan y almacenan la energía solar que cederán posteriormente a las habitaciones. (Ver láminas 17 y 18).

Hemos visto que los sistemas captadores directos consisten en exponer a la radiación solar el espacio constructivo que se desea caldear. Para lograrlo se interpone el vidrio de una ventana o galería acristalada entre la radiación solar y el espacio a calentar. Veamos el porqué:

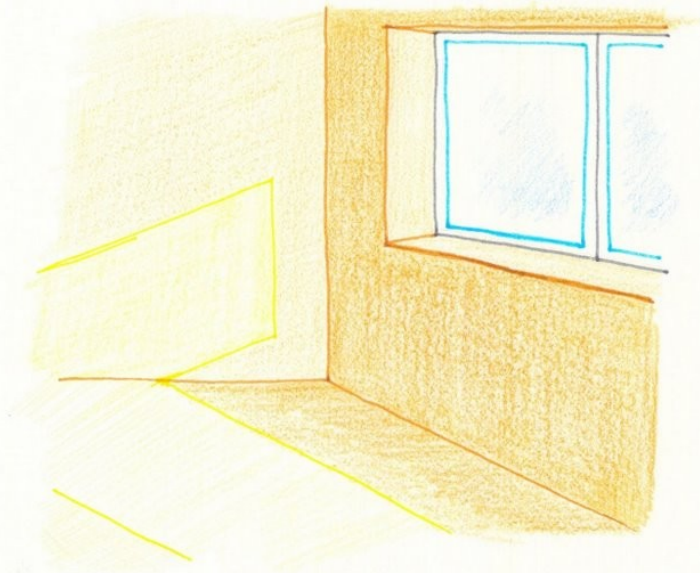
Una vez que los materiales de construcción han absorbido la energía solar, van cediendo lentamente la energía sobrante en forma de radiación infrarroja. La radiación infrarroja no es capaz de atravesar el vidrio, acumulándose dentro del espacio constructivo. Es el llamado efecto invernadero.

Los suelos, muros y cubierta pueden ser muy útiles para captar y almacenar la energía procedente del Sol, sobre todo si son porosos ya que tienen más superficie de intercambio. En invierno los materiales de construcción acumulan energía solar durante el día que van cediendo lentamente durante la noche. El agua es también un excelente material para captar y almacenar calor.

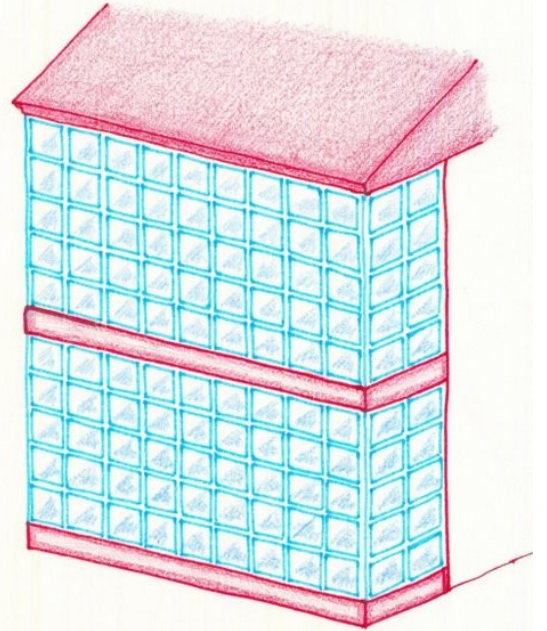
Si se dispone de suficiente superficie acristalada y masa térmica, es decir, muros y suelo gruesos y de materiales densos como ladrillo, piedra u hormigón, éstos pueden acumular energía para ir cediendo durante varios días nublados consecutivos. De este modo se mantendrá una buena temperatura en el interior. Puede ser necesaria la ayuda de alguna estufa o radiador en invierno, pero las necesidades de calefacción van a ser mucho menores.

Puede construirse un grueso y masivo muro de fachada orientado al sur y poner sobre él un vidrio para que capte y acumule la radiación solar. Para facilitar los intercambios de calor con el resto de la vivienda se pueden hacer unos orificios en la parte superior e inferior del muro para facilitar las corrientes de convección. Este sistema fue popularizado por el ingeniero francés Félix Trombe y se denomina muro o pared Trombe.

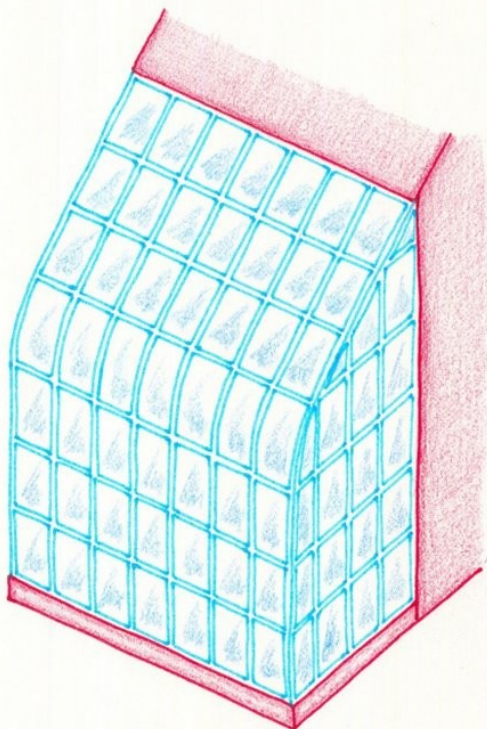
## CAPTACIÓN SOLAR PASIVA DIRECTA



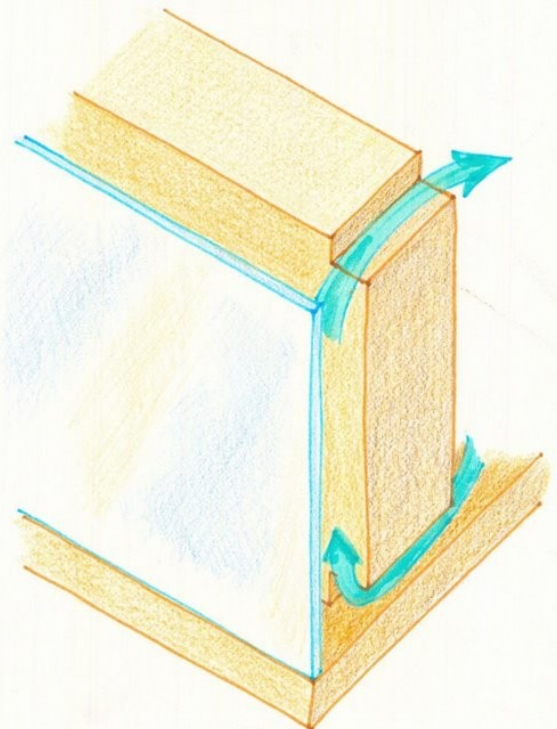
Ventanas



Galería



Invernadero

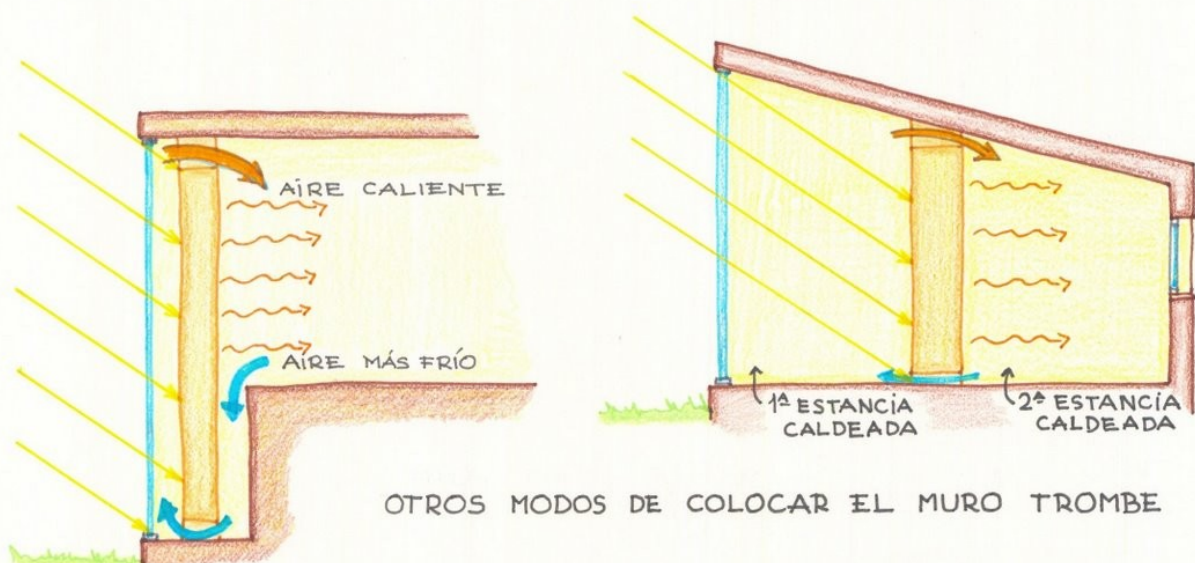
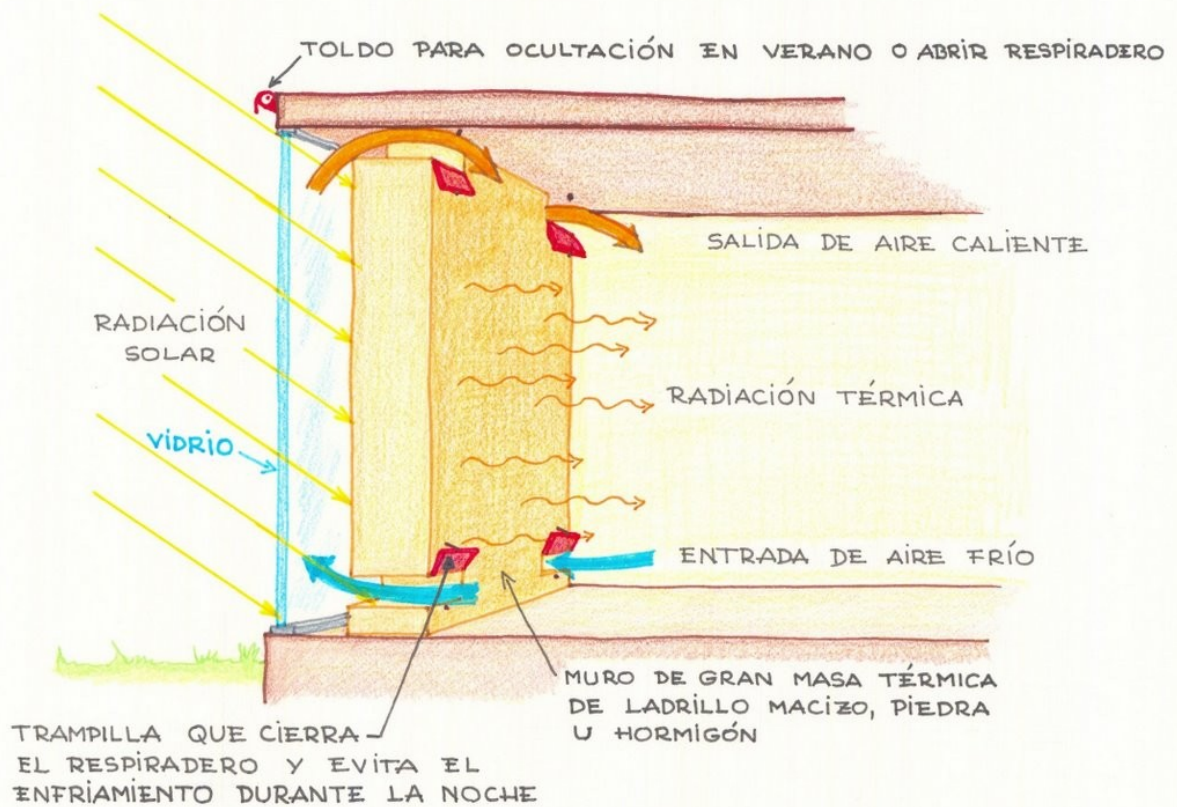


Muro Trombe

Además del citado existen otros sistemas de captación indirecta de la radiación solar, haremos un resumen de ellos:

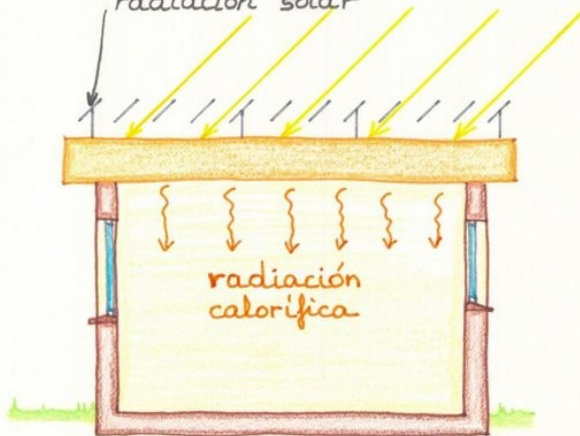
- Muro Trombe: Muro de gran masa térmica construido de piedra, hormigón, bloques de tierra, adobes o ladrillo sin pulir orientado al sur y precedido de un vidrio o elemento translúcido para favorecer el efecto invernadero. Lleva aberturas en su parte superior e inferior para favorecer los intercambios térmicos entre la cámara de aire que calienta el sol y el interior del edificio. Es necesario aislar el vidrio en las noches de invierno para no perder calorías y sombrear en verano para evitar la acumulación de calor. (Ver lámina 17 de este tema).
- Cubierta de inercia térmica: es una cubierta realizada con materiales de construcción de elevado peso específico. Su gran masa amortigua las oscilaciones térmicas.
- Inercia térmica interior: consiste en situar en las paredes y suelos del interior del edificio grandes masas térmicas que capten y acumulen la radiación solar. Deben situarse en lugares donde puedan captar la energía, cerca de ventanales, invernaderos, etc. Deben repartirse lo más posible por todo el edificio, no concentrar las masas térmicas solamente en una zona para amortiguar mejor los ciclos noche-día. El aislamiento del edificio debe ir por el exterior, para proteger el calor acumulado en muros y suelos. (Ver lámina 18).
- Solera de grava: consiste en disponer una solera de grava muy bien aislada que actuará de depósito acumulador. Hay que asegurarse de que la humedad del terreno no llegará a la grava. La captación se realiza a través de un vidrio como en la pared Trombe. La energía almacenada se conduce al interior del edificio, bien por radiación o bien haciendo circular aire por el interior de la solera.
- Inercia subterránea: Este sistema aprovecha la gran masa térmica del terreno para amortiguar las oscilaciones climáticas del exterior. Da muy buenos resultados en climas extremados y de montaña.

## CAPTACIÓN SOLAR PASIVA MURO TROMBE



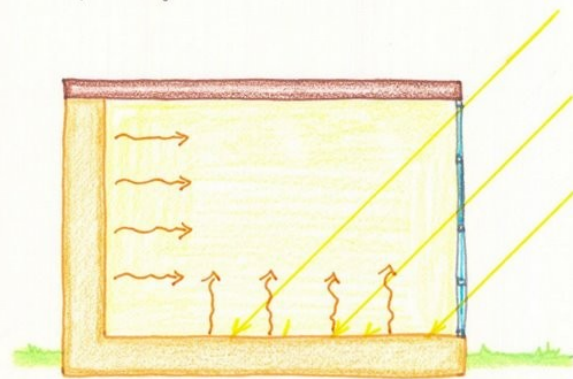
### CAPTACIÓN SOLAR PASIVA INDIRECTA -SISTEMAS DE INERCIA TÉRMICA-

Láminas direccionables para regulación de la radiación solar

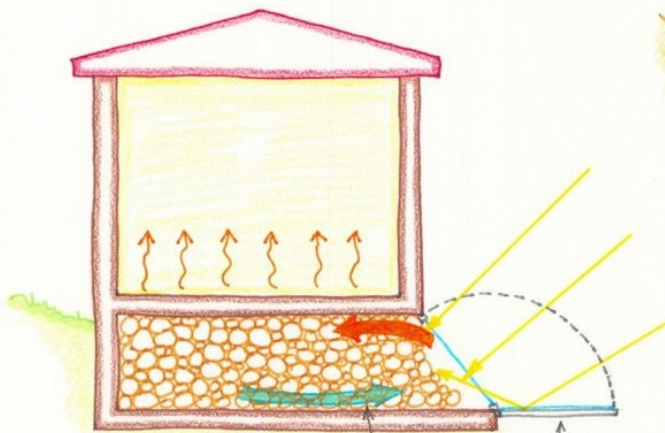


**Cubierta de inercia térmica**

La gran masa térmica de paredes y suelo acumula el calor que cederá después en forma de radiación infrarroja

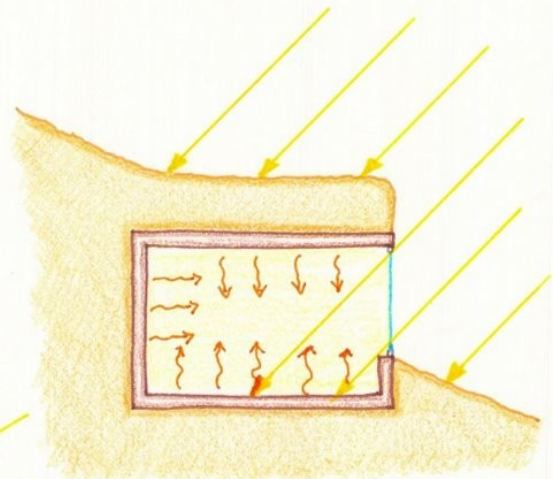


**Inercia térmica interior**



Circulación del aire entre las piedras  
Por la noche se cierra la tapa para conservar el calor

**Solera de grava**



La gran masa térmica del terreno acumula el calor en el verano y lo cede lentamente a lo largo del invierno.

**Sistemas de inercia subterráneos**

### 3.5.1.3 Elementos captadores añadidos

La captación y acumulación de la energía solar se realiza por medio de elementos que no pertenecen al edificio propiamente dicho. (Ver lámina 19).

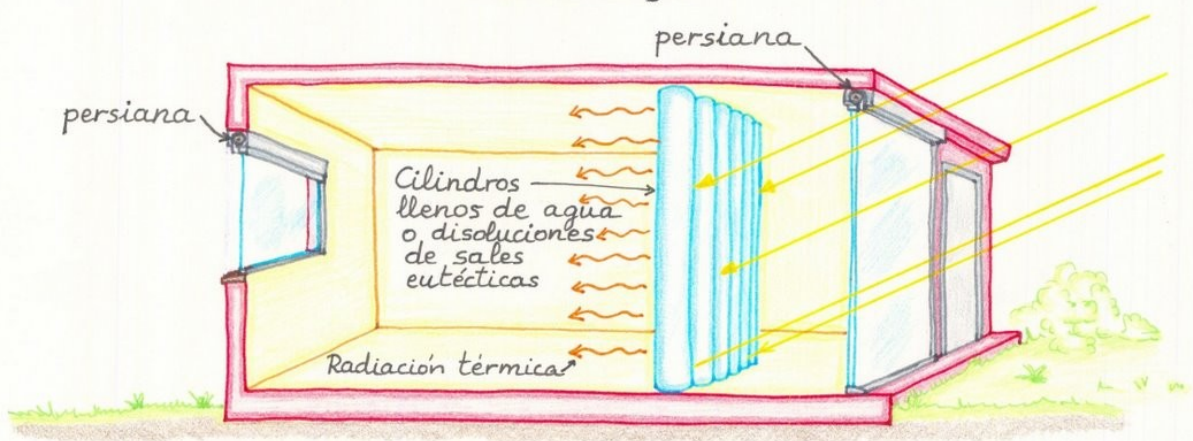
- Muro de agua: Muro similar al Trombe, formado por depósitos de agua entre los que se dejan huecos para favorecer las corrientes de convección y facilitar los intercambios de calor con el interior del edificio. Suelen colocarse 200 litros de agua por metro cuadrado de superficie de captación.
- Cubierta de agua: Sobre una azotea pintada de color muy oscuro o negro se colocan bidones o sacos de plástico que se llenan de agua. Su eficacia aumenta si se cubren con vidrio o un material translúcido. En nuestras latitudes, por la inclinación de los rayos solares en invierno, deben ir sobre una superficie inclinada y cubrirse durante la noche invernal. En verano puede utilizarse este sistema para refrigerar, dejando destapados los depósitos de agua para que se enfríen durante la noche. Dan mejor resultado en refrigeración en clima continental con noches de verano frescas y días calurosos.
- Sistema de captación independiente: consta de un elemento captador adosado al edificio que aprovecha el efecto invernadero y mediante corrientes de convección de aire o agua transmite el calor a un depósito acumulador desde donde se transferirá al edificio. Estos elementos captadores pueden construirse in situ con materiales de construcción, por ejemplo ladrillos o cantos rodados y un recubrimiento de vidrio.

También pueden instalarse colectores prefabricados para la captación pasiva de la radiación solar, pero en esta unidad didáctica nos estamos centrando exclusivamente en el control climático por medios constructivos. El apartado correspondiente a paneles solares se verá en la unidad didáctica nº 4.

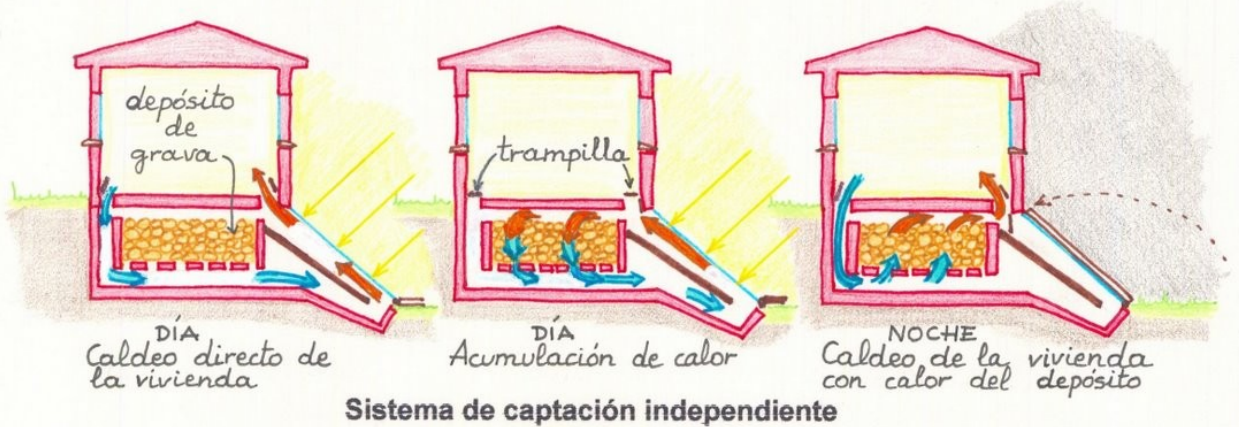
### ELEMENTOS DE CAPTACIÓN SOLAR PASIVA AÑADIDOS



### Cubierta de agua



### Muro de agua



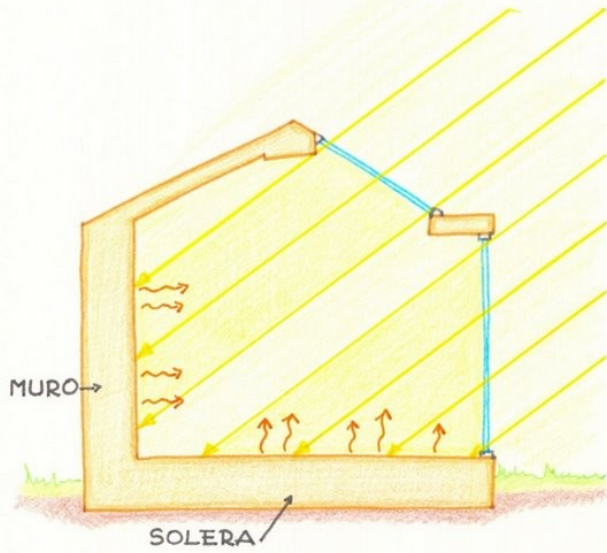
#### 3.5.1.4 Elementos acumuladores

Son dispositivos que almacenan calor para ser cedido al edificio cuando desciende la temperatura exterior. Alguno de estos sistemas ya los hemos citado. No es necesario emplear un único sistema de acumulación. La experiencia indica que da mejores resultados la combinación de varios tipos de masas térmicas, ya que cada estación o circunstancia climática se adapta mejor a uno u otro sistema. Se representan en la lámina 20. En resumen son estos:

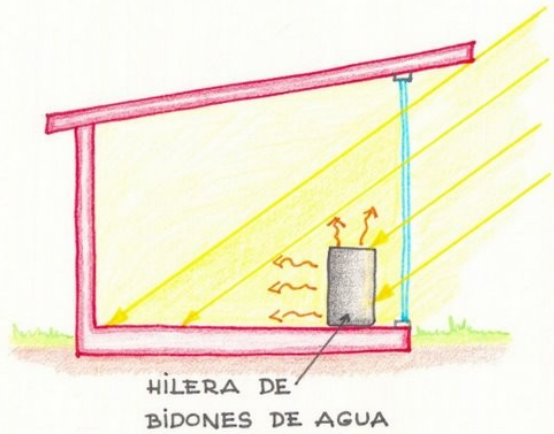
- Elementos acumuladores puramente constructivos: son elementos constructivos que realizan una doble función constructiva y de almacén de calor. Son los sistemas constructivos de inercia térmica ya citados: muros, soleras, etc.
- Depósitos de acumulación: su misión es exclusivamente la de almacenamiento del calor. Son depósitos de cualquier material utilizable como almacén de calor: grava, ladrillos, recipientes llenos de agua, sales eutécticas en disolución, etc. En las regiones frías el depósito acumulador del calor es un elemento fundamental de cualquier sistema de bioclimatización. Estudios realizados a mediados del siglo XX por la profesora María Telkes del Institute of Technology de Massachussets en Boston y la arquitecta Eleanor Raymond, sobre acumuladores de calor latente, analizaron el comportamiento de diversas sales eutécticas en disolución que podían almacenar o ceder calor al fundirse o solidificarse según la temperatura. Tuvieron éxito almacenando calor en sal de Glauber disuelta en agua, sulfadecahidrato, ( $\text{Na}_2 \text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ ) y con la adición de pequeñas cantidades de anticorrosivos y acelerantes de la cristalización. Esta sal funde a 32º C. Calentada a 50º C. acumula seis veces más calor que el mismo volumen de agua y once veces más calor que el mismo volumen de piedras. Desde 1.963 se investigaron los acumuladores de calor latente en el Laing-Energie-Institut en Remseck, Alemania. También el Dr. Johannes Schröder de la Philips trabajó con mezclas eutécticas de fluoruros de litio. Pueden ser cargados y descargados más de 12.000 veces sin perder su capacidad acumulativa.
- La acumulación del calor también adquiere gran importancia en los sistemas de captación solar activa, en la obtención de agua caliente sanitaria (para duchas, lavado de ropa, etc.) y en los sistemas de calefacción por colectores solares (unidad didáctica 4). Los acumuladores de calor latente pueden absorber de los colectores de captación solar la energía procedente del sol y almacenarla aunque su aporte sea intermitente. Así pueden ir cediendo lentamente el calor acumulado al interior del edificio.
- Lagunas de termo-acumulación: Los investigadores Dr. Günter Scholl, Wolfschlugen, Lorcano y Stuttgart plantearon en 1.971 la posibilidad de utilizar el calor acumulado en lagos y lagunas. Permitirían utilizar el calor que pierden las grandes centrales eléctricas. En 1.975 publicaron los datos técnicos, costes y rentabilidad de tales instalaciones. Una laguna de superficie 300 x 500 metros cuadrados puede abastecer de calefacción a una población de 3.000 habitantes. Es necesario cubrirla con bolas flotantes de material aislante para que no pierdan calor.

- Lagunas solares: son muy utilizadas en Japón para calentar el agua de los arrozales, lo que produce un aumento de la cosecha de arroz del 8 al 20 %, pero nada impide utilizar este sistema en edificación y se han hecho estudios sobre ello. Estas lagunas tienen una superficie de 3.000 metros cuadrados y 2 metros de profundidad. Sobre ellas esparcen copos de hollín o poliestireno para evitar pérdidas de calor y alcanzan temperaturas de unos 35º C.
- Acumuladores de calor subterráneos: fueron propuestos por el Dr. Bertrand Weissenbach de la Messerschmitt-Bölkow-Blohm. El calor se acumula en depósitos de grava subterráneos. Puede utilizarse agua como material de transferencia de calor, aunque el uso del agua como elemento acumulador puede plantear problemas de proliferación de bacterias. Los acumuladores subterráneos de piedras han sido muy utilizados en viviendas unifamiliares.

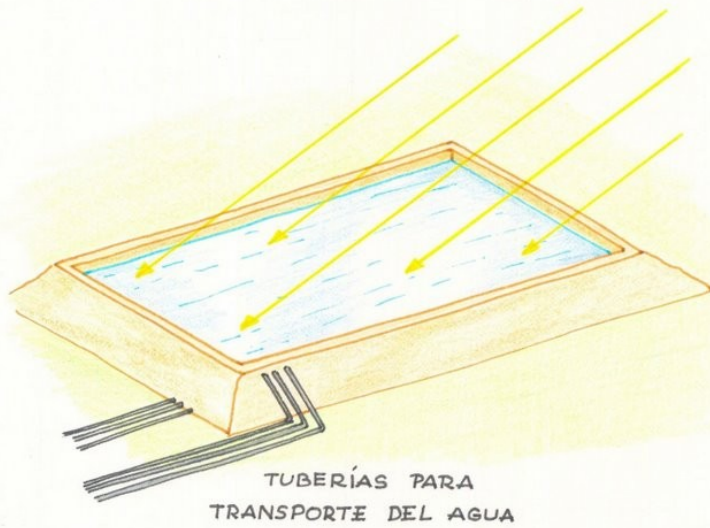
### ELEMENTOS ACUMULADORES DE CALOR



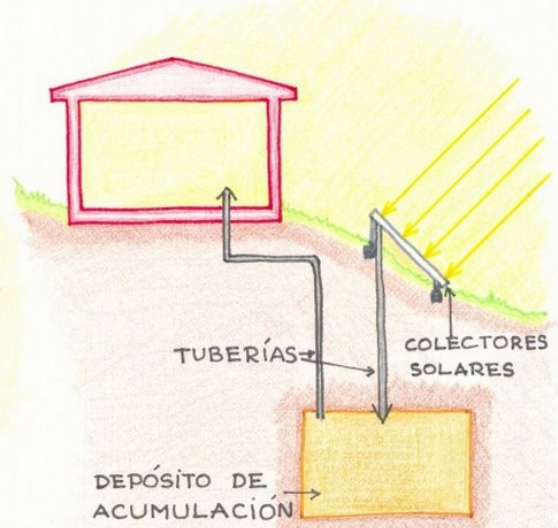
**Elementos constructivos  
de gran inercia térmica**



**Depósitos de acumulación**



**Lagunas de termoacumulación  
Lagunas solares**



**Acumuladores de calor subterráneos**

### **3.6 Aplicación a la construcción bioclimática en Galicia**

---

En la primera unidad didáctica hemos hablado de las regiones climáticas en Galicia. Podemos decir que Galicia disfruta de un clima templado y húmedo en la mayor parte de su territorio.

En climatización hablar de un clima templado significa tener que calentar en invierno y refrescar en verano. La humedad excesiva hay que tratarla y proteger los edificios de los fuertes temporales de las zonas costeras.

Una construcción tradicional muy bien adaptada a este clima eran los castros celtas contruidos con pallozas o citanias de planta circular y situadas muy próximas, de modo que ofrecían menor superficie a los vientos y se protegían unas viviendas a otras frente a los cambios de temperatura.

El tipo de construcción rural posterior de viviendas aisladas con gruesos muros de piedra tenía buenos aciertos y otros elementos mejorables.

Habitualmente faltaba un elemento vital, sobre todo en construcciones a media ladera: una solera de grava que permitiese circular al agua del terreno por debajo del edificio sin llegar a encharcar la vivienda. En ocasiones se suplía este defecto dejando canalillos por donde circulaba el agua (los dormitorios se situaban en la planta alta). En estos casos debe hacerse un drenaje ladera arriba. Si no se tiene garantizada la impermeabilización puede ser muy conveniente hacer un forjado sanitario, es decir, elevar el suelo de la vivienda medio metro sobre el terreno para permitir que se evapore la humedad.

Un buen acierto eran los adosados: pajar, leñera y demás espacios pegados al edificio principal y que hacían las veces de espacios de amortiguación climática, protegían de los fríos vientos y creaban microclimas cálidos alrededor de la casa. El porche abierto de la planta superior cumplía también esta misión y se logró un éxito climático cuando se transformó en galería acristalada, una perfecta cámara de regulación térmica que convirtió el muro de fachada orientado al sur en acumulador térmico.

Haremos ahora un resumen esquemático de los elementos que puede adoptar una vivienda en Galicia que a la vez respete los criterios bioclimáticos y los logros de su arquitectura tradicional. Este esquema lo separaremos en apartados atendiendo a la protección frente al viento, al calentamiento en invierno, refrigeración en verano y protección frente a la humedad:

#### **3.6.1 Protección frente a la humedad**

En la Unidad Didáctica nº 2, en el apartado correspondiente a aplicación a la construcción bioclimática en Galicia se hizo un resumen de las medidas que pueden tomarse relativas a diseño y a adecuación de los diversos elementos constructivos para evitar humedades en la edificación. Allí mencionamos que los materiales de construcción empapados de humedad se convertían en puentes térmicos a través de los cuales se pierden las calorías almacenadas en el interior. Por ello, si se pretende disfrutar de una vivienda confortable es muy importante evitar este problema. Nos remitimos pues a dicho

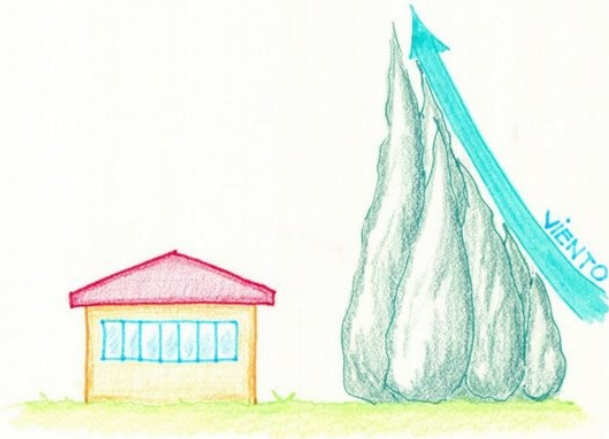
apartado. En él se menciona cómo subsanar humedades en edificios antiguos y figura el resumen de medidas a tomar para vivir en edificios sin humedades.

### **3.6.2 Protección frente al viento**

La lámina 21 ofrece un resumen de estos apartados:

- Colocar una barrera vegetal de protección frente al viento según veremos en la unidad didáctica 6, donde se explica cómo hacerla, se dan datos sobre especies arbóreas y arbustivas, dimensiones, etc.
- Hacer un pequeño terraplenado que defienda la edificación de los vientos y no deje paramentos expuestos al mismo. El pequeño espacio que quede entre el edificio y la pared puede convertirse en un agradable y sombreado patio trasero en verano y puede utilizarse como taller al aire libre en los días templados.
- Diseñar la cubierta de modo que los vientos resbalen por encima de ella y abra una gran fachada al sur.
- Ofrecer al viento la mínima superficie y curvarla para hacerla “aerodinámica” y los vientos resbalen.

**Aplicación a la construcción bioclimática en Galicia:  
PROTECCIÓN FRENTE AL VIENTO**



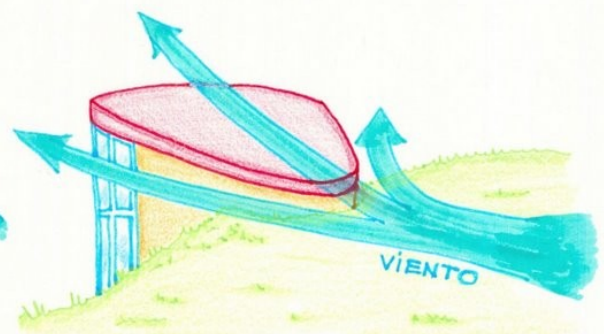
**Barrera vegetal**



**Terraplenado**



**Cubierta que haga resbalar los vientos**



**Mínima superficie al viento**

### **3.6.3 Calentamiento en invierno**

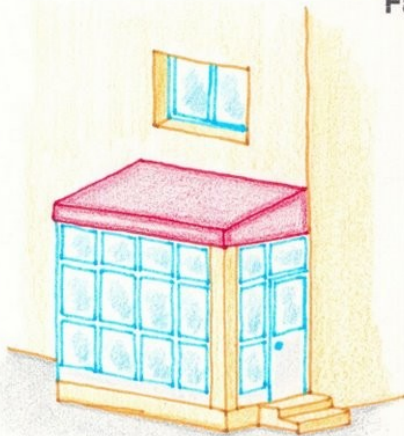
Las láminas 22 y 23 ofrecen un resumen de estos apartados:

- Aislar adecuadamente el edificio para evitar fugas de calor y evitar los puentes térmicos.
- Abrir una gran fachada acristalada al sur para captar la radiación solar. Añadir en la fachada sur espacios captadores adosados, como invernadero, galería o porche acristalado.
- Dotar a las ventanas de contraventanas de madera para aislarlas por la noche y evitar pérdidas de calor.
- Disponer detrás de las superficies acristaladas orientadas al sur elementos acumuladores de calor: muros Trombe, gruesos muros o soleras de gran inercia térmica o depósitos acumuladores con grava o disoluciones de sales eutécticas y diseñando aberturas como puertas o ventanas interiores que garanticen el reparto del calor acumulado al resto de la vivienda.
- Poner un vestíbulo de entrada o entrar a través de una galería o invernadero para evitar corrientes frías de aire al abrir la puerta.
- En zonas frías y de montaña calentar el aire que se use para ventilación como vimos en el apartado correspondiente.
- Emplear sistemas de captación activa de la energía del entorno, como los que veremos en la próxima unidad didáctica.
- Si se desea poner una chimenea, asegurarse de que funciona por efecto Venturi.
- La chimenea, cocina o estufa calefactora, si la hay, debe situarse en una zona central de la vivienda para que el calor suyo y de las paredes de la chimenea irradie al mayor número posible de estancias. Asegurarse de que la madera procede de explotaciones sostenibles.

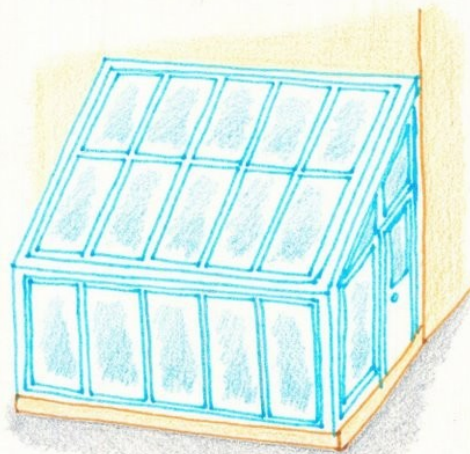
## Aplicación a la construcción bioclimática en Galicia: CALENTAMIENTO EN INVIERNO I



Fachada acristalada orientada al sur



Porche acristalado

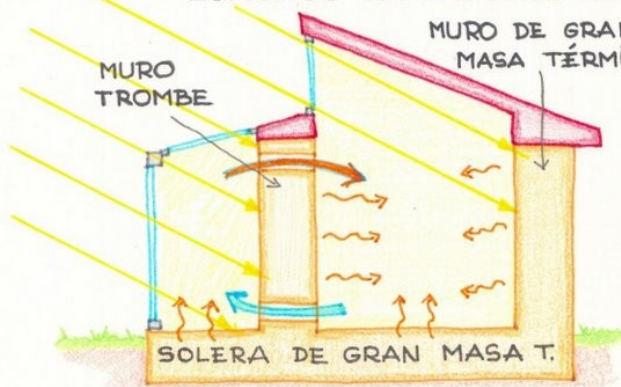


Invernadero

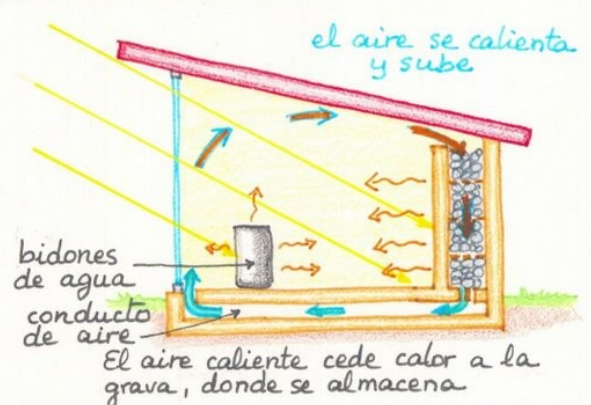


Galería

### ESPACIOS CAPTADORES ADOSADOS EN FACHADA SUR



Elementos constructivos de gran inercia térmica



Depósitos de acumulación

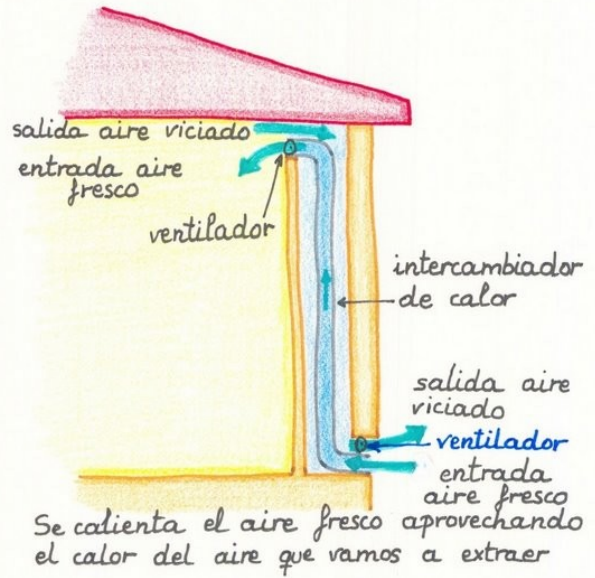
### ELEMENTOS ACUMULADORES DE CALOR

## Aplicación a la construcción bioclimática en Galicia:

### CALENTAMIENTO EN INVIERNO II



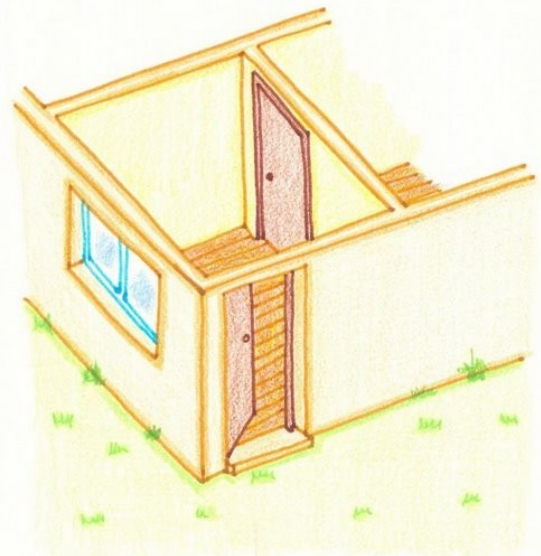
Aislar los cerramientos



Calentar el aire de ventilación



Captación activa de la energía del entorno



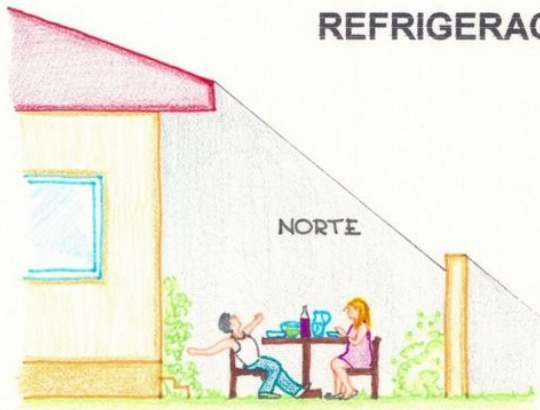
Doble puerta de entrada

### **3.6.4 Refrigeración en verano**

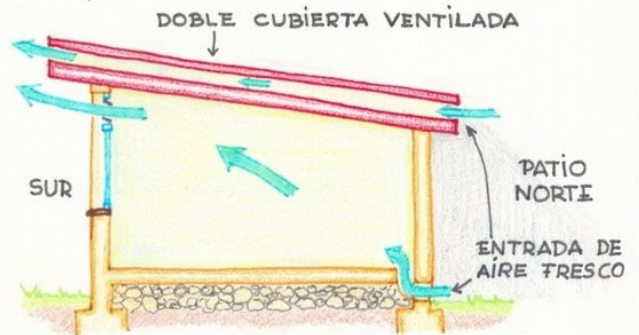
La lámina 24 ofrece un resumen de estos apartados:

- Disponer aberturas en la parte superior de galerías e invernadero para dejar salir el aire caliente. Favorecer la ventilación de modo que el aire entre desde las zonas frescas (ejemplo, patio trasero situado al norte de la casa) y salga por las cálidas (aberturas superiores de las galerías o invernadero).
- Evitar la entrada de la radiación solar en verano diseñando voladizos y/o disponiendo elementos de protección, como toldos, sobre todo en el invernadero y galerías.
- Dotar de persianas o estores sobre todo a las ventanas orientadas al sur y al oeste. En general evitar la luz directa y favorecer la luz indirecta o reflejada.
- Plantar árboles y trepadoras de hoja caduca en la fachada sur, como veremos en la unidad didáctica nº 6.
- Distribuir plantas y diseñar como zona de estar agradable y sombreada el pequeño patio situado al norte.
- Diseñar una ventilación por tuberías subterráneas para refrescar el aire. Aprovechar el trazado de la zanja de drenaje y colocar la tubería de ventilación sobre la de drenaje, la humedad de la misma le dará un frescor añadido.

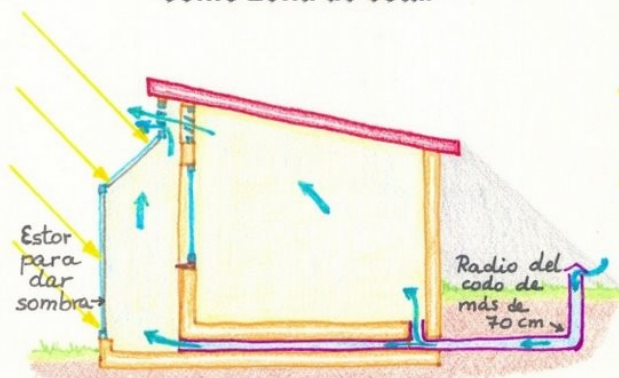
## Aplicación a la construcción bioclimática en Galicia: REFRIGERACIÓN EN VERANO



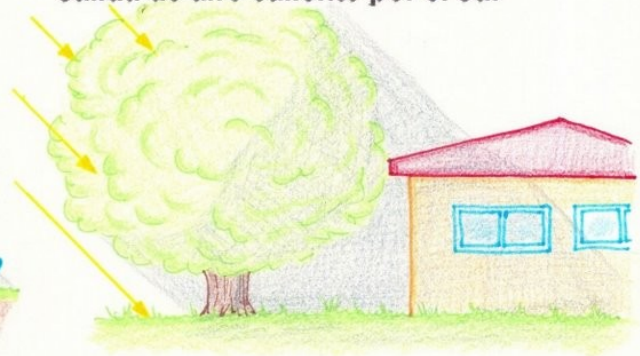
Habilitar un patio orientado al norte  
como zona de estar



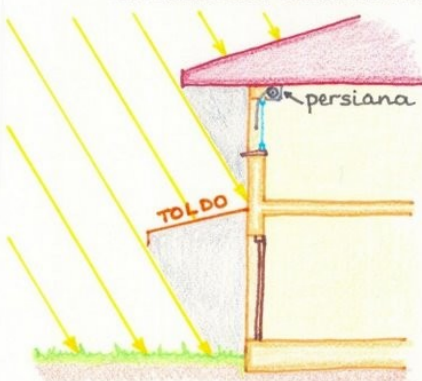
Ventilación desde el patio norte  
salida de aire caliente por el sur



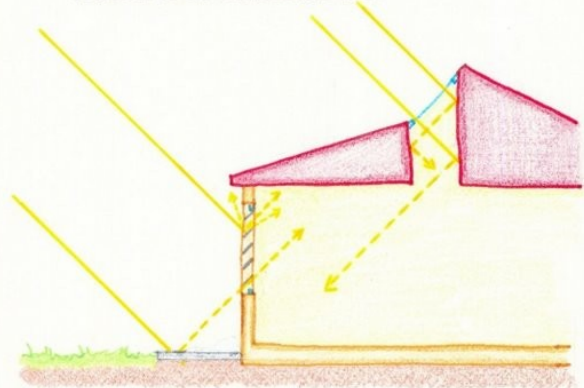
Enfriar el aire de ventilación  
en tuberías enterradas



Poner plantas de hoja caduca  
frente a la fachada sur



Evitar la radiación solar directa con  
voladizos, persianas, toldos



Favorecer la luz indirecta y reflejada

### 3.7 Datos, curiosidades y anécdotas

---

Un adulto respira al día unos 15 kg. de aire. Teniendo en cuenta que solamente comemos 1,5 kg. de comida y bebemos 2 l. de agua al día, esto nos indica la importancia que tiene respirar un aire sano. No podríamos vivir en edificios herméticamente cerrados porque en muy pocas horas tendríamos síntomas de malestar.

Es de todos conocido el frío que hace en invierno en Suecia y Noruega. Para evitar pérdidas de calor han construido muchos de sus edificios públicos subterráneos: edificios administrativos, centros de salud y hasta un polideportivo con capacidad para 8.000 espectadores. Tienen la ventaja añadida de que podrían servir como refugio nuclear.

El invernadero es un adosado que consideramos bastante actual, sin embargo ya existía en el Siglo XVIII. El famoso muro popularizado por Trombe, tan empleado en climatización, fue construido por Morse en 1.881.

Cerca de la ciudad italiana de Vicenza se encuentran las Villas Costozza que fueron construidas hace siglos encima de cuevas naturales. Disfrutaban de un excelente sistema de refrigeración natural ya que introducen el aire fresco de las cuevas a través de celosías de mármol situadas en el suelo. El famoso arquitecto del siglo XVI, Palladio, se inspiró en este sistema para refrescar la Villa Rotonda que se ventila través del aire que circula por el sótano. El sistema lo completan unas aberturas situadas en la cúpula que dejan escapar el aire caliente que se acumula en ella.

La arquitectura tradicional japonesa disponía en las ventanas dos tipos de cerramiento. El exterior consistía en una gruesa plancha de madera decorada que se cerraba durante la noche para mantener el calor del interior. De día se abría hacia arriba quedando sujeta en la cornisa del tejado. El cerramiento interior consistía en una persiana translúcida de papel de arroz enmarcada en madera, que permitía el paso de luz y protegía de las vistas. Si se deseaba abrir dicha persiana se abría hacia el interior quedando sujeta de ganchos en el techo.

Otro sistema empleado por la arquitectura tradicional japonesa consistía en diseñar voladizos que bloqueaban la luz solar directa. Del borde de ellos colgaban persianas translúcidas que dejaban pasar luz indirecta, de modo que al interior de la vivienda llegaba solamente luz indirecta o reflejada. Esto permitía abrir los muros exteriores corredizos favoreciendo la ventilación.

Sabemos que la Tierra orbita alrededor del Sol y es continuamente bañada por las ondas de energía procedentes del Sol. Nuestros ojos pueden ver el 44% de esta energía, pero la mayoría no podemos verla porque el 56 % de las ondas no están en el espectro visible. De ellas el 53 % son infrarrojos, longitudes de onda larga. La atmósfera nos protege de las radiaciones de onda corta, las ultravioleta que son más peligrosas (el 3 %).

La energía que llega a nuestra atmósfera procedente del Sol alcanza una potencia de 0,14 W/cm<sup>2</sup>. A este valor se le conoce como constante solar. El 32% es devuelto al espacio, el 15 % lo absorbe la atmósfera, el 6 % se refleja en el suelo y el 47 % restante es absorbido por la tierra.

No siempre se ha sabido de la existencia del horno solar generador de la inmensa cantidad de energía que conocemos ahora. Hace poco más de dos siglos, en 1795, Sir William Herschel, prestigioso científico y descubridor de Urano describía el Sol como un cuerpo sólido y oscuro. Su brillo se debería a nubes luminosas que lo rodeaban y tendría zonas frías habitadas por “seres adaptados a las circunstancias peculiares de ese inmenso globo”.

Los descubrimientos científicos a veces ocasionan malestar cuando chocan con las ideas preconcebidas de la sociedad. Esto sucedió con el descubrimiento de las manchas solares en el Sol, símbolo de perfección. Uno de los descubridores de las manchas solares fue Christoph Scheiner jesuita y matemático alemán a quien sus superiores prohibieron publicar el hallazgo con su nombre. Galileo, temeroso de la reacción de Iglesia, aplazó el anuncio del descubrimiento, sin embargo el estudio del movimiento y evolución de dichas manchas le permitieron descubrir que giraba sobre sí mismo.

## 4 Unidad didáctica 4: Sistemas activos. Calefacción

### 4.1 Introducción

---

Se llaman sistemas activos a los artefactos mecánicos que complementan la construcción bioclimática y permiten captar las energías del entorno con un mayor aprovechamiento y un mínimo consumo energético.

Los sistemas activos son una mejora de los sistemas pasivos de aprovechamiento de la radiación solar que se han venido utilizando desde hace algunos siglos en invernaderos que facilitasen el crecimiento de las plantas.

A finales del siglo XVIII se descubrió en Inglaterra el modo de fabricar vidrio moldeado, método más rápido que el soplado y que permitió la fabricación industrial del mismo. En este tiempo mejoraron los sistemas de transporte que hicieron accesibles los productos elaborados a un gran número de personas. Ya se fabricaban perfiles de acero y surgió la construcción de invernaderos para disponer de alimentos vegetales frescos durante el invierno.

Los jardineros y horticultores analizaron la eficacia de distintos diseños de invernaderos para conseguir en su interior los mejores microclimas que favoreciesen el desarrollo de las especies vegetales. Esto les llevó a conocer el ángulo óptimo que debe adoptar el vidrio para aprovechar al máximo la radiación solar minimizando el porcentaje de luz reflejada. Tomas Wilkinson, en 1.817 llegó a la conclusión de que el vidrio debía situarse perpendicularmente a la dirección de los rayos solares.

Los primeros ensayos realizados sobre aprovechamiento de la radiación solar en sistemas de calefacción los realizó el profesor F.W. Hutchinson en la Purdue University de Lafayette (Indiana) a partir de 1.930. Sus estudios impulsaron a otros investigadores a ensayar la utilización de la energía solar en sistemas de calefacción y agua caliente.

La primera vivienda que se construyó empleando sistemas activos de calentamiento de agua fue la "Casa solar M.I.T. nº 1", construida en el Massachusetts Institute of Technology en el año 1.939. Disponía de colectores en el tejado y un acumulador de agua caliente. Otras casas solares M.I.T., las nº 2, 3 y 4 se hicieron en Lexington y Cambridge en 1.947, 1.949 y 1.958.

En 1.968 el profesor Félix Trombe y el arquitecto Jacques Michel edificaron en Chauvency-le-Chateau (Lorena, Francia) un prototipo de casa solar. Tenía una superficie habitable de 106 metros cuadrados y una superficie de captación solar de 45 metros cuadrados. En los dos años que duró el experimento se mantuvo una temperatura en el interior de la vivienda de 18 a 20º C., si bien en los días nublados se consumía energía auxiliar.

Se dice que suelen transcurrir 30 años desde que una innovación técnica recién descubierta queda establecida y probado su buen funcionamiento, hasta que se logra una explotación eficaz de la misma. Esto ha sucedido con el ferrocarril, el avión, el automóvil, los cohetes espaciales y otros inventos.

La eficacia de los sistemas activos de captación solar quedó demostrada en 1.939. Hubo que esperar hasta 1.977 para que se introdujesen en el mercado sistemas de calefacción solar para viviendas, en concreto las firmas alemanas Sūddeutsche Metallwerke en Walldorf y la Messerschmitt-Bōlkow-Blohm de Munich-Ottobrunn, pertenecientes ambas al consorcio BBC.

Los sistemas de captación activa de la energía solar son tan eficaces que se han construido casas solares incluso en países escandinavos. En 1.975 Carl Hugo Olsson, arquitecto de la Ciudad Universitaria de Lund proyectó una colonia de casas de 115 m<sup>2</sup> de superficie cada una. Debido al rigor de los inviernos suecos se prestó especial atención al aislamiento, llegando a 120 cm. de espesor en las paredes orientadas al norte. Toda la superficie de los tejados son colectores solares y el aire entrante lo hace a través de un invernadero. La sauna y lavandería son comunes e instaladas en un edificio aparte.

Vistos ya los antecedentes históricos del tema, pasamos a exponerlo:

En la unidad didáctica 3 vimos cómo podía utilizarse la radiación solar para el calentamiento del agua y del aire. También se explicaba el efecto invernadero y cómo éste se utilizaba para captar el calor del sol. El funcionamiento de la gran mayoría de colectores solares se basa en el efecto invernadero.

De una manera esquemática puede decirse que un colector solar es una caja cerrada, tapada en su parte superior por un vidrio transparente, atravesado por los rayos del sol que calientan un fluido que circula por su interior.

Los sistemas activos incorporan una bomba de circulación para impulsar el movimiento del fluido y un intercambiador de calor para poder ceder la energía captada a los locales o elementos que se desea caldear.

Como el sol no brilla siempre, se hace necesario incorporar sistemas de almacenar el calor solar, como son materiales de gran masa térmica o depósitos que contengan agua o disoluciones de sales eutécticas. De este modo puede disponerse del calor absorbido por el día para utilizarlo por la noche o en días que no luzca el sol.

Comenzaremos la exposición de los contenidos de este tema elaborando un esquema de los sistemas de captación solar por medio de colectores. Así podemos enlazar la captación solar pasiva que vimos en la unidad didáctica 3 con los sistemas activos en los que nos detendremos con más detalle.

Haremos hincapié en los sistemas para obtención de agua caliente sanitaria y calefacción, tanto en instalaciones que emplean aire como agua y completando con los apoyos de otros sistemas de calefacción que pueden incorporarse para complementar la falta de captación solar en los días nublados y muy fríos. Por último haremos mención de otros sistemas de captación de la energía del entorno: energía eólica, solar fotovoltaica y el complemento de ambas con energía hidráulica.

## **4.2 Captación solar por medio de colectores solares**

---

Los sistemas de captación solar por medio de colectores se pueden utilizar para abastecer la vivienda de agua caliente sanitaria, dotarla de calefacción y también de refrigeración.

En la unidad didáctica 3 vimos un sistema de captación solar pasiva muy sencillo, y por lo tanto con muy escaso riesgo de averías, que funciona por termosifón. Este sistema consiste en poner colectores solares a un nivel más bajo que la vivienda. El fluido, aire o agua, al calentarse en el captador solar o en un colector baja su densidad y asciende por los conductos hasta el edificio. Allí cede su calor, se enfría y regresa por la tubería de retorno al colector. Es pues un sistema de circulación por gravedad. Los sistemas de aire son más simples y precisan menos mantenimiento. Los sistemas de agua deben llevar anticongelante, necesitan un mantenimiento y emplear tuberías gruesas para favorecer la circulación por gravedad.

Colocando los captadores a un nivel más bajo que la vivienda se puede disponer de aire o agua caliente que ascenderá hasta los puntos de consumo sin necesidad de ayuda externa.

Los sistemas activos de captación solar añaden a esta instalación algunos elementos para poder colocar los colectores en el tejado en vez de a ras de suelo, para instalar refrigeración y para mejorar su rendimiento.

Un sistema pasivo de captación solar consta de muy pocos elementos que vamos a resumir a continuación. A este tipo de instalación se le denomina de tres maneras: sistema de captación solar pasivo, sistema natural directo o sistema termosifónico. Utilizaremos este último:

### **4.2.1 Elementos de un sistema termosifónico de captación solar**

- Colector (o colectores)
- Fluido que conduce el calor desde los colectores al acumulador de calor o a los puntos de consumo
- Tuberías que transportan el fluido
- Almacén o acumulador de calor en caso de que lo hubiere

Estos sistemas pasivos de captación pueden llevar incorporado algún elemento simple de bajo consumo, por ejemplo un pequeño ventilador que impulse el aire. Los sistemas activos constan de más elementos para mejorar su rendimiento. Lo veremos a continuación.

### **4.2.2 Elementos de que puede constar un sistema activo de captación solar**

- Colectores
- Un fluido que transmita el calor desde el colector al acumulador

- Tuberías por las que circula este fluido
- Una bomba que haga circular el fluido
- Un acumulador que almacena el calor
- Un intercambiador de calor que suele alojarse en el acumulador
- Otro fluido que transmita el calor del acumulador al punto de uso
- Tuberías por las que circule este fluido
- Otra bomba que hagan circular el fluido
- Una bomba de calor (en instalaciones de refrigeración)

A la parte de la instalación por la que circula el primer fluido se le denomina circuito primario.

Al conjunto de elementos que abarcan la circulación del segundo fluido se le denomina circuito secundario.

En las instalaciones de agua caliente sanitaria el segundo fluido mencionado es el agua que se va a utilizar.

En las instalaciones de calefacción habrá que distinguir entre instalaciones que utilicen aire caliente, en cuyo caso este segundo fluido será aire que se impulsará dentro de las habitaciones a caldear o sistemas de calefacción por agua, en cuyo caso el agua funciona en circuito cerrado y cede el calor a las habitaciones a través de paneles radiantes. Este es un caso bastante habitual.

Los sistemas que llevan una bomba de circulación para impulsar el movimiento del fluido también se llaman sistemas forzados.

En la unidad didáctica nº 5, al hablar de ventilación veremos cómo se puede emplear un sistema pasivo de captación solar para generar ventilación en la vivienda, pero si se quiere un sistema de refrigeración más eficaz hay que recurrir a los sistemas activos y habrá que instalar una bomba de calor también llamada bomba térmica, que funciona de un modo similar a un frigorífico ya que ambos se basan en el mismo principio.

Los sistemas activos de captación solar son más complejos y tienen más posibilidades de padecer averías. A los elementos citados hay que añadir el vaso de expansión, termostatos, válvulas de retención, purgadores, etc.

A continuación vamos a explicar uno a uno los elementos fundamentales de estas instalaciones: el colector, intercambiador de calor, depósito acumulador y bomba de calor.

Después veremos instalaciones de agua caliente sanitaria y sistemas de calefacción.

Finalizaremos los contenidos de esta unidad didáctica con otros elementos de captación de la energía del entorno: captación solar fotovoltaica, máquinas eólicas y sistemas híbridos.

### **4.2.3 Colector solar**

Funciona por efecto invernadero. (Ver lámina 1 de este tema)

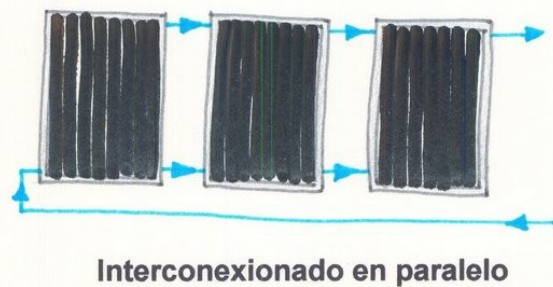
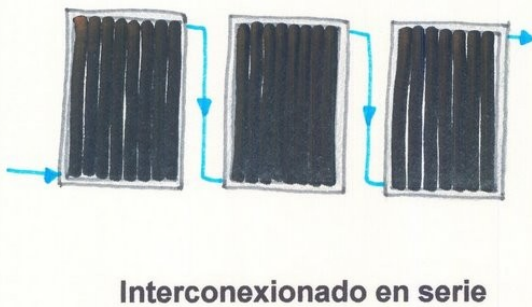
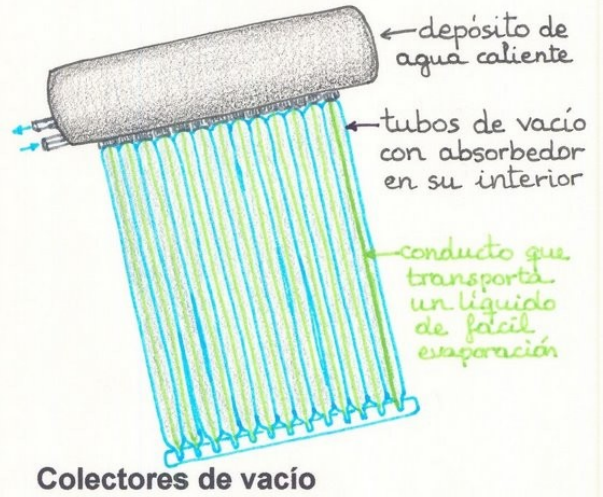
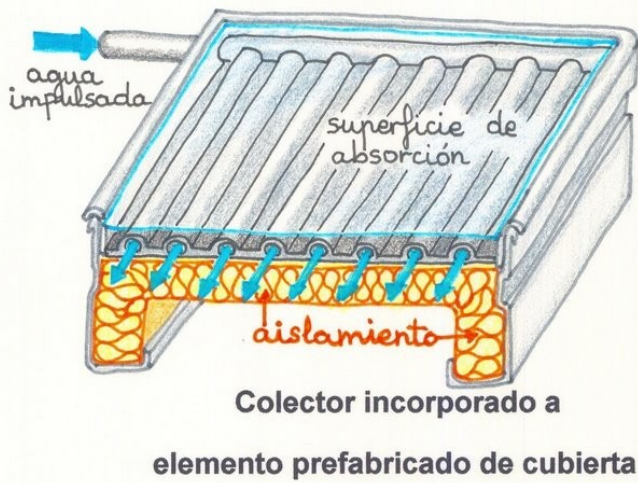
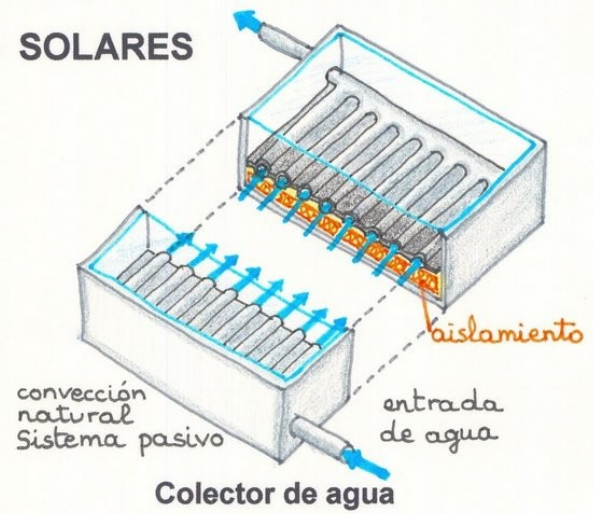
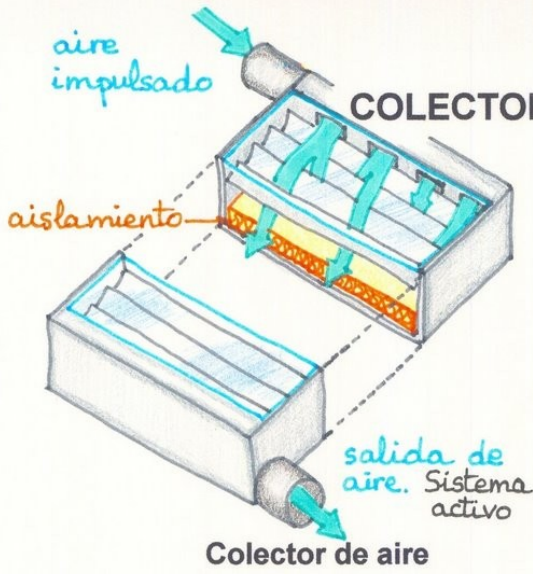
El colector solar plano consiste en una caja cerrada por su parte superior con un vidrio para producir el efecto invernadero. Se trata de un vidrio solar de seguridad resistente al granizo y muy bajo grado de reflexión para evitar que los rayos del sol se reflejen en él. Este vidrio asegura la entrada dentro del colector del máximo de rayos solares. También se han obtenido muy buenos resultados con cierres superiores de láminas de teflón, material muy resistente a la rotura y a la intemperie.

En el fondo del colector hay un absorbedor de calor, generalmente una lámina de cobre o aluminio con un recubrimiento selectivo que facilita la absorción de las ondas cortas y evita la emisión de ondas largas. Así se consigue un máximo aprovechamiento de la radiación solar. El absorbedor cede su calor a un fluido, aire, agua o a una mezcla de agua y anticongelante si existe riesgo de heladas. El fluido puede circular por tuberías o sobre el absorbedor. Las paredes y el fondo del colector plano llevan un revestimiento aislante para evitar pérdidas de calor.

Algunos fabricantes succionan el aire del interior del colector para reducir la irradiación térmica y evitar corrientes de convección. Estos colectores llevan un indicador para comprobar el vacío interior y en caso necesario poder restaurarlo con una bomba de vacío.

Existe otro tipo de colectores de vacío formados por tubos de cristal con vacío en su interior y que contienen un absorbedor.

### COLECTORES SOLARES



Otra modalidad son los colectores de depósito. Como su nombre indica son a un tiempo colectores y depósito de acumulación ya que el absorbedor forma las paredes del depósito. En el interior del colector hay un elemento reflector que dirige los rayos del sol a las paredes del depósito-absorbedor. Como en los colectores planos lleva una cubierta de vidrio solar.

#### **4.2.4 Intercambiador de calor**

En los colectores se capta la radiación solar para calentar un fluido. Este fluido se transporta a través de conductos, pero en algún punto de su recorrido debe ceder este calor. Esta cesión se realiza en los sistemas activos por medio de un intercambiador.

Un intercambiador de calor es un aparato en el que circulan dos fluidos que no entran en contacto físico, pero que permite la transmisión de calor de un fluido al otro a través de las paredes de los conductos por los que circulan.

El fundamento de un intercambiador de calor es la barrera de separación entre los dos fluidos que debe estar constituida por un material muy buen conductor de calor.

Un tipo de intercambiador sencillo consiste en un espacio ocupado por uno de los fluidos en cuyo interior se disponen haces tubulares o un serpentín por el que circula el otro fluido. Los tubos pueden llevar aletas para aumentar la superficie de contacto.

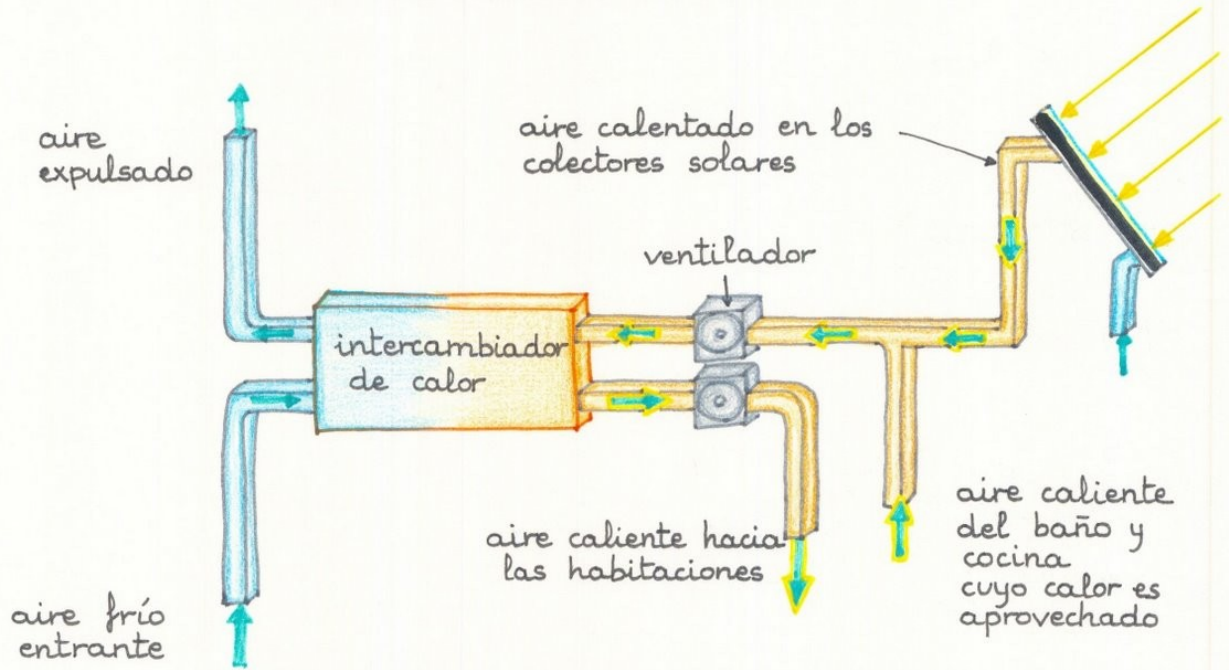
Otro tipo de intercambiador aún más sencillo y de menor eficiencia consiste en un aparato que separa ambos fluidos por una pared metálica.

En los sistemas de captación solar activa es frecuente que los intercambiadores de calor estén incorporados en el depósito acumulador. Si el depósito acumulador tiene gran capacidad es conveniente colocar el intercambiador de calor independiente del mismo y se sitúa entre los colectores y el depósito.

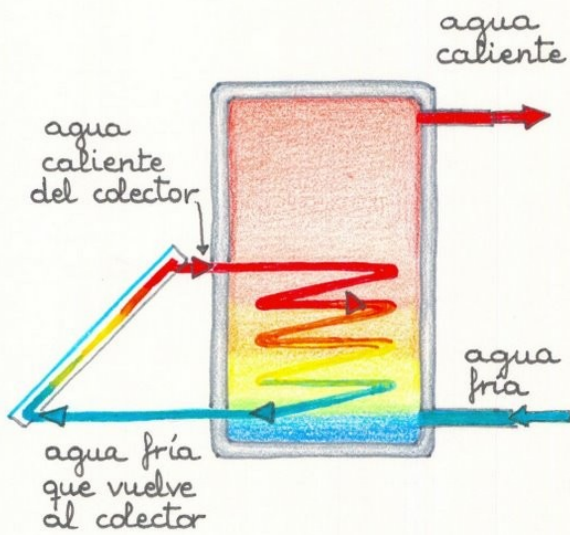
Para compensar la dilatación de los fluidos que circulen en circuito cerrado, como suele suceder en los circuitos primarios es necesario colocar un vaso de expansión.

En la lámina 2 de este tema se representan esquemáticamente algunos intercambiadores.

### INTERCAMBIADOR DE CALOR



Intercambiador de calor en sistema de ventilación



Intercambiador de calor en depósito



Tipos de intercambiador

#### **4.2.5 Depósito acumulador**

En el colector se capta la radiación solar y por medio de un fluido se lleva a un depósito para acumular el calor absorbido. Esto es necesario para poder disponer de agua caliente o calefacción cuando el sol ya no brilla por la noche y si el depósito acumulador es suficientemente grande, incluso en días nublados. Es fundamental que esté muy bien aislado para no perder calor.

Normalmente se le da al depósito la capacidad suficiente para abastecer las necesidades caloríficas de la vivienda a lo largo de un día entero y en la época más fría del año.

Dentro del depósito se dispone un intercambiador de calor para posibilitar la transmisión de calor del fluido del circuito primario al fluido del circuito secundario. (Ver lámina 3 de este tema)

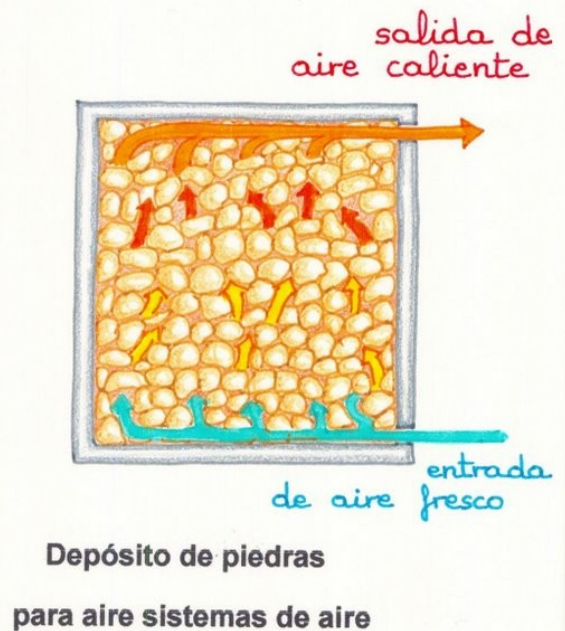
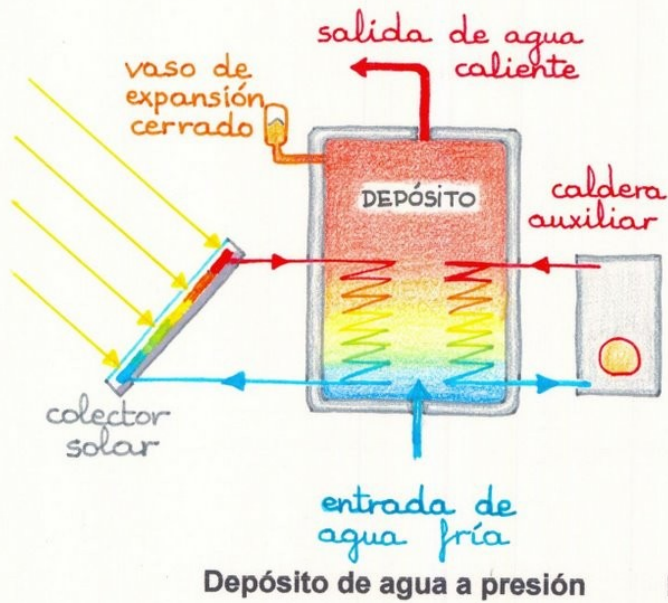
Existen depósitos con y sin presión.

Los depósitos sin presión suelen ser de plástico y son usuales en las instalaciones de captación solar pasiva que funcionan por termosifón. También en instalaciones mixtas que combinan captación solar con otros aportes energéticos en los días más fríos, como por ejemplo calderas de gas.

Los depósitos a presión suelen ser de acero inoxidable. En este tipo de depósitos el agua fría entra en el depósito, capta calor del intercambiador y sale una vez caliente por la parte superior del depósito para ser utilizada. A la vez, entra por la parte inferior la misma cantidad de agua fría para ser calentada. En estos depósitos el agua más fría está en la parte inferior y la más caliente en la parte superior.

En sistemas de calefacción por aire se usan con frecuencia depósitos de piedra o ladrillos para almacenar calor. Durante el día, el aire que llega del colector cede su calor a un material de gran masa térmica que se va calentando. Por la noche se tapona el circuito del colector y se hace circular a través del depósito el aire del interior de la vivienda para calentarla.

## DEPÓSITOS DE ACUMULACIÓN DE CALOR



#### **4.2.6 Bomba de calor o termobomba**

La bomba de calor es un mecanismo que extrae calor de un cuerpo y se lo cede a otro. Si se extrae calor del ambiente que la rodea, una gran masa de aire, agua o tierra, la variación de temperatura de este ambiente va a ser muy pequeña, menos de un grado, porque se trata de toneladas de masa. Sin embargo, si ese calor extraído se transfiere a una masa pequeña, por ejemplo, el agua que vamos a usar en la calefacción de una casa, esta pequeña masa de agua va a experimentar una subida de temperatura apreciable.

La gran masa de tierra, aire o agua ambiente de la que hemos captado el calor recupera su temperatura rápidamente porque el sol va a seguir calentándola.

Las bombas de calor también pueden funcionar a la inversa, es decir, se puede captar calorías de una pequeña masa, por ejemplo, el aire del interior de una vivienda y cederlas a la gran masa ambiente, por ejemplo al aire exterior, con lo que refrigeraremos la casa. De hecho todos tenemos en nuestras casas al menos una bomba de calor: la del frigorífico, que extrae calor de su interior y lo cede al ambiente. Así se refrigeran los alimentos, extrayéndoles su calor.

¿Cómo se hacen estas transferencias de calor? Se hacen introduciendo trabajo en el sistema: trabajo, calor y temperatura están relacionados. Las tres leyes de la termodinámica establecen los principios de esta relación.

Es fácil producir calor frotando dos varillas. Al frotarlas entre sí se calientan. Añadiendo trabajo a una masa que está a baja temperatura se puede producir calor y subir su temperatura.

Un modo de introducir trabajo en un sistema es comprimir un fluido. Las bombas de calor que funcionan mediante compresión comprimen un gas con lo que disminuye su volumen y su temperatura aumenta sin que cambie su contenido calórico. Si se desea calentar puede aprovecharse este aumento de temperatura para calentar el agua de los paneles o radiadores de calefacción.

Si se desea refrigerar pueden disiparse calorías en el ambiente. Resultará sencillo ya que al comprimir el gas hemos elevado su temperatura por encima de la temperatura ambiente. Así es como funcionan los frigoríficos. Poseen un compresor que comprime un gas y eleva su temperatura. A través de la rejilla que tiene por detrás el aparato se ceden calorías al aire de la habitación. Un descompresor completa el ciclo. (Ver lámina 4 de esta U.D.)

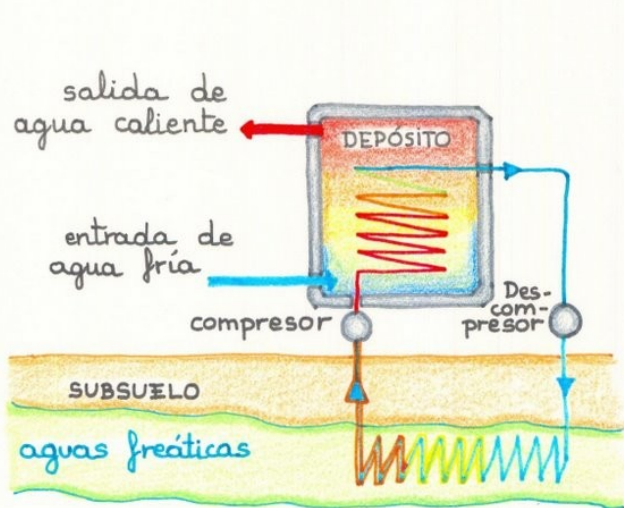
Una bomba térmica puede emplearse en arquitectura tanto para refrigerar en verano como para caldear en invierno. Las masas de acumulación empleadas para los intercambios de calor pueden ser el aire ambiente que rodea la casa, el propio terreno o las masas de agua, por ejemplo, aguas subterráneas.

No siempre está permitida la utilización de las aguas subterráneas para estos fines. Una excelente solución es el empleo de los colectores solares en combinación con la bomba térmica. La bomba térmica aumenta la eficacia del colector en invierno, cuando las temperaturas son más bajas y el sol luce menos.

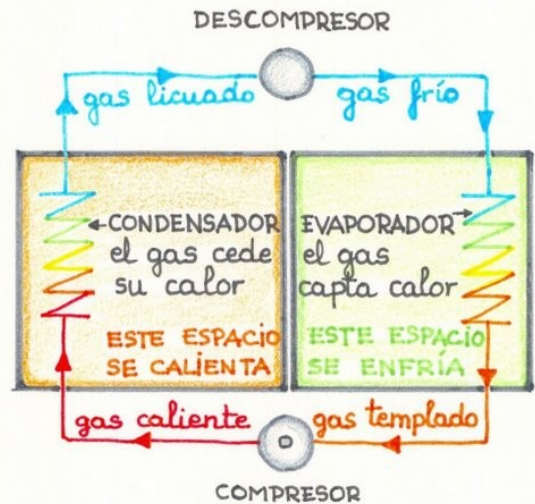
También puede emplearse el subsuelo para almacenar en él los excesos de producción de calor de los colectores y ser empleado dicho calor para el funcionamiento de la bomba térmica. Otro procedimiento sería la instalación de un gran depósito-almacén de agua de unos 10 metros cúbicos o más de capacidad colocado en posición vertical. Dicho depósito está separado en dos compartimentos: el de la parte superior contiene agua caliente y en la parte inferior agua más fría. Convenientemente aislado y enterrado permitiría aprovechar el calor acumulado durante el verano para el funcionamiento de la bomba térmica en otoño y hasta bien entrado el invierno.

En invierno el calor captado por los colectores calienta la parte baja del depósito. La bomba de calor transfiere las calorías de la parte baja a la de arriba de donde sale el circuito para la calefacción. En verano la bomba conduce las calorías de la casa a la parte superior del depósito que es enfriada durante la noche por los colectores.

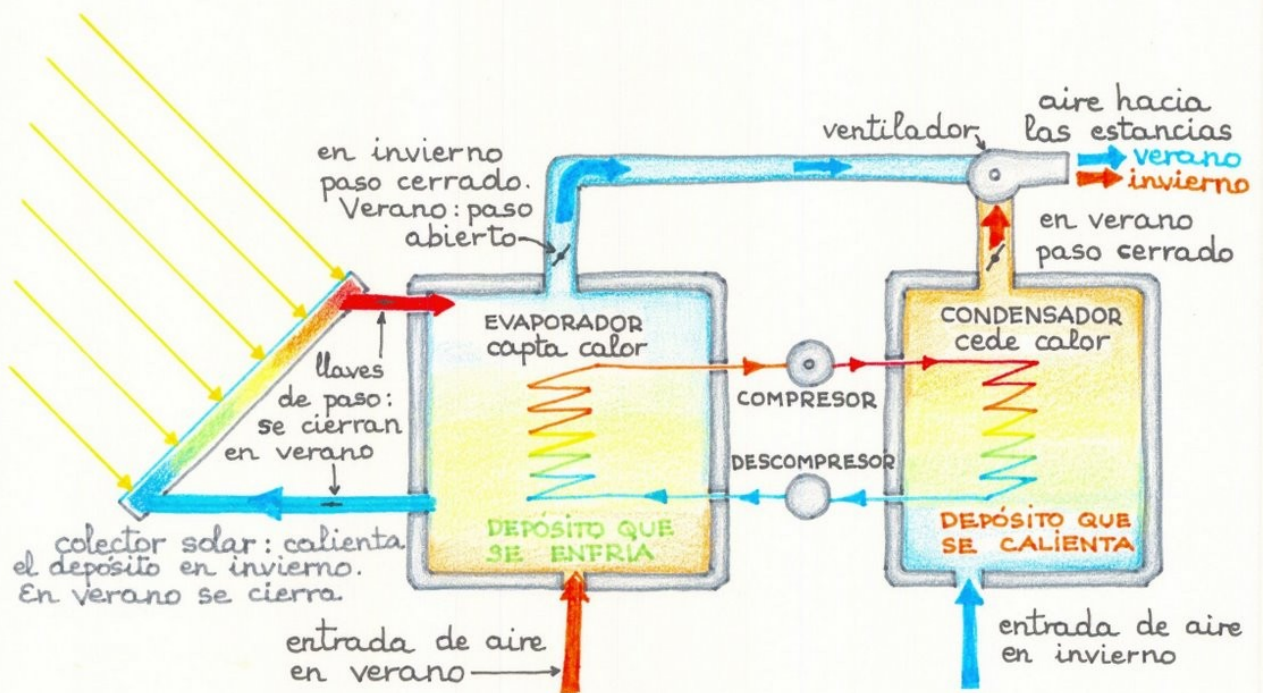
## BOMBAS DE CALOR O TERMOBOMBAS



**Bomba de calor con área de acumulación de calor en el subsuelo**



**Fundamento de la bomba de calor**



**FUNCIONA EN VERANO**

**FUNCIONA EN INVIERNO**

**Bomba de calor en instalación de acondicionamiento de aire con precalentamiento del fluido en colectores solares**

### 4.3 Instalaciones de agua caliente

---

Las instalaciones de agua caliente realizadas con colectores solares deben contar con un sistema que garantice el caldeo del agua en los días sin sol. Pueden ser de captación pasiva y pueden construirse con sistemas activos que mejoren su rendimiento.

Instalación de agua caliente de captación pasiva o por termosifón:

También se llaman de gravedad. Las instalaciones de este tipo pueden llegar a ser de una gran simplicidad. Constan de:

- Colector o colectores
- Depósito acumulador
- Intercambiador de calor que suele ir dentro del depósito

El colector se sitúa a un nivel más bajo que el depósito acumulador del agua caliente. Al calentarse el fluido en el colector, baja su densidad y se eleva, llegando al intercambiador de calor del depósito. Ahí transfiere su calor al agua del depósito y una vez enfriado vuelve a bajar por gravedad al colector.

Estos sistemas pasivos tienen la ventaja de padecer menos averías, pero hacen necesario observar algunas precauciones:

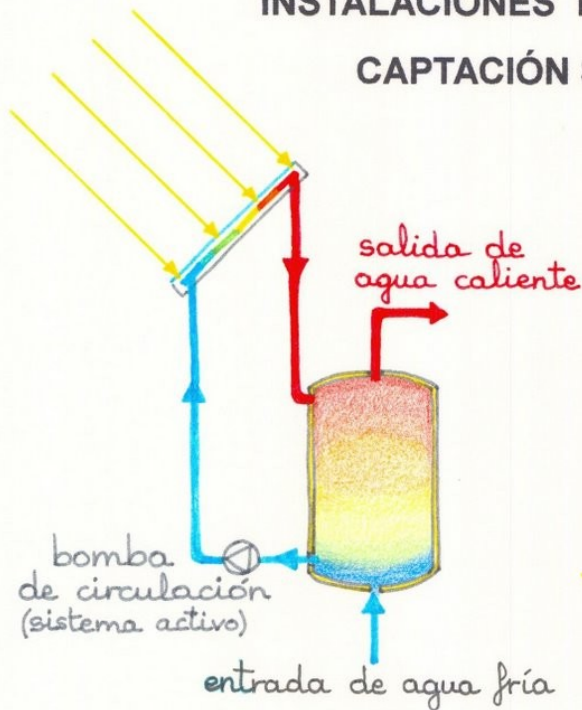
- Los conductos deben ser de mayor diámetro para favorecer la circulación del fluido y siempre deben tener cierta inclinación. No puede haber tramos horizontales, estrechamientos ni sifones.
- El fluido que sale caliente del colector debe tener una pendiente ascendente hacia el intercambiador. El intercambiador se sitúa en la parte baja del depósito. Una vez enfriado el fluido debe llevar una pendiente descendente de vuelta al colector.
- Las distancias a recorrer por el fluido deben ser las mínimas posible, en especial si las pendientes son pequeñas.

El riesgo de heladas puede hacer conveniente colocar los colectores a resguardo tras un cristal o utilizar como fluido preparados comerciales con anticongelante.

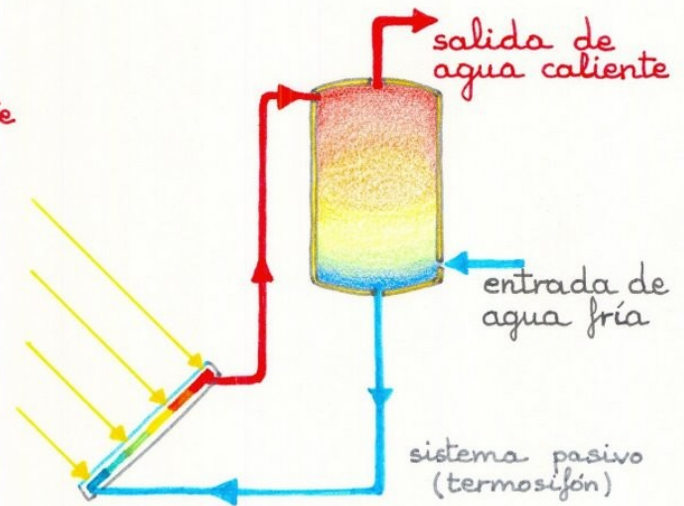
Conviene tener previsto un sistema de caldeo del agua alternativo para días nublados. Algunas marcas comerciales incluyen un termostato y una resistencia eléctrica que calienta el agua si baja de determinada temperatura.

## INSTALACIONES DE AGUA CALIENTE

### CAPTACIÓN SOLAR PASIVA Y ACTIVA

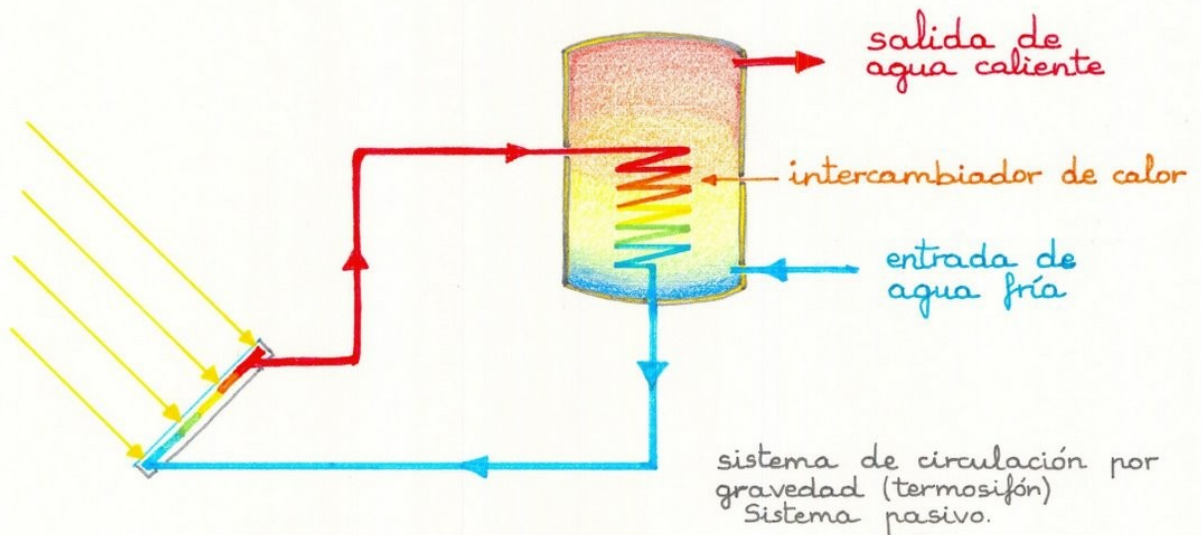


Instalación en azotea



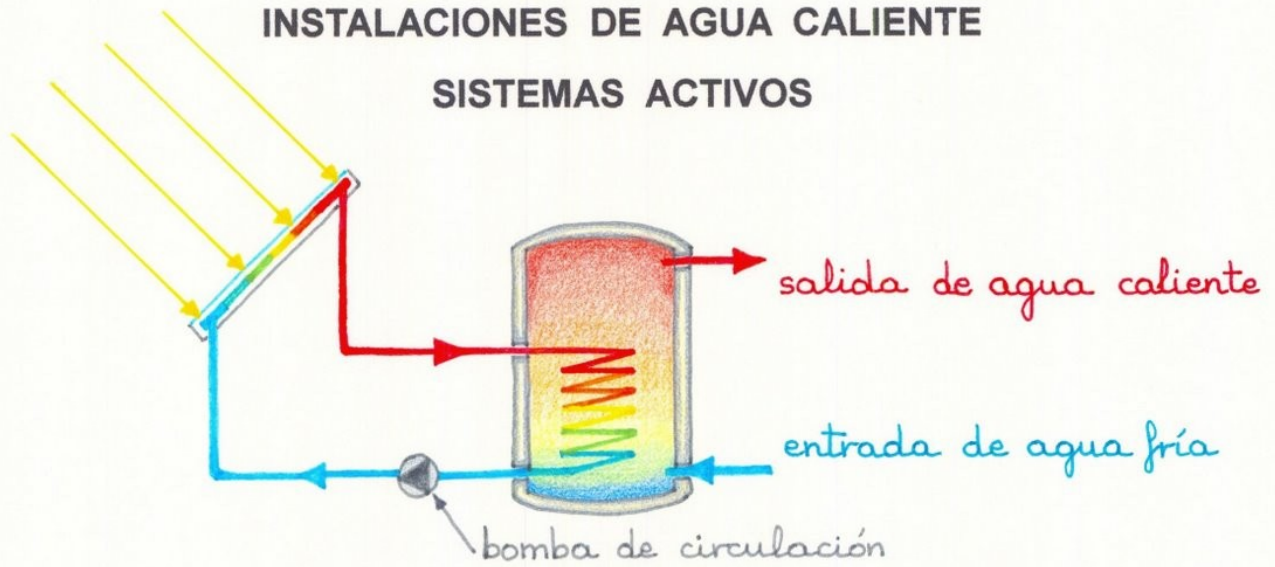
Instalación en planta baja

### Instalaciones sin intercambiador de calor

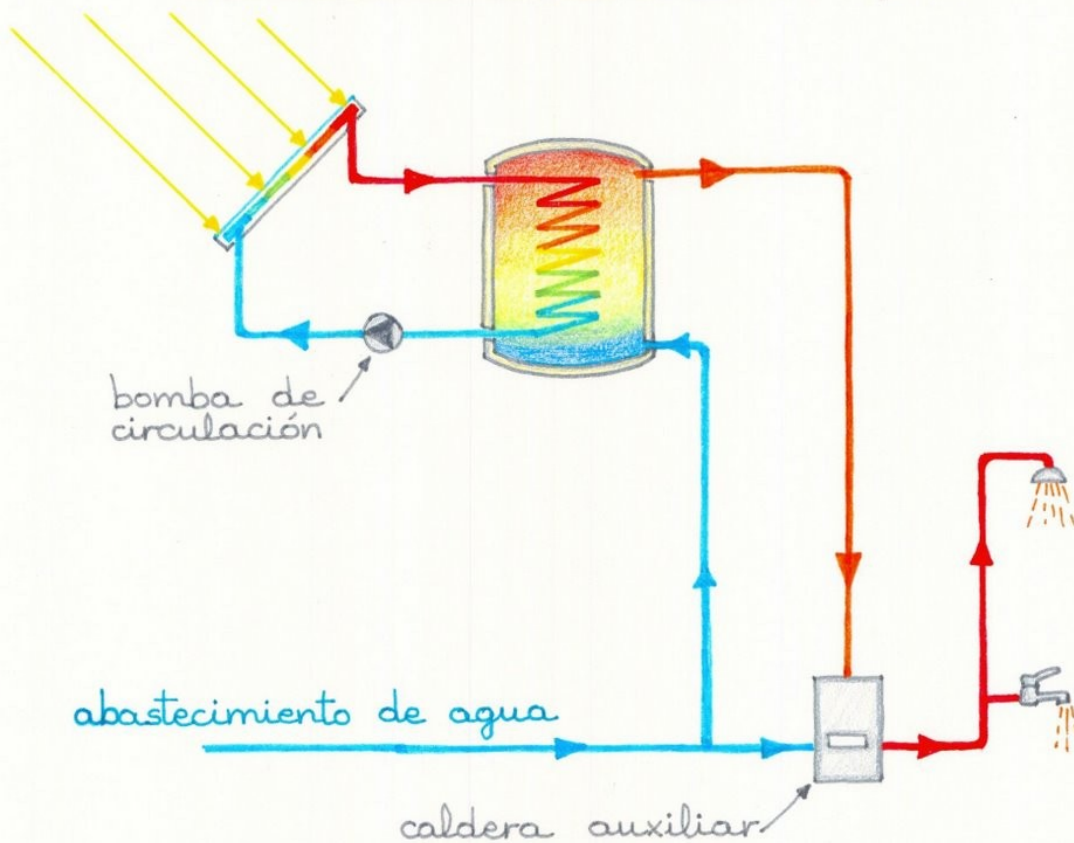


Instalación con intercambiador de calor

## INSTALACIONES DE AGUA CALIENTE SISTEMAS ACTIVOS



### Instalación con intercambiador de calor en el depósito



### Instalación con intercambiador de calor y caldera auxiliar

También pueden disponerse otros sistemas de caldeo, como chimeneas, estufas o calderas que proporcionan agua caliente en días nublados.

Un inconveniente de estos sistemas es que proporcionan agua caliente a partir del mediodía, cuando el sol ha calentado el fluido del colector. Para subsanar este problema conviene tener el depósito acumulador muy bien aislado y protegido bajo cubierta para evitar pérdidas de calor. Además de este modo se protege de las heladas.

Hemos estado mencionando todo el tiempo los sistemas de calentamiento de agua a través de un intercambiador de calor, denominados sistemas de caldeo indirecto, puesto que en el colector se calienta un fluido y no el agua que se va a utilizar.

Se pueden instalar también sistemas de caldeo directo que calientan directamente en el colector solar el agua que se va a utilizar. Este sistema ahorra el intercambiador. El agua que viene de la red general entra directamente en el colector.

Los sistemas de caldeo directo pueden construirse de forma artesanal y funcionan bien por ser de una gran simplicidad. Presentan algunos inconvenientes serios, por lo que no son muy utilizados. Al no usar anticongelante puede helarse el agua en las noches frías de invierno y destrozarse el colector. Otro problema es el de la corrosión. El agua fresca que entra continuamente en el colector trae aire disuelto y favorece la corrosión de los colectores, el depósito y las tuberías que no sean de materiales plásticos, incluso los de cobre.

#### **4.3.1 Instalación de agua caliente, sistemas activos**

Los sistemas activos disponen de una bomba de circulación que impulsa el fluido que se calienta en el colector. Esto permite situar el colector por encima del depósito ya que el fluido no circula por gravedad. La potencia de bombeo puede ser muy reducida, solamente la suficiente para vencer la resistencia por fricción. La bomba puede accionarse por medio de un termostato diferencial que la pone en circulación cuando la temperatura en el colector está unos 6º C. por encima que el agua de la parte inferior del depósito.

Como en los sistemas pasivos, la energía solar captada se transmite al agua caliente de consumo por medio de un intercambiador de calor.

Si se quieren mejorar los rendimientos y/o poder utilizar los colectores para refrigerar la vivienda en verano se puede instalar una bomba de calor y poder aumentar el calor disponible. En este caso la potencia del compresor deberá ser superior a la de la bomba de circulación para conseguir un mejor rendimiento.

Las primeras bombas de calor que se comercializaron para sistemas de agua caliente datan de aproximadamente 1.953. Se instalaban en la despensa de la casa de donde extraían el calor para calentar el agua. De este modo se obtenía a un tiempo agua caliente sanitaria y se mantenían frescos los alimentos contenidos en la despensa. Uno de los modelos comercializados podía proporcionar 546 litros de agua a 60º C. por día.

La ventaja del empleo de bombas de calor estriba en que los colectores solares pueden funcionar a baja temperatura. Como inconveniente puede señalarse que el compresor de la bomba necesita para su funcionamiento un suministro de energía eléctrica. No obstante el empleo de bombas de calor resulta rentable ya que con el gasto de 1 Kwh. de electricidad empleado en hacer funcionar la bomba pueden obtenerse 3 Kwh de calor.

#### **4.4 Sistemas de calefacción solar por agua**

---

Existen sistemas solares de calefacción por agua y por aire.

Todo lo expuesto anteriormente en las instalaciones de agua caliente se puede aplicar a los sistemas de calefacción por agua y en muchos casos una misma instalación de colectores calienta el agua caliente sanitaria y la del circuito de calefacción. Un ejemplo que veremos aquí es de este tipo.

Una instalación de calefacción por agua necesita una mayor superficie de captación solar y va a ser casi siempre un sistema activo. Llevará al menos dos bombas de circulación, una en el circuito primario y otra en el secundario para asegurar el buen reparto de calorías a todos los paneles o radiadores de la casa.

Un sistema de este tipo necesitará en la mayoría de los casos una caldera auxiliar, por ejemplo de gas o leña, para caldear la vivienda los días fríos y nublados. La conexión de ambos sistemas puede hacerse de varias maneras. Veremos una de ellas que produce agua caliente y precalienta el agua de calefacción y cuyo esquema se representa en la lámina 8 de este tema.

Este sistema tiene un depósito combinado, separado en dos compartimentos. Uno de ellos aloja el agua caliente sanitaria, ocupa la zona central del depósito y está rodeado por el agua del sistema de calefacción.

El compartimento del agua sanitaria se estrecha en su parte inferior para caldear mejor el agua fría que entra en él. El intercambiador de calor rodea este estrechamiento para poder caldear a un tiempo el agua de calefacción y el agua sanitaria.

En los días nublados la caldera puede calentar a la vez los dos circuitos de calefacción y agua caliente.

En la lámina 7 también se representa un sencillo sistema de calefacción por agua que incorpora una bomba de calor.



## 4.5 Sistemas de calefacción solar por aire

---

Los sistemas de calefacción solar por aire utilizan éste fluido como vehículo para transmitir el calor captado en los colectores.

Existen sistemas pasivos de calefacción por aire que funcionan por termosifón. También hay sistemas activos que impulsan el aire mecánicamente. Ambos se representan en la lámina 8.

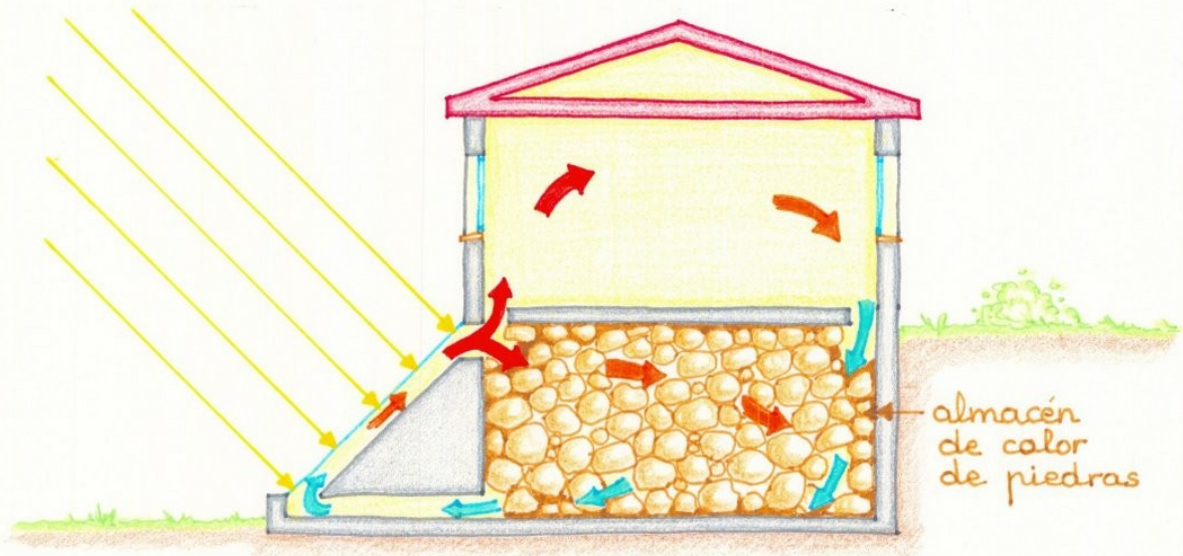
Las ventajas de los sistemas de calefacción por aire son los siguientes:

- No tienen riesgo de congelación, no necesitan anticongelantes
- No precisan intercambiadores de calor, el mismo aire que se calienta en el colector, puede emplearse para calentar la vivienda directamente.
- No necesitan válvulas de drenaje ni automatismos causa de averías.
- En el caso de producirse alguna fuga, el único problema será que baja el rendimiento del sistema.
- El sistema de almacenamiento de calor en un sistema por aire puede ser muy diverso: en depósitos de piedras, ladrillos o cualquier material de elevada masa térmica, incluidos bidones o columnas de agua. Los sistemas por agua emplean solamente depósitos de agua.

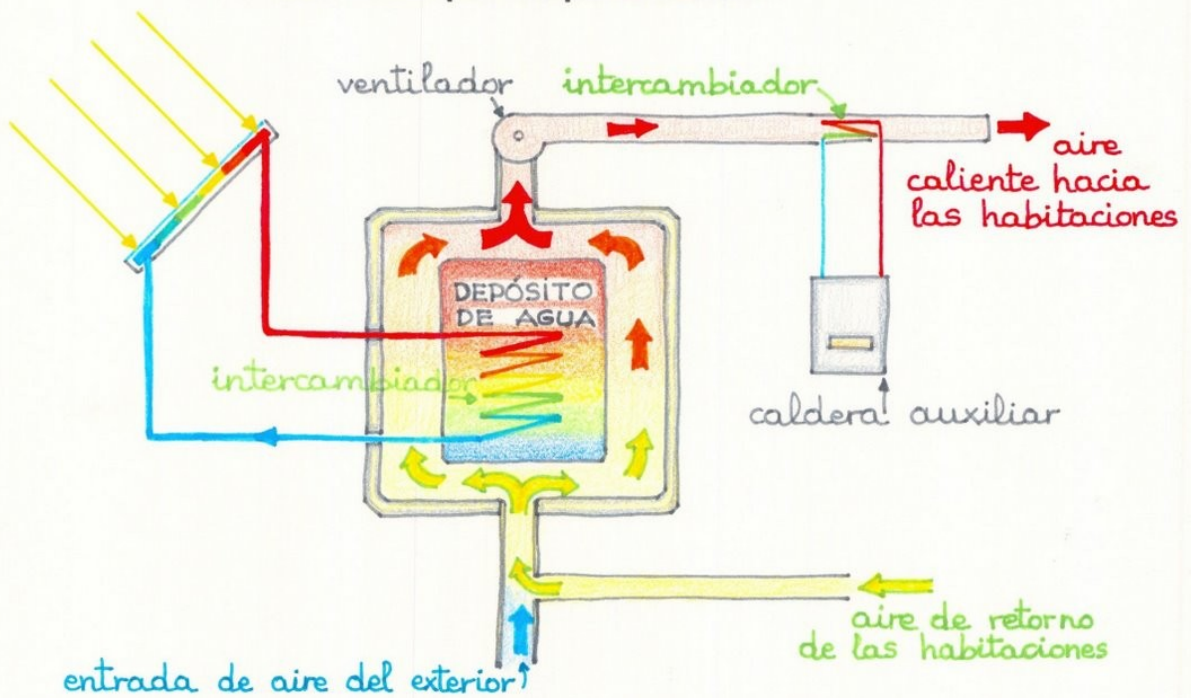
Los inconvenientes de los sistemas de calefacción por aire son:

- Necesitan depósitos de almacenamiento de calor de mayor volumen
- La potencia del ventilador que mantiene la circulación del aire será mayor que la de la bomba de circulación equivalente en un sistema de calefacción por agua.
- Los conductos por los que circula el aire son de mayor sección que los de agua y por lo tanto más caros y laboriosos de aislar.

### CALEFACCIÓN SOLAR POR AIRE



### Calefacción por aire por termosifón



### Calefacción por aire con colector de agua e intercambiador de calor

## 4.6 Paneles solares fotovoltaicos

---

Se basan en el efecto fotovoltaico, un fenómeno que se produce cuando dos materiales semiconductores distintos, prensados para conseguir un máximo contacto, se exponen a la radiación de ciertos tipos de luz. En esta situación los materiales se comportan como una célula eléctrica, liberando electrones.

El material semiconductor que suele emplearse con más frecuencia es el silicio porque es muy barato y fácil de conseguir. Se adultera con determinadas sustancias que implantan iones positivos en un lado de la célula (por ejemplo boro) y negativos en la otra (por ejemplo fósforo), para favorecer la aparición del efecto fotovoltaico.

Las células de silicio se fabrican con dos capas de silicio, una sobre otra. La parte superior constituye el contacto negativo y la inferior el positivo. Cuando la luz solar incide sobre la célula de silicio le transfiere la energía suficiente para liberar algunos electrones que atraviesan la separación entre los dos cristales. También existen células solares de arseniuro de galio que pueden funcionar a temperaturas superiores a 100º C.

Entre los contactos positivo y negativo de la célula fotovoltaica se forma un circuito hecho con cables para poder conducir la electricidad que se seguirá produciendo mientras la luz incida en la célula solar.

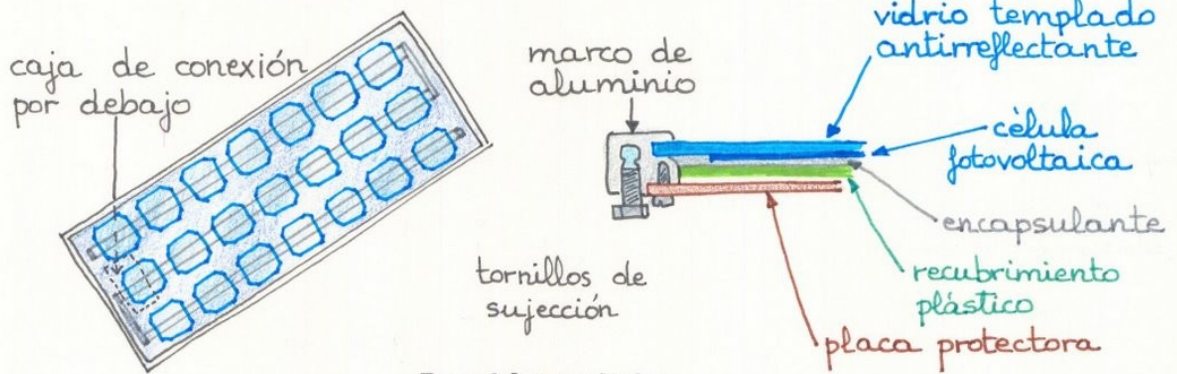
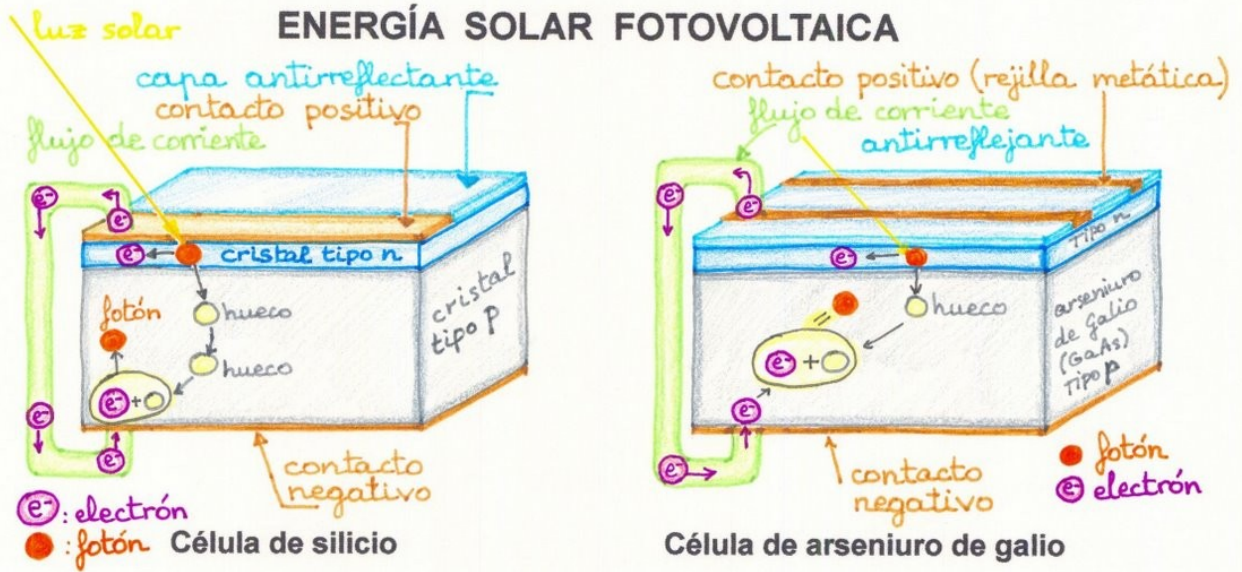
Las células individuales generan una cantidad de energía eléctrica muy pequeña. Para producir electricidad en cantidades aprovechables las células se agrupan en paneles. Los paneles solares fotovoltaicos están constituidos por un conjunto de células fotovoltaicas conectadas unas a otras de manera que generan un determinado voltaje. La instalación se complementa con una batería y un regulador de carga. (Ver lámina 9).

La gran ventaja de la utilización de paneles fotovoltaicos es que no precisan ningún mantenimiento una vez montado el sistema, por ello se emplean siempre en los ingenios espaciales, ya que siguen funcionando durante muchos años por sí solos.

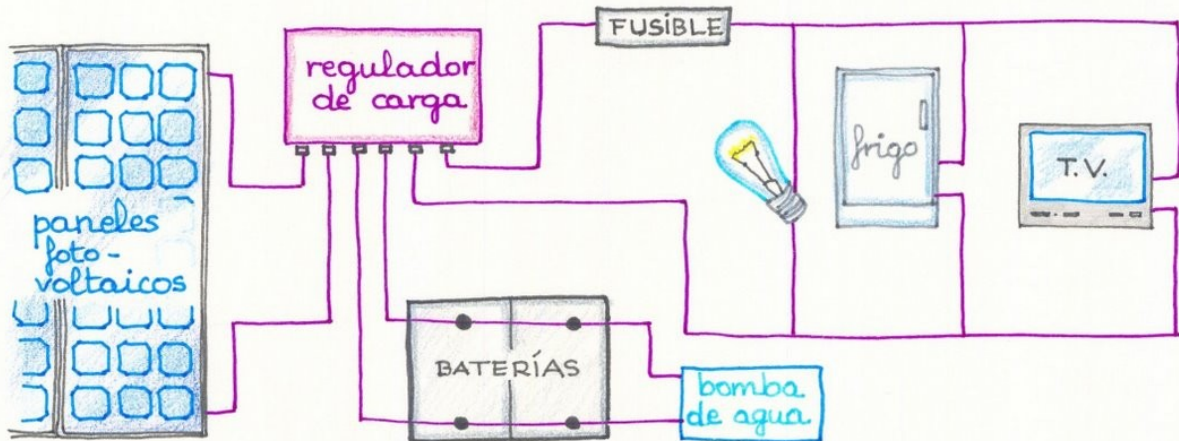
Actualmente existe en nuestro país una normativa que permite la conexión de los generadores domésticos de electricidad, fotovoltaicos o eólicos a la red eléctrica general. Esto permite vender a la compañía eléctrica el excedente de electricidad producida en los días soleados y comprarla por las noches o en días nublados.

Es un modo de aprovechar toda la energía producida sin necesidad de instalar baterías de acumulación de electricidad. También se tiene asegurado el suministro aunque se presenten varios días seguidos con nubes.

La instalación de paneles fotovoltaicos debería ser habitual en nuestras latitudes. No se comprende que países con mucho menos sol que el nuestro tengan políticas de fomento de instalación de casas solares mucho mejores que nosotros, por ejemplo Países Bajos o Austria.



Panel fotovoltaico



Instalación fotovoltaica en una vivienda

Alemania lanzó en 1.999 un programa al que denominó: “Cien mil tejados solares” con el fin de instalar una potencia de 300 Mw. de energía solar fotovoltaica. Ha sido tal el éxito que se consiguió mucho antes del plazo previsto. Alemania no solo fomenta el aprovechamiento de la e. solar, también produce el 38% de la energía eólica mundial y aspiran a que cubra un 25% del sector energético del país.

Hoy en día existe una gran variedad de paneles fotovoltaicos, incluso enrollables. Hay paneles que pueden emplearse como revestimiento de fachadas o en sustitución de las tejas. La variedad de modelos existentes en el mercado permiten satisfacer cualquier demanda y permiten dar soluciones perfectamente integradas en el diseño arquitectónico.

Por último se debe recordar la condición imprescindible que tiene toda instalación de captación de la energía solar es que nada obstaculice la incidencia de la radiación solar en los paneles, como árboles, edificaciones cercanas o cualquier otro objeto que proyecte sombra.

#### **4.7 Máquinas eólicas de producción de electricidad**

---

Son artefactos que aprovechan la energía del viento para transformarla en electricidad. Nacen al incorporar un generador eléctrico a un molino de viento. La tecnología de los molinos de viento se ha ido desarrollando durante siglos porque la humanidad los ha empleado durante milenios. Se conocían en la civilización persa en el siglo XVIII a. de C. y hay constancia de su amplia utilización en la Grecia clásica y todo el imperio romano. Además de producir electricidad las máquinas eólicas pueden emplearse para otros fines, como bombear agua o moler.

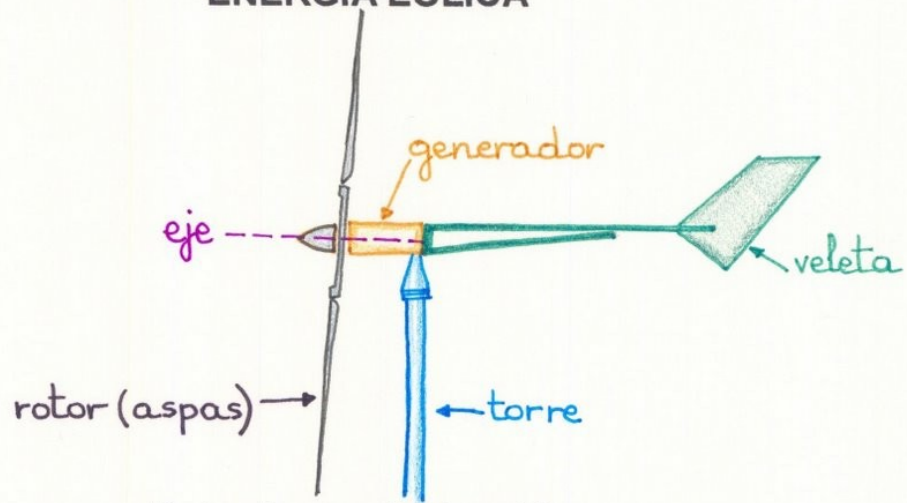
Una máquina eólica para generar electricidad consta de estos elementos:

- El molino o rotor que es movido por el viento
- El eje que transmite el movimiento del rotor al generador
- El generador que transforma el movimiento del rotor en electricidad
- La torre que soporta el rotor
- Baterías y elementos de regulación, orientación y frenado

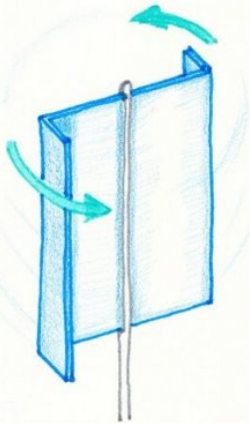
Existen varias modalidades de máquinas eólicas que se representan en la lámina 10 de esta U.D. Las hay de eje vertical que son:

- Rotor Savonius
- Panémona
- Rotor Darrieus: es el de mayor rendimiento de eje vertical

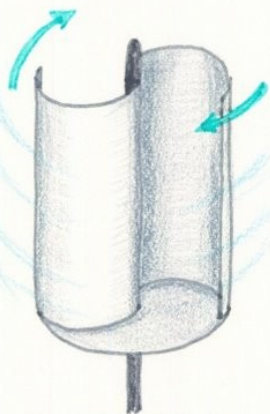
# ENERGÍA EÓLICA



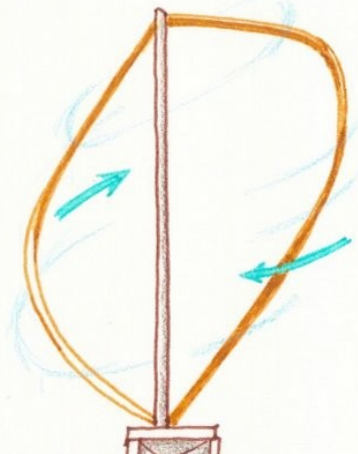
Partes de una máquina eólica



Panémona

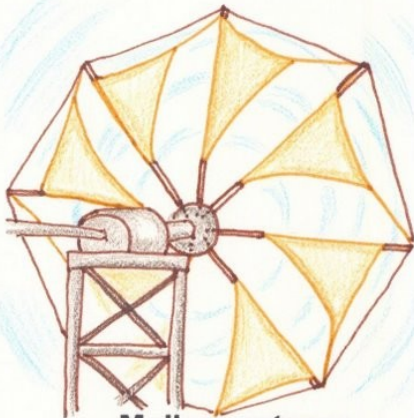


Rotor Savonius

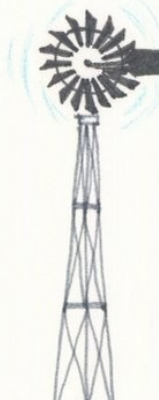


Rotor Darrieus

## Máquinas eólicas de eje vertical



Molino cretense



Multipala

## Máquinas eólicas de eje horizontal



Eólicas rápidas

Y la mayoría de las máquinas eólicas que se comercializan son de eje horizontal:

- Molinos multipala
- Molino cretense
- Eólicas rápidas, también llamadas aerogeneradores.

#### **4.7.1 Sistemas híbridos**

La captación de la energía del entorno plantea siempre el problema de la impermanencia de la fuente energética. El sol no brilla por la noche, hay días nublados y días de calma en los que no sopla el viento lo suficiente como para poder obtener de él suficiente electricidad.

Por ello, cada vez cobran más fuerza los llamados sistemas híbridos. Los más adecuados en la actualidad son los siguientes:

#### **4.7.2 Sistemas eólico-solares**

Generalmente cuando hay nubes no brilla el sol y hace viento. Puede decirse que son dos energías que se complementan mutuamente. Con las modernas microturbinas incluso con viento débil puede obtenerse una cantidad de electricidad significativa que incrementa la cantidad de energía total disponible.

#### **4.7.3 Sistemas eólico-hidráulicos**

En la actualidad muchas centrales hidroeléctricas aprovechan los momentos de baja demanda de electricidad, como son las noches, para emplear el excedente de energía eléctrica en bombear agua de nuevo a la presa, así al día siguiente se dispondrá de nuevo caudal de agua del que obtener electricidad. Este sistema puede aplicarse a las instalaciones eólicas.

La energía eólica presenta el gran inconveniente de su impredecibilidad. Una parte de la energía eléctrica obtenida puede guardarse en baterías, pero ¿qué hacer tras varios días de calma? Una posibilidad sería poder disponer de dos pequeños embalses de agua.

En los días de viento, el excedente de energía eléctrica se puede utilizar para bombear agua del embalse inferior al superior. Cuando el viento está en calma, el aporte energético lo proporcionará una pequeña central hidráulica colocada al pie del embalse superior.

### **4.8 Aplicación a la construcción bioclimática en Galicia**

---

El empleo de colectores solares para calentamiento de agua y calefacción en Galicia se encuentra con la dificultad de que durante la época más fría del año el cielo está nublado con frecuencia. Incluso hay muchos días en los que luce el sol, pero el cielo es atravesado de manera aleatoria por nubes. El colector que se estaba calentando con el sol, al pasar una nube vuelve a enfriarse, con lo que el rendimiento es menor.

La utilización de paneles solares fotovoltaicos también se encuentra con el problema de la falta de sol. En muchas zonas de Galicia no es extraño que los cielos se presenten nubosos durante semanas o incluso meses.

El empleo de aerogeneradores está dando buenos resultados. En invierno son frecuentes los vientos y de hecho se instalan cada vez más parques eólicos.

Los aerogeneradores tienen dos inconvenientes que deben tenerse en cuenta. Uno de ellos es el ruido, son muchas las personas que no lo soportan. En este caso será necesario tener la posibilidad de instalarlo suficientemente lejos de la vivienda o decidirse por otro sistema.

Otro inconveniente es que pueden dañar a las aves que no vean las aspas. En este caso se puede optar por molinos de movimiento lento como los cretenses que las aves puedan ver. No obstante si existen en los alrededores especies protegidas de aves se debe optar por otro sistema de obtención de energía eléctrica.

En Galicia también existen muchos cursos de agua superficial, pequeños ríos y manantiales susceptibles de ser aprovechados para la instalación de una minicentral hidroeléctrica.

Si se quiere disponer de una vivienda autónoma que se autoabastezca de electricidad, será bueno disponer de un buen aerogenerador o de una minicentral hidroeléctrica que asegure el abastecimiento en invierno.

Si se desea aprovechar al máximo las posibilidades de obtención de energía del entorno para la climatización y abastecimiento de energía eléctrica de la vivienda bioclimática en Galicia puede elegirse entre estas opciones:

- Instalación de colectores solares para agua caliente y calefacción auxiliados por una caldera convencional que asegure el suministro en días que no luzca el sol. El ahorro energético que proporcionarán los colectores hará la instalación muy rentable al cabo de pocos años.
- Instalación de colectores solares y un gran depósito acumulador enterrado y bien aislado que permita almacenar calor suficiente para al menos el consumo de dos meses de agua caliente y calefacción durante la época más fría del año en previsión de los días que no luzca el sol en invierno. De este modo el almacén irá supliendo las necesidades caloríficas de los días nublados ya que los días con sol el almacén podrá cargar algo de energía sobrante.
- Instalación de paneles solares fotovoltaicos para obtención de energía eléctrica auxiliado por un aerogenerador.
- Instalación de un sistema híbrido eólico-solar. El aerogenerador debe tener potencia suficiente para suministrar suficiente energía eléctrica para calentar agua caliente y calefacción en días nublados.

- Instalación de un sistema híbrido eólico-hidráulico que garantice el suministro de la energía eléctrica suficiente para consumo doméstico incluido calefacción y agua caliente.

## 4.9 Datos, curiosidades y anécdotas

---

Los mini colectores-acumuladores tipo almohada son muy populares en Japón. Cada colector es una bolsa de plástico parecida a una almohada, con una capacidad de 200 litros. Mide 1 x 2 m. Se colocan sobre el tejado y se llenan de agua por la mañana. Por la noche hay suficiente agua caliente para bañarse toda la familia. Suelen durar unos dos años.

Un solo metro cuadrado de la superficie solar emite la misma cantidad de luz que 600.000 bombillas de 100 w. El diámetro del sol es de 1.392.000 km. Esto nos puede dar una idea de la magnitud de la cantidad de energía que emite nuestro Sol.

Arabia Saudita recibe en un día la energía solar equivalente a una producción de petróleo de tres años. Fue el primer país que abasteció algunas poblaciones exclusivamente con energía solar. En la actualidad incluso en España hay pequeños pueblos solares.

El efecto fotovoltaico depende exclusivamente de la luz, no del calor. Es más, las bajas temperaturas aumentan el rendimiento de las células solares. Por ello se ha comprobado que los paneles solares instalados en las bases científicas del polo sur producen más energía que sus equivalentes instaladas en climas templados o cálidos.

Una buena parte de la radiación solar que alcanza la atmósfera terrestre no llega hasta el suelo dependiendo de la latitud, la altitud sobre el nivel del mar y la capa de nubes. Se ha calculado el promedio que llega a la superficie y cuánta energía nos correspondería a cada ser humano según la población actual y es de unos 40.000 KW.

Los primeros datos que tenemos del aprovechamiento de la radiación solar datan de hace unos 2.700 años. Plutarco escribió que en tiempos de Numa Pompilio las vestales encendían el fuego sagrado con copas metálicas orientadas al sol.

Arquímedes, en el siglo III a. de C. incendió las naves enemigas durante el asedio de Siracusa con un espejo ustorio. Los incas también utilizaban un reflector para preparar la comida sagrada. Los italianos Targioni y Averani en 1.694 ensayaron con espejos ustorios el modo de volatilizar diamantes.

En el siglo XVIII, Lavoisier construyó, con la ayuda de la fábrica de vidrio St. Gobain, una lente cóncava llena de alcohol de 1,3 metros de diámetro. Le incorporó delante otra lente de 15 cm. para reducir el foco. Expuesto el conjunto a la luz del sol consiguió fundir platino, a 1.773<sup>o</sup> C. Gran defensor de la energía solar por considerarla la más limpia y no contaminante, fue condenado a la guillotina durante la Revolución Francesa. Ante quienes intentaron salvarlo alegando la importancia de sus trabajos, el juez zanjó: "La república no necesita sabios".

En la actualidad es muy frecuente la utilización de paneles solares fotovoltaicos para el funcionamiento de faros ubicados en lugares de difícil acceso o deshabitados. Uno de los primeros faros solares se instaló en una isla deshabitada en el Mar de China en Japón. Lo instaló la firma japonesa Hayakawa y la superficie de paneles es de diez metros cuadrados. En el caso de que las nubes no dejen brillar el sol, las baterías con que cuenta aseguran el funcionamiento del faro durante todo un mes.

El clima terrestre está muy relacionado con la actividad solar. Desde tiempos de Galileo los astrónomos han observado la evolución de las manchas solares. Entre 1.645 y 1.715 casi desaparecieron de la superficie del sol y las temperaturas bajaron 1 ° C en relación a las de épocas anteriores y posteriores.

Las primeras bombas de calor que se comercializaron a mediados del siglo XX fueron un auténtico fracaso de ventas. Eran equipos con 70 litros de capacidad que podían ser utilizados como nevera a la par que funcionar como bombas de calor. Casi podrían compararse a uno de nuestros frigoríficos en los que el calor producido por la rejilla posterior se utilizaba para calentar el agua sanitaria. El calor lo extraían del interior del frigorífico y del aire de la habitación en la que se encontraba la bomba. La razón del fracaso comercial se debió a que fueron consideradas como neveras desde el punto de vista fiscal y gravadas con impuestos que las hicieron no competitivas.

## **5 Unidad didáctica 5: Ventilación natural. Enfriamiento en verano.**

### **5.1 Introducción histórica**

---

La necesidad de ventilar los espacios habitables es casi tan antigua como la vida misma. Desde hace millones de años las termitas construyen sistemas de purificación del aire de sus termiteros valiéndose de las corrientes térmicas que elevan el aire caliente y hacen descender al aire que se refresca al ceder calor al exterior. (Ver lámina 1 de esta unidad didáctica).

Las casas tradicionales de los climas cálidos y húmedos se construyen elevadas sobre el suelo para facilitar la captación de brisas. Las paredes, cuando existen, están constituidas por enrejados de bambú o juncos separados para dejar circular el aire libremente.

La casa tradicional japonesa posee paredes corredizas, incluso las que separan del exterior, con lo que la ventilación está asegurada. Además disponen de persianas de bambú que protegen la intimidad y dejan circular el aire. Este excelente sistema de ventilación se complementa con rejillas decoradas situadas encima de las paredes corredizas y que pueden ser abiertas o cerradas a voluntad.

En los climas cálidos y secos se utiliza con frecuencia la ventilación a través de conductos subterráneos para refrescar el aire. Este sistema era empleado en las Kivas rituales de Mesa Verde (Colorado), algunas datan del siglo XIII. (Ver lámina 1)

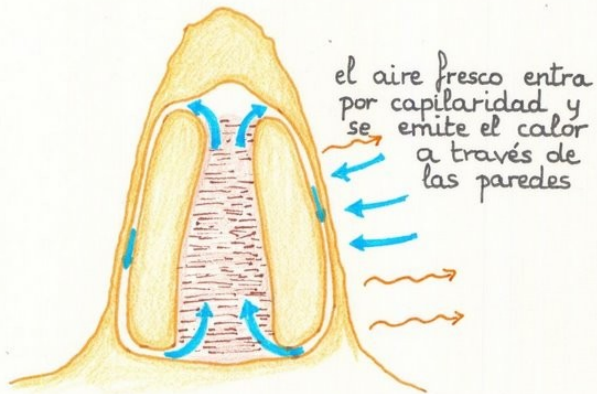
En Oriente Medio se aprovecha la tendencia a ascender del aire caliente para succionar aire a través de conductos subterráneos y de este modo refrescar las casas. Para evitar el calentamiento por soleamiento, las ventanas y algunas paredes exteriores están hechas con celosías de madera o piedra tallada para permitir la ventilación e impedir el paso de la radiación solar.

También se aprovecha la captación de brisas frescas a través de chimeneas captadoras que dirigen el viento hacia el interior. Se han encontrado chimeneas de ventilación en Perú que datan del siglo VII. En Afganistán y Pakistán ya se empleaban en el siglo XVI.

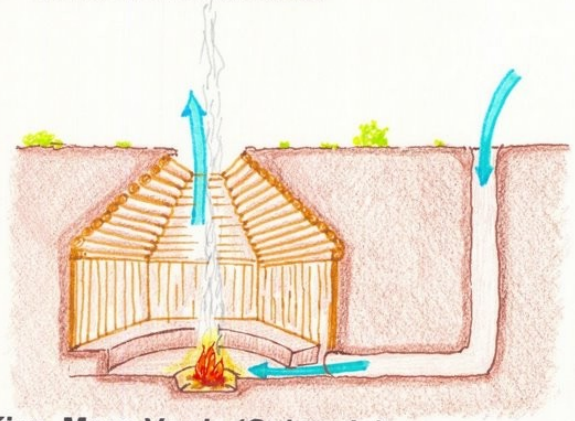
En Sudán occidental se construyen viviendas subterráneas que aprovechan la masa térmica del terreno para disfrutar de una temperatura agradable y se ventilan por convección natural.

En los asentamientos trogloditas de Capadocia estaban talladas en la roca chimeneas de ventilación que atravesaban varias plantas y ventilaban las sucesivas estancias.

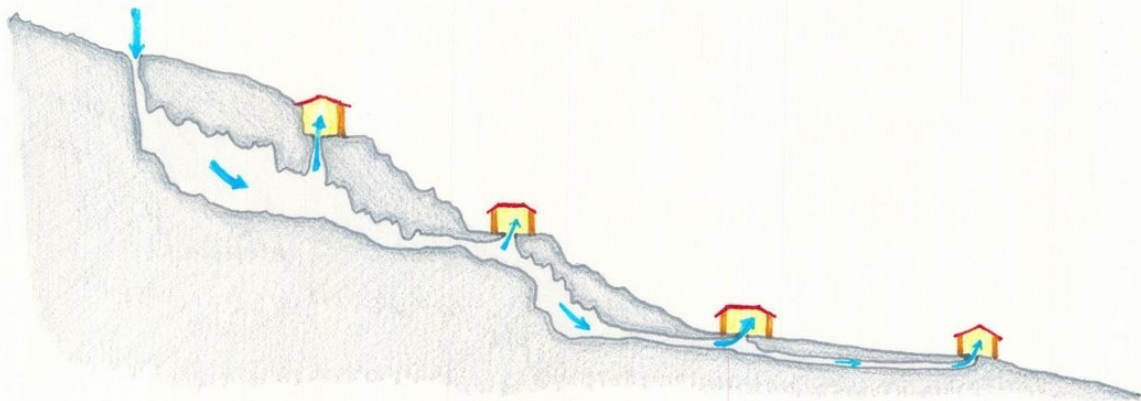
## VENTILACIÓN EN LAS CONSTRUCCIONES TRADICIONALES



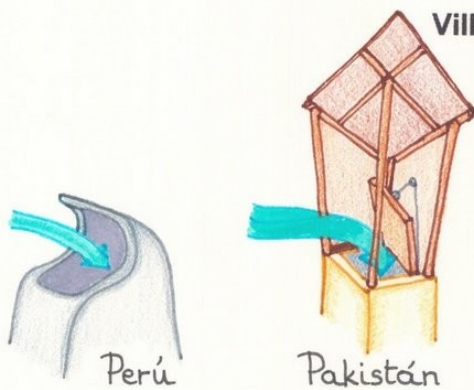
Ventilación en un termitero



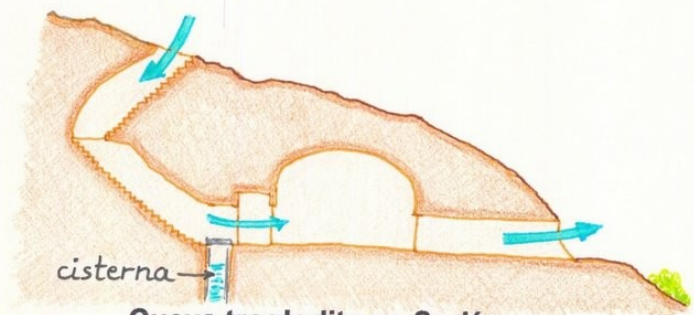
Kiva. Mesa Verde (Colorado)



Villas Costozza (Italia)



Chimeneas de ventilación



Cueva troglodita en Sudán

Hace siglos, cerca de la ciudad italiana de Vienza se construyeron viviendas situadas sobre cuevas naturales. El aire fresco se enfría al atravesar las cuevas y accede a las viviendas a través de unas celosías de mármol situadas en el suelo. Este sistema inspiró a Palladio en 1.556 para diseñar la ventilación de la Villa Rotonda. El aire se enfría en el sótano y accede a la vivienda a través de celosías dispuestas en el centro del edificio. El aire caliente sube hacia arriba y sale a través de unas aberturas de la cúpula.

Como hemos comprobado, desde los albores de la civilización se han construido viviendas con sistemas de ventilación muy elaborados. En la arquitectura bioclimática actual el diseño de una buena ventilación es un punto clave del mismo y hoy en día nadie discute la conveniencia de construir edificios menos dependientes de la climatización artificial.

Arquitectos como Norman Foster investigan el comportamiento del viento y la luz para aprovechar al máximo la ventilación e iluminación naturales, como ha llevado a la práctica en la nueva sede central del Commerzbank en Frankfurt. Pero quizás el sistema de ventilación tecnológicamente más avanzado sea el empleado en la fachada climática de la RWE en Essen diseñado por Ingenhoven, Overdiek y Partner, que posee un sofisticado sistema de entrada y salida de aire en todas las plantas.

## **5.2 Sistemas de ventilación**

---

Los sistemas de ventilación son los elementos constructivos que se encargan de la renovación del aire contenido en el edificio. Para ello extraen el aire viciado e introducen aire fresco.

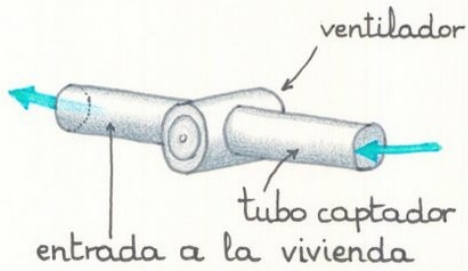
Rara vez la temperatura y humedad exteriores serán idénticas a las del interior, por lo que con frecuencia el aire aportado deberá ser calentado, enfriado o humedecido.

Deberá compaginarse la estanqueidad del edificio necesaria para evitar filtraciones de aire indeseadas con una buena ventilación que aporte el aire de renovación necesario. Antiguamente la falta de estanqueidad hacía innecesario en muchos casos un sistema propio de ventilación, si bien las pérdidas de calor en invierno eran considerables. En la unidad didáctica 3 ya se trató este tema de las infiltraciones en el apartado de “Evitar pérdidas de calor por ventilación no deseadas”.

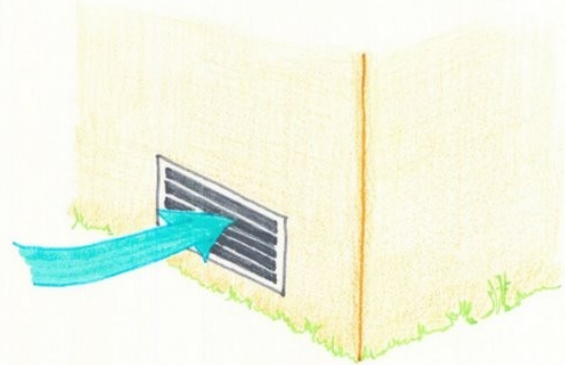
La arquitectura bioclimática intenta evitar infiltraciones de aire incontroladas haciendo cubiertas, puertas y ventanas lo más estancas posible, proporcionando la adecuada ventilación con un aire tratado previamente en el caso de que fuese necesario.

En la actualidad se poseen los conocimientos necesarios sobre ventilación como para poder ventilar y refrigerar en verano un edificio sin la ayuda de elementos artificiales de acondicionamiento de aire. Para lograrlo es necesario contar con un diseño constructivo adecuado. Lo que resultaría muy difícil sería pretender enfriar por medio de ventilación natural un edificio mal concebido desde el punto de vista climático.

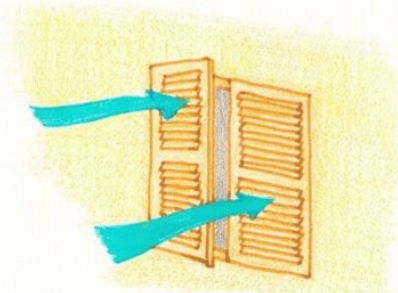
## CAPTACIÓN DEL AIRE I



Por medio de ventiladores

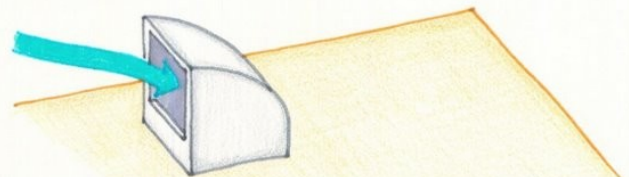


A través de rejillas



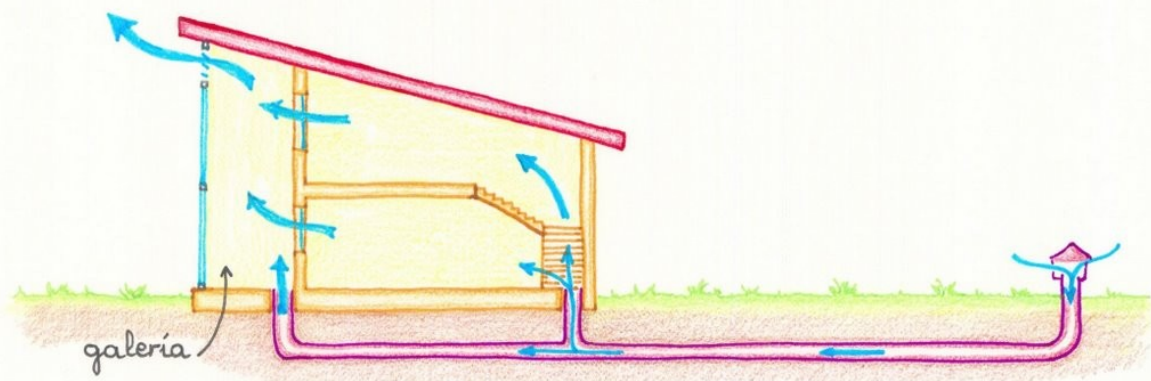
celosías y contraventanas de librillo impiden el paso de la radiación solar y favorecen la ventilación

A través de ventanas



captador de brisas en la azotea

A través de la cubierta



Captación subterránea

En este tema trataremos sobre la ventilación creada con elementos puramente constructivos, si bien en ocasiones puede ser apoyada por un pequeño ventilador para incrementar la velocidad del aire o crear una presión mayor en el interior que evite infiltraciones de aire frío exterior.

Para comprender los mecanismos de funcionamiento de un sistema de ventilación se deben tener en cuenta los siguientes principios básicos:

- El efecto de enfriamiento depende de la dirección y velocidad del aire. A la velocidad de un metro por segundo, el efecto de enfriamiento equivale a 5º C. de la masa de aire seco y en reposo.
- El movimiento del aire a través de un edificio se debe a las diferencias de presión y temperatura de las masas de aire. El aire frío tiende a bajar y el cálido sube hacia el techo. Si hay diferencias de presión, el aire de las zonas de mayor presión tiende a desplazarse hacia las de menor presión.

El aire exterior en movimiento que choca contra la casa se desplaza hacia arriba y los laterales. Sobre esta pared expuesta se crea una zona de presión alta. En cambio en las paredes laterales y la pared opuesta resguardada de los vientos se crea una presión baja.

Para que un sistema de ventilación sea de modo eficaz, es necesario que funcionen adecuadamente sus tres partes fundamentales:

- Captación del aire
- Recorrido del aire a través de la casa
- Salida del aire

Analizaremos ahora estas tres partes una por una para entender el funcionamiento de los diversos sistemas de ventilación que existen.

### **5.2.1 Captación del aire**

Se realiza a través de ventanas u otras aberturas diseñadas para tal fin. Para que el sistema de ventilación funcione correctamente durante los periodos de calma, es conveniente que permanezcan cerradas otras aberturas distintas a las de canalización del movimiento del aire. La captación del aire puede hacerse por medio de los siguientes elementos: (Ver lámina 2)

#### **5.2.1.1 Por medio de ventiladores**

El aire exterior puede ser captado empleando un ventilador de baja potencia, lo que origina un aumento de la presión interior del edificio en el caso de que otras aberturas permanezcan cerradas. Este sistema evita las infiltraciones de aire frío del exterior, ya que la mayor presión del interior hace que el aire externo no pueda entrar.

En general se utiliza este procedimiento siempre que se necesite una entrada de aire forzada o se quiera asegurar la captación. Hay regiones en las que los cambios estacionales modifican el curso de las brisas y en determinadas circunstancias puede no funcionar el sistema de ventilación natural existente en la casa.

Puede ser necesario utilizar ventiladores en captación subterránea a través de tubos de gran longitud y el algún tipo de torre de captación.

#### **5.2.1.2 A través de rejillas**

Cuando existen brisas constantes, unas simples rejillas colocadas en la pared sur de la casa y otras en la fachada opuesta aseguran la captación de aire. Las aberturas para ventilación en la parte más expuesta a los vientos deben ser más pequeñas debido a la mayor presión del aire en la zona más expuesta. Debe protegerse con una malla para evitar la entrada de animalillos.

El flujo de aire entrante es mayor si la dirección del viento del exterior forma un ángulo inferior a 30° con respecto a la perpendicular de la rejilla.

#### **5.2.1.3 A través de ventanas**

La mayor superficie de ventilación la ofrecen las ventanas con vidrios en librillo. En otro tipo de ventanas lo más importante es que sus hojas no obstruyan el paso del aire. Es muy aconsejable el empleo de ventanas de vidrio fijo que llevan añadida una ventilación con aletas de vidrio móviles, lo que permite dirigir el flujo de aire.

En tiempo frío es aconsejable que las láminas de vidrio dirijan el aire entrante hacia arriba (ver lámina 2), al contrario que en tiempo caluroso. En verano las láminas deben dirigir el aire hacia el suelo.

Las ventanas que poseen contraventanas tienen la ventaja de que éstas pueden ajustarse para canalizar la entrada del aire cuando las brisas soplen oblicuamente. También debe tenerse en cuenta que las mosquiteras de malla reducen el movimiento del aire a su través, sobre todo cuando las brisas llevan baja velocidad.

#### **5.2.1.4 El papel de los voladizos y salientes**

La Universidad de Texas y el South Africa Building Research Station realizaron pruebas en túnel de viento donde observaron la influencia que los voladizos y salientes ejercen en el fenómeno de captación del aire. Comprobaron que los voladizos situados sobre las ventanas impedían el adecuado movimiento del aire a través de ellas. Cuando hicieron hendiduras en los voladizos, la ventilación volvía a ser la correcta.

Este fenómeno se debe a que los voladizos originan bajo ellos un espacio de presión más baja. Esto ocasiona que el aire entrante, al estar a baja presión, tiene tendencia a ascender hacia el techo y no ventila la parte baja de las estancias que es donde las personas están. Al practicar las hendiduras se volvían a igualar las presiones, con lo que la circulación natural del aire por la parte inferior se restablecía.

#### 5.2.1.5 Captación subterránea

Se emplea cuando se desea modificar la temperatura del aire destinado a ventilación.

La gran inercia térmica del terreno hace que a determinada profundidad la temperatura permanezca muy estable, más fresca que la temperatura exterior en verano y más cálida en invierno. Se aprecia claramente el gran ahorro energético que puede suponer el empleo de un sistema de ventilación de este tipo.

A este sistema también se le denomina “pozo canadiense”, por haber sido utilizado en las regiones frías de ese país. Consiste en captar el aire en cuevas naturales o en su defecto, construir conductos subterráneos que captan el aire en puntos alejados, a una distancia entre 10 y 100 metros.

El diámetro de los tubos debe ser amplio, entre 15 y 20 cm. incluso 25 en tubos de gran longitud. Es conveniente colocar una malla en sus extremos para evitar la entrada de pequeños animales, esta es una de las razones de su gran diámetro, ya que la malla dificulta en parte la captación de aire.

Los tubos deben ir a una profundidad de al menos un metro, mejor dos metros de profundidad como mínimo, ya que cuanto más cerca estén de la superficie menor será la eficiencia en la regulación de la temperatura del aire que circula por ellos.

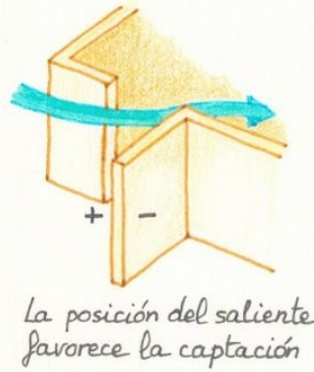
Se procurará que los tubos tengan un recorrido lo más recto posible, aunque será necesario poner algún codo. El radio de tales codos no puede ser menor de 70 cm. para no frenar la circulación del aire.

En Galicia se obtiene por este sistema una temperatura del aire de ventilación alrededor de los 15º C.

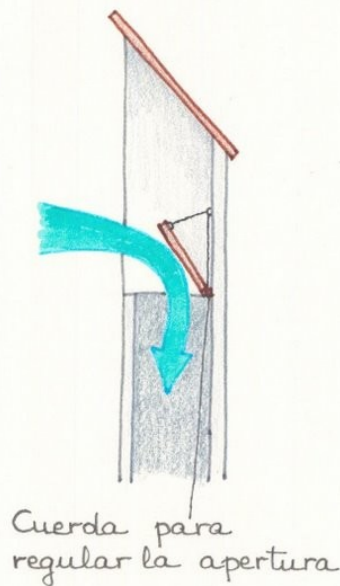
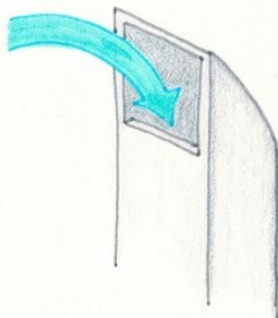
El mayor inconveniente de este sistema es que la captación se anula con la entrada de aire por otras vías como ventanas abiertas o infiltraciones de aire.

Por ello es importante asegurar la hermeticidad de las carpinterías de puertas y ventanas. También puede colocarse un ventilador que aumente la presión en el interior y evite las infiltraciones. El aire de mayor presión del interior tenderá a salir por las rendijas y no dejará entrar un aire externo con menos presión.

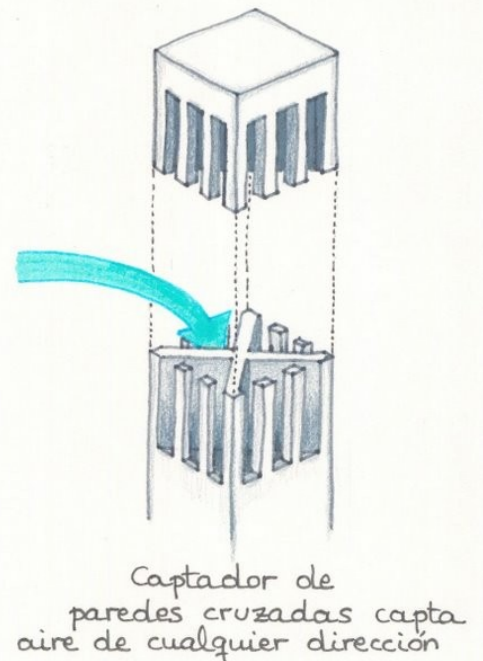
## CAPTACIÓN DEL AIRE II



### Papel de voladizos y salientes en la captación de aire



### Captadores de torre



#### 5.2.1.6 Captadores de torre

Son dispositivos de captación del aire que circula por encima de las viviendas. Consisten en aberturas situadas en la parte superior de torres que se elevan por encima de las casas y se construyen a tal efecto.

En regiones donde el aire fluye siempre en la misma dirección los captadores tienen una abertura dirigida hacia esa dirección para que el aire entre en su interior y descienda al interior de la casa.

En regiones donde las brisas cambian de dirección, los captadores llevan separaciones en diagonal para poder captar las brisas cualquiera que sea su dirección.

En los lugares con poca brisa se construyen captadores abiertos hacia dos lados y con el techo inclinado para poder guiar el aire hacia abajo.

En las construcciones más sencillas estos captadores van directamente sobre el tejado o sobre torrecillas de muy poca altura. En estos casos suelen tener una tapa de madera que lleva sujeta una cuerda para poder regular desde el interior de la vivienda la amplitud de la abertura y consecuentemente el flujo de aire entrante.

Los captadores (y su torre correspondiente) pueden estar situados en cualquier punto del tejado de la casa e incluso fuera del edificio, llegando el aire al interior a través de un conducto subterráneo.

En todos los captadores conviene poner una malla metálica para impedir la entrada de aves u otros animales.

#### 5.2.2 Recorrido del aire a través de la casa, sistemas de ventilación

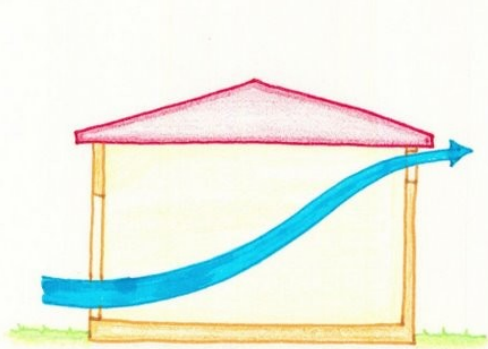
Los factores que causan el movimiento del aire a través de la casa son las diferencias de presión y de temperatura.

El aire exterior en movimiento que choca contra la casa se desplaza hacia arriba y los laterales. Sobre esta pared expuesta se crea una zona de presión alta. En cambio en las paredes laterales y la pared opuesta resguardada de los vientos se crea una presión baja.

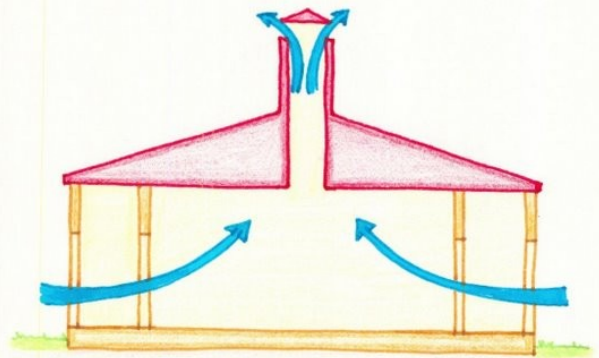
Dependiendo de estas diferencias de presión y temperatura existentes entre el exterior y el interior del edificio y entre las diferentes estancias del edificio pueden generarse movimientos de aire y/o diseñar un recorrido del aire captado a través de la casa.

Los sistemas más comunes de ventilación y su recorrido a través del edificio son los siguientes:

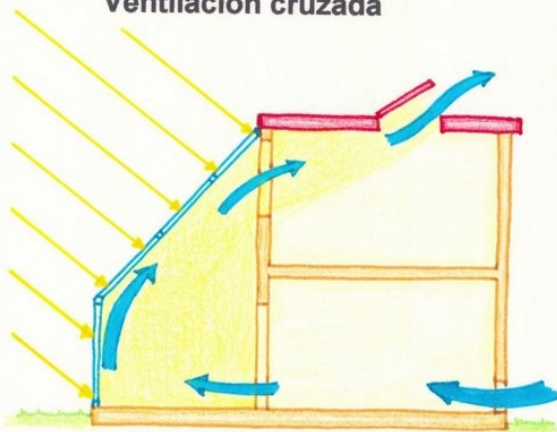
## SISTEMAS DE VENTILACIÓN I RECORRIDO DEL FLUJO DE AIRE



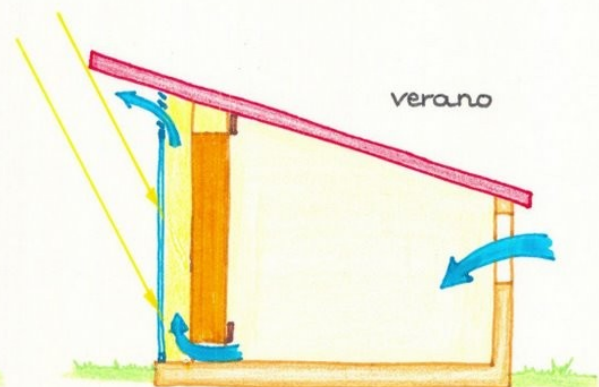
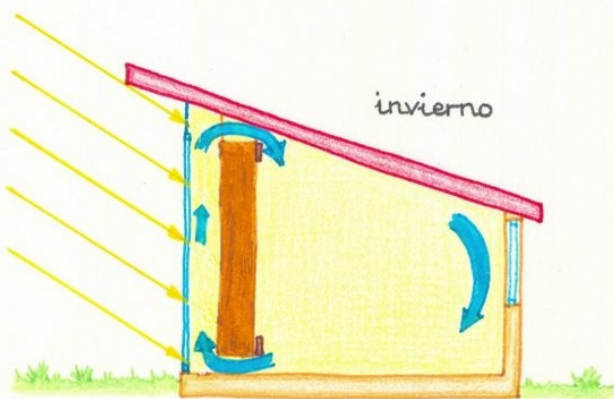
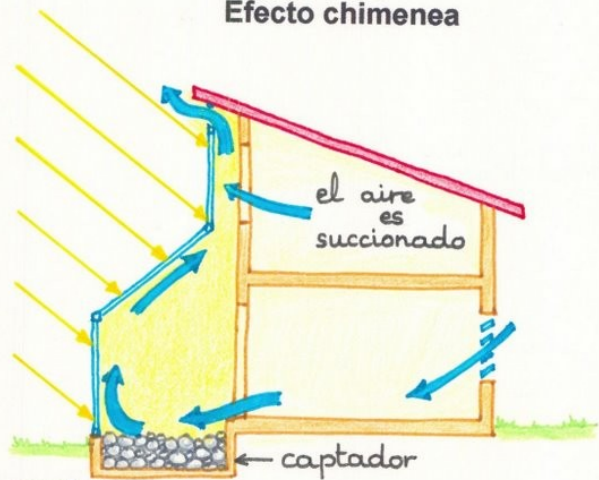
Ventilación cruzada



Efecto chimenea



Chimeneas solares



Utilización del muro Trombe como chimenea solar

#### 5.2.2.1 Ventilación cruzada

Es el más sencillo y utilizado de los sistemas de ventilación. Se basa en las diferencias de temperatura. El aire circula entre aberturas situadas en fachadas opuestas.

El aire fresco (fachada norte) entra por aberturas situadas a nivel del suelo. Al ir recorriendo la vivienda se va calentando, asciende y sale por la fachada opuesta a través de aberturas situadas cerca del techo.

Este sistema es aconsejable en climas templados durante el verano y en climas cálidos y húmedos.

#### 5.2.2.2 Efecto chimenea

En este sistema el aire más frío y de mayor densidad entra por aberturas situadas en la parte inferior de la casa. El aire más caliente y menos denso sale por una chimenea cuya entrada está a la altura del techo.

Es un sistema muy adecuado para extraer el aire caliente que se acumula en la parte superior de las estancias, sin embargo puede tener problemas de funcionamiento si la temperatura exterior es alta.

#### 5.2.2.3 Chimenea solar

Este sistema también se denomina cámara solar. Aprovecha la radiación solar para calentar una masa de aire, disminuir su densidad y succionar el aire interior hacia el exterior. Actúa como un tiro natural.

Según se desee ventilar a mediodía o por la tarde la cámara solar puede orientarse hacia el sur o hacia el oeste.

El muro Trombe puede utilizarse como chimenea solar en verano invirtiendo el sentido de circulación del aire. Para ello deben disponerse aberturas hacia el exterior en la parte superior. (Ver [lámina 4](#)).

Las chimeneas solares tienen la gran ventaja de que son más eficientes cuanto más sol incide sobre ellas, es decir, cuanto más calor hace.

#### 5.2.2.4 Ventilación a través de la cubierta

Los tejados acumulan el calor que reciben de la radiación solar. Esto origina que el aire situado sobre él se caliente y sea menos denso, es decir, se crea una zona de presión baja hacia la que fluye el aire de los alrededores.

Este fenómeno puede ser aprovechado para ventilar la vivienda. Si se abre un orificio en el centro de la cubierta, el aire del interior de la casa será succionado hacia arriba. Para completar el sistema basta colocar aberturas de entrada de aire a la altura del suelo.

En algunas regiones tropicales construyen una versión más evolucionada del sistema de ventilación a través de la cubierta. Diseñan el tejado en forma de mariposa ([ver lámina 5](#)), hundido en su centro. El piso

superior hace un voladizo sobre la planta baja para que el aire entrante lo haga desde la sombra y se encuentre más fresco, favoreciendo el flujo de aire.

#### **5.2.2.5 Aspiradores estáticos**

Son chimeneas de ventilación que aspiran el aire del interior de la vivienda gracias a un dispositivo diseñado al efecto que produce el efecto Venturi al pasar el viento por él.

Como en el caso anterior el sistema se completa con la entrada de aire fresco a la vivienda a la altura del suelo.

Es un sistema adecuado para climas cálidos y templados con vientos constantes.

#### **5.2.2.6 Ventilación a través de un patio**

El patio ha sido el gran descubrimiento climático de la arquitectura tradicional de los climas áridos y genera ventilación incluso en épocas de calma.

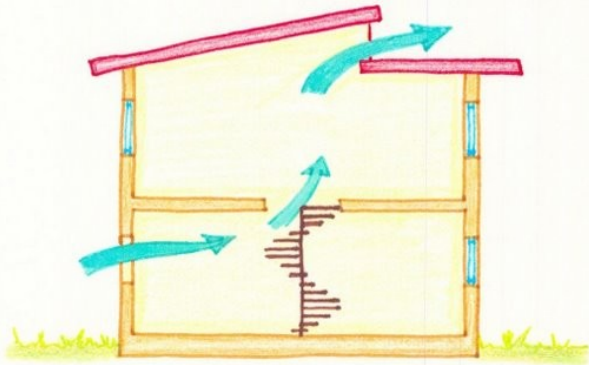
Para que un patio funcione de la manera más eficaz es conveniente que dentro del mismo se cultiven plantas e incluso haya una pequeña fuente o estanque.

La evaporación que originan las plantas y el agua hace descender la temperatura del patio creando una zona de altas presiones que succiona el aire que se encuentra encima de él.

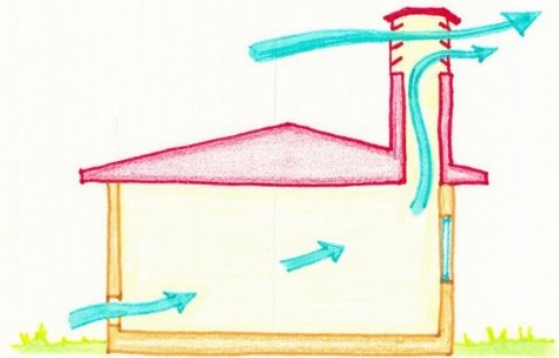
Para completar el flujo de aire, se abren ventanas o rejillas que permitan el paso del aire fresco del patio al interior de la vivienda y a continuación hacia el exterior.

En verano el patio es un microclima que acondiciona el cálido aire exterior, enfriándolo y humedeciéndolo antes de conducirlo al interior de la casa. En invierno, cuando la temperatura exterior es más baja que la del patio, éste proporciona un lugar más cálido que el exterior de la vivienda donde poder estar al aire libre.

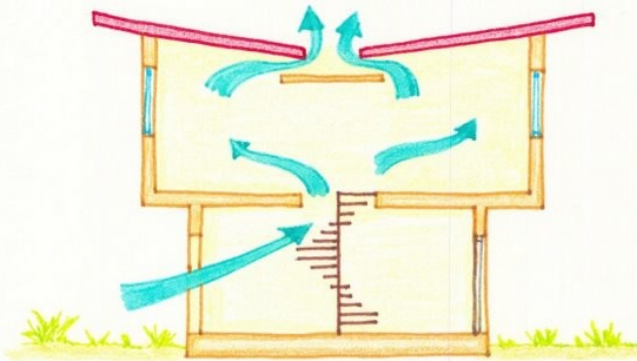
## SISTEMAS DE VENTILACIÓN II



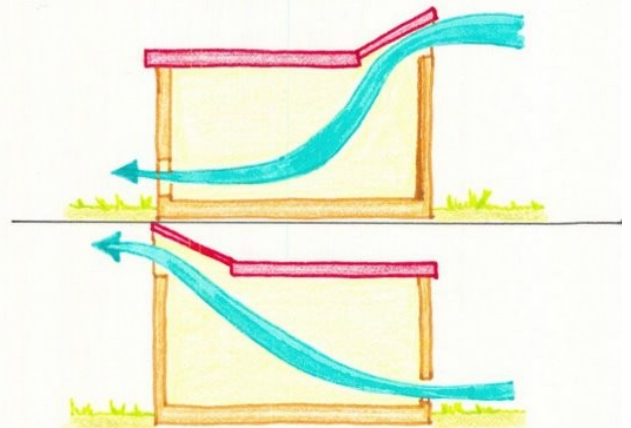
Ventilación natural a través de la cubierta



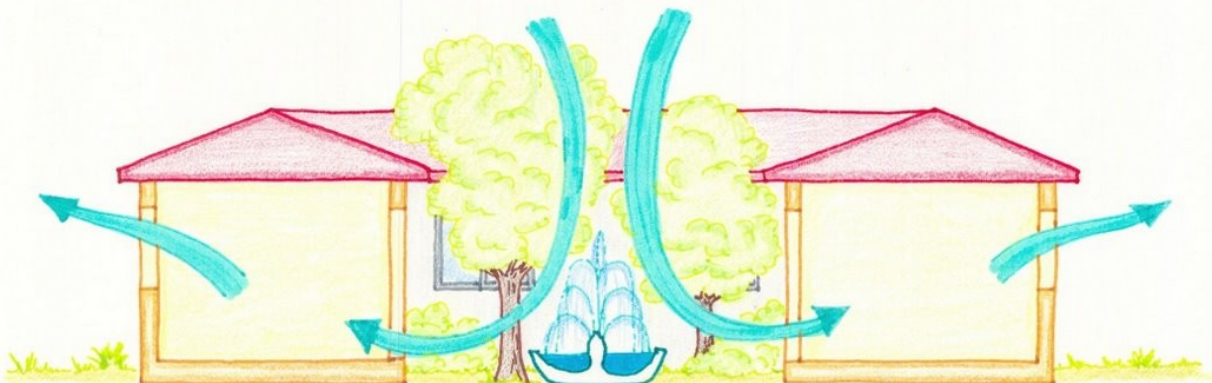
Aspirador estático



Ventilación en cubiertas mariposa



Direccionamiento del aire



Ventilación a través de un patio

### 5.2.2.7 Torres de viento

Hay varios tipos, cada uno adaptado a un clima particular. Son estos:

#### 5.2.2.7.1 Torre de viento de dirección constante

Se han utilizado en lugares en los que el viento fluye siempre de manera constante y en la misma dirección. El captador tiene una única abertura orientada en esa dirección para que el viento entre en él y está situado a una altura en la que los vientos circulan con mayor intensidad. El aire desciende por la torre hasta el suelo de la vivienda ventilando la casa y sale por aberturas situadas cerca del techo. La colocación de una caperuza de ventilación rotatoria permite el funcionamiento para cualquier dirección del viento.

#### 5.2.2.7.2 Torre evaporativa

Estas torres son muy utilizadas en Irán, y países de su entorno. Son también llamadas “torres de viento” y funcionan muy bien en climas cálidos y secos. A causa de la intensa radiación solar que reciben estas regiones y la escasez de vegetación, el terreno acumula mucho calor, por lo que el aire a nivel del suelo está a temperatura más alta que por encima de las casas.

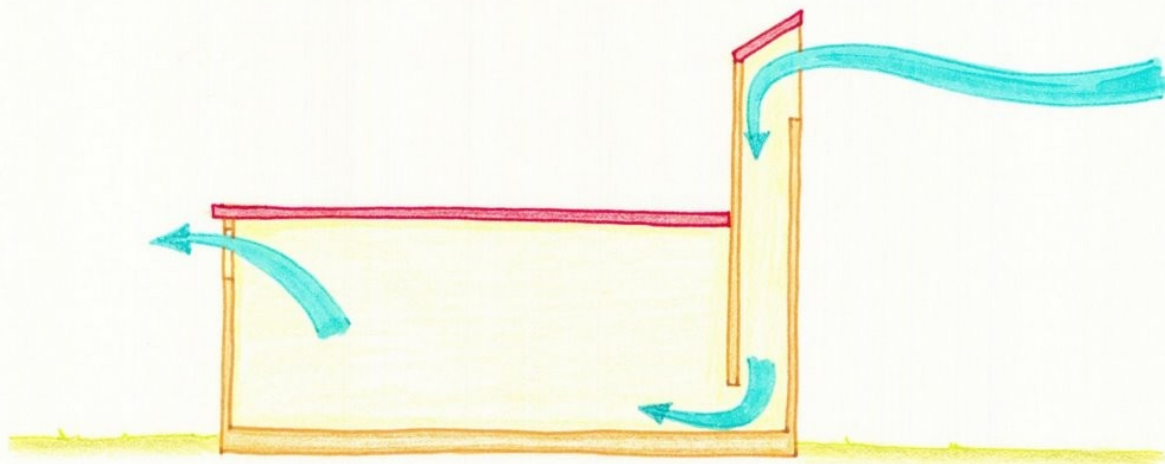
Las torres captadoras recogen el aire más fresco arriba, donde circula a mayor velocidad. En la torre se va enfriando y desciende. Con frecuencia cuelgan esteras mojadas para refrescar y humedecer aún más el aire.

En algunas regiones en vez de esteras colgadas colocan jarras de cerámica porosa llenas de agua o hacen pasar el aire por encima de una piscina con agua o una fuente. En tiempo frío se cierra el paso entre la casa y la torre.

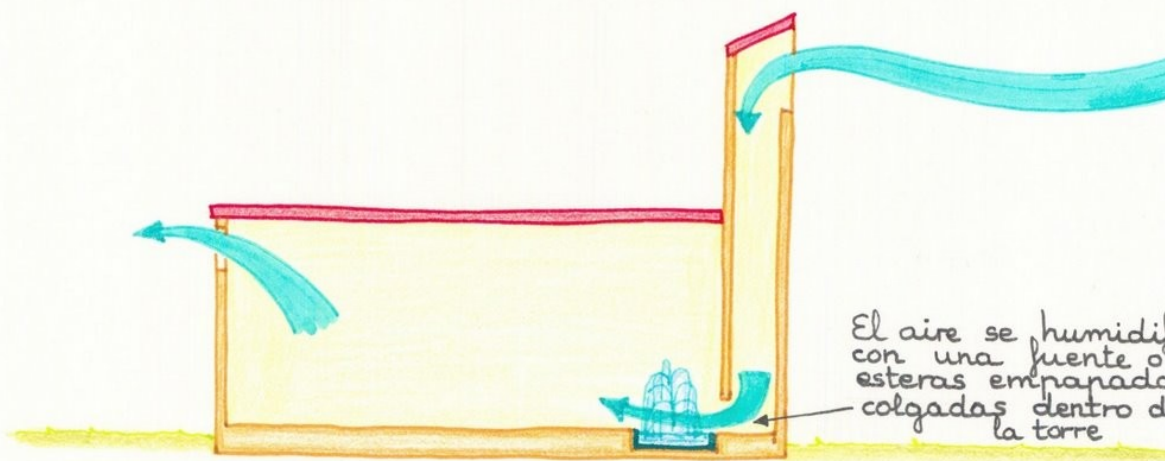
#### 5.2.2.7.3 Torre de paredes cruzadas

La parte superior de la torre tiene aberturas en los cuatro lados y paredes que se cruzan en diagonal llegando hasta el techo de las estancias. Las brisas entran por un lado de la torre y salen por el otro, arrastrando consigo el aire caliente acumulado en los techos de la casa.

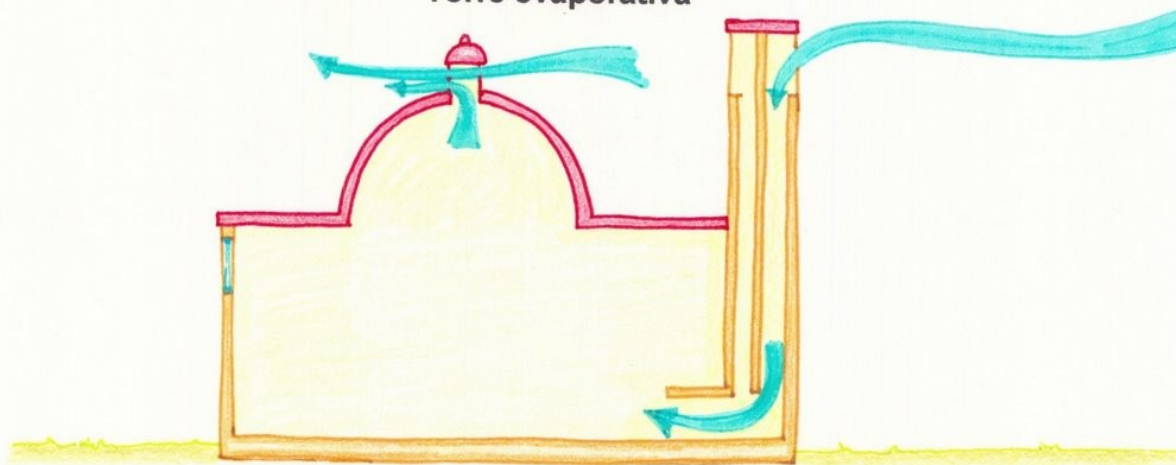
## TORRES DE VIENTO



Torre de viento de dirección constante



Torre evaporativa



Torre de paredes cruzadas

### **5.2.3 Salida del aire**

Un sistema de ventilación perdería su eficacia si no se facilitase una salida al flujo de aire que ventila la casa. Debe diseñarse una salida de dimensiones adecuadas y en el sitio adecuado para que el aire circule con soltura. Analizaremos estos dos factores:

#### **5.2.3.1 Dimensiones de las aberturas de salida**

Las dimensiones de las aberturas determinan la velocidad del flujo de aire. De modo similar a lo que ocurre en una tubería que transporta un líquido, una abertura pequeña incrementa la velocidad del aire. Una abertura grande lo enlentece.

La velocidad del aire en el centro de un local es menor que en las aberturas debido a que dispone de mucho espacio y se enlentece.

Para una idéntica abertura de entrada, la velocidad del aire a través de la habitación será mayor o menor según la superficie de la abertura de salida. La lámina 7 explica gráficamente cómo el mismo flujo de aire que entra en un local a través de la misma abertura adquiere velocidades diferentes según las dimensiones relativas del orificio de salida.

En caso de tener dudas sobre las dimensiones de las ventanas de entrada y salida del aire se recomienda que se coloquen ventanas iguales.

#### **5.2.3.2 Situación de la abertura de salida**

La velocidad del aire a través de la casa es mayor si la salida se encuentra enfrentada a la entrada. Su inconveniente es que solamente queda eficazmente ventilado el espacio situado entre las dos aberturas.

Si se desea ventilar más área se diseñará un cambio de dirección en el flujo del aire, pero en este caso la velocidad del aire se enlentecerá. En cada caso particular deberán analizarse las circunstancias concretas y decidir el recorrido del aire.

A continuación se expone un resumen de la posición que deben tener las aberturas de salida en cada tipo de sistema de ventilación para que funcione con más eficacia.

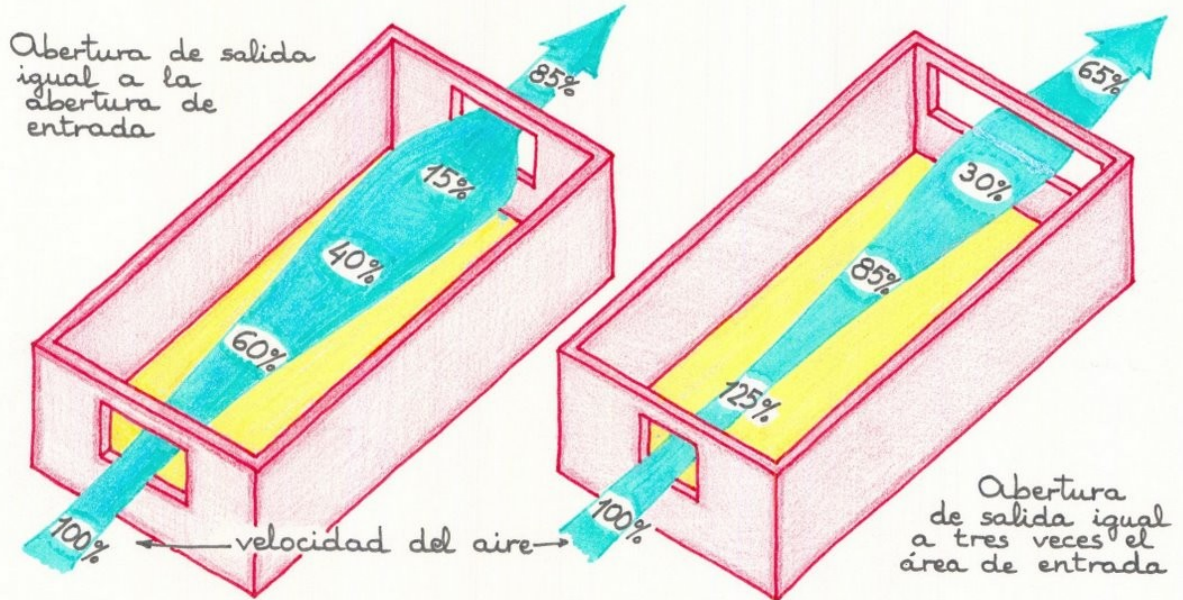
- En un sistema de ventilación cruzada la salida del aire debe situarse en la pared exterior situada en el lado opuesto a la de captación.
- En ventilación a través de la cubierta la salida del aire debe situarse en el punto más elevado de la misma, ya que la mayor altura propicia un efecto chimenea que incrementa el flujo del aire. Pueden colocarse aspiradores estáticos en la cumbre. Si la cubierta consta de un simple faldón inclinado basta dejar salir el aire por el borde de mayor altura.
- En la ventilación por efecto chimenea debe estar más frío el aire exterior que el aire caliente del interior que se quiere evacuar. En los días calurosos el efecto chimenea puede funcionar mal,

por lo que convendrá colocar en la parte superior de la salida un aspirador estático que succione el aire del interior.

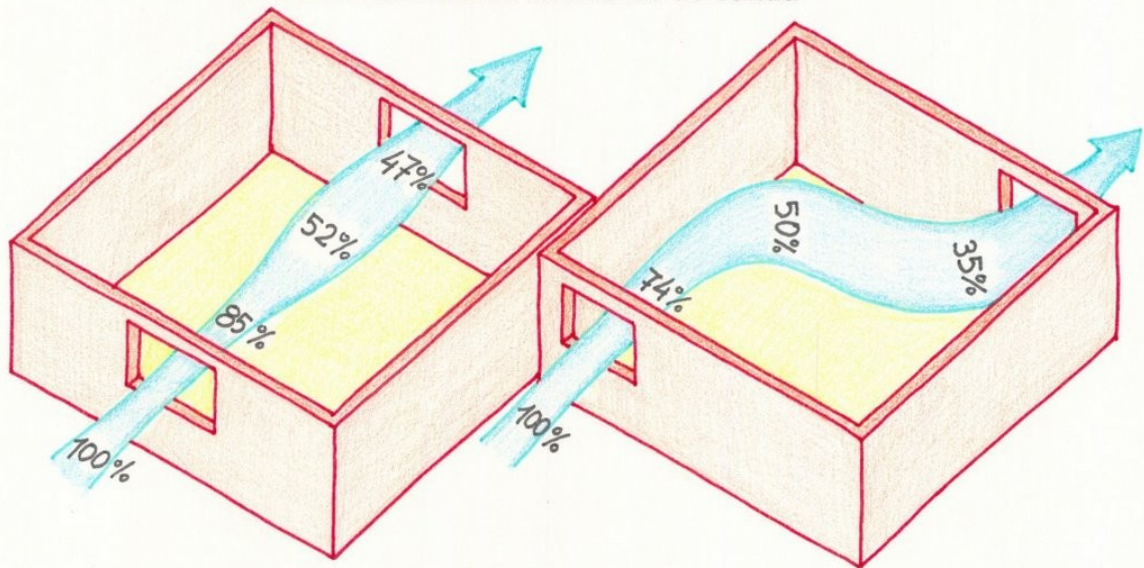
- En las chimeneas solares el aire caliente debe salir por la parte más alta del captador solar.
- En la ventilación a través de un patio el aire sale por las ventanas situadas en el perímetro de la casa. Para evitar la incidencia de la radiación solar en los países cálidos colocan celosías que permiten la circulación del aire y cierran el paso a la radiación solar.
- En las torres de viento de dirección constante y evaporativa el aire sale por aberturas situadas a la altura del techo de las estancias. En las torres de paredes cruzadas sale por la abertura de la torre situada en el extremo opuesto a la de entrada.

Por último se ha de mencionar que existen sistemas de recuperación de calor del aire extraído en ventilación y que pueden emplearse en climas fríos o en climas templados durante el invierno para aprovechar la energía calorífica del aire de salida de un local.

### ABERTURAS DE SALIDA



### Dimensiones de las aberturas de salida



Si las aberturas están alineadas, la velocidad del aire es mayor  
Si las aberturas no están alineadas, el aire cambia de dirección, circula más lentamente y barre un área mayor.

### Situación de las aberturas de salida

### **5.3 Aplicación a la construcción bioclimática en Galicia**

---

Galicia disfruta de un clima templado, aunque con variaciones importantes en sus distintas regiones debido a su orografía y al hecho de encontrarse en una zona de transición entre el Océano Atlántico y la Meseta.

Durante el invierno llegan a Galicia vientos del suroeste cargados de humedad, por lo que no son adecuados los sistemas de ventilación que humidifican el aire. Durante el verano el anticiclón de las Azores impide la llegada de tales vientos, las temperaturas se elevan e incluso en muchas regiones hay temporadas de calor y sequía.

En estas circunstancias pueden ser adecuados los sistemas de ventilación cruzada con aberturas pequeñas durante el invierno y mayores en verano. Todos los que vivimos en zonas de costa expuestas tenemos la experiencia de que en días de fuerte temporal no pueden abrirse las ventanas. El aire que entra por la rejilla del gas, las ventilaciones de los baños y las rendijas de las ventanas cara al viento ventila la casa más de lo deseable.

La ventilación por efecto chimenea puede funcionar mal en zonas que alcanzan temperaturas altas en verano. La ventilación a través de la cubierta puede funcionar bien en verano pero tiene el inconveniente de que en invierno será una fuga de calorías si no se cierra el conducto de salida.

Las chimeneas solares pueden ser muy útiles. Puede utilizarse un depósito de grava para acumulación de calor en invierno o una pared Trombe como los que se vieron en el tema 3 para ventilar en verano. Será suficiente disponer aberturas en la parte superior de estos elementos para invertir el sistema. Además tiene la ventaja de que funcionará justamente los días de sol.

La ventilación a través de un patio puede ir bien en zonas de clima más continental, como Ourense.

Las torres de viento no son adecuadas en Galicia.

### **5.4 Datos, curiosidades y anécdotas**

---

El conocido arquitecto Frank Lloyd Wright diseñó en Méjico una vivienda cuya chimenea se encuentra en un pequeño foso rodeada de asientos de obra a un lado de la sala de estar. Dicho foso de calor en invierno se transforma al llegar el verano en un eficaz sistema de refrigeración y ventilación combinados. El pequeño foso se llena de agua y la chimenea se transforma en una torre de viento que capta el aire de las alturas y lo conduce al estanque donde se enfría. Para completar el recorrido del flujo de aire, se abre alguna ventana y el aire circula hasta salir por ella refrescando la casa.

A mediados del siglo XX, Caudill diseñó un colegio en una calurosa ciudad de Texas. Estudió con detenimiento la ventilación del mismo e incluyó en su diseño estrategias para favorecerla: orientación de las aulas en sentido perpendicular a la dirección de las brisas, aberturas de entrada y salida de ventilación en cada aula, etc. Todo parecía perfecto hasta que comenzaron las clases. Alumnos y profesores no soportaban el calor. ¿Cómo era posible si los cálculos eran correctos? Después de mucho investigar, Caudill se dio

cuenta de que el aire circulaba por techo y no llegaba a la altura de las personas. En otro colegio similar se les ocurrió a los arquitectos colocar el mismo tipo de ventanas al revés para inducir la circulación del aire hacia abajo, ¡Y fue un éxito!

En la India las habitaciones de las casa se construyen con una altura entre 4 y 4,5 metros para que el aire caliente que sube hacia arriba no afecte a las personas que disfrutan de un aire más fresco. Sin embargo investigaciones llevadas a cabo en Sudáfrica y Australia han demostrado que los techos altos no aseguran confort climático si no se acompañan de otras medidas. Techos bajos de tan solo 2,5 metros de altura pueden cubrir habitaciones confortables si se tiene en cuenta un diseño adecuado de ventilación.

Hace 4.500 años en el antiguo Egipto para refrigerar las estancias del faraón se utilizaban grandes vasijas porosas llenas de agua que eran aireadas por los esclavos.

Actualmente en muchos lugares de Méjico se colocan en las ventanas vasijas de cerámica porosa llenas de agua para que el aire que entre a través de ellas se enfríe y humedezca. En Egipto se colocan vasijas similares en las torres evaporativas, a media altura.

En Alemania está patentado un procedimiento para almacenar aire frío en sótanos. Se sabe que las piedras poseen una gran masa térmica y las piedras partidas facilitan mucho los intercambios de calor, por ello se aconseja llenar el sótano con cestos llenos de este material tan fácil de encontrar. Durante la noche, gracias a un ventilador se aspira el aire fresco de la noche y las piedras se enfrían. Durante el día, el mismo ventilador impulsa hacia arriba el aire fresco del sótano para refrescar la casa.

Las nuevas tecnologías de ventiladores, luces, bombas, colectores, etc combinadas con un adecuado diseño mecánico y de construcción pueden llegar a reducir el consumo de energía de nuestros edificios en un 90% y científicos de la talla de Amory Lovins estiman que este ahorro puede llegar a un 99%.

Los castores construyen sus madrigueras en medio de los embalses artificiales que ellos mismos fabrican haciendo presas con ramas. La entrada a la madriguera es subacuática por lo que construyen para ventilarla un conducto vertical de ventilación.

El tejón construye madrigueras grandes y cómodas de una profundidad de hasta 3 metros. A medida que aumenta la familia la madriguera se amplía con nuevas estancias unidas por galerías. Tiene varias salidas disimuladas entre rocas, matorrales o las raíces de los árboles. En ocasiones los tejones comparten madriguera con los zorros, que solamente la ocupan para dormir por la noche y cuando tienen crías.

La marmota habita en las frías montañas, por lo que forra el interior de la madriguera con heno y las salidas con tierra y hierba seca. De este modo consigue un refugio bien aislado del frío exterior para que sus crías se encuentren confortables. El aire que se cuele por las rendijas entre la hierba seca permite la ventilación necesaria.

## **6 Unidad Didáctica 6: Diseño del paisaje para control climático**

### **6.1 Introducción histórica**

---

Los albores del diseño del paisaje para control climático se pierden en la noche de los tiempos. La creación de pequeños terraplenes de tierra o vallas construidas con piedras para proteger las viviendas de los fríos vientos data del neolítico.

Tampoco se conoce con exactitud el momento en el que los primeros agricultores que plantaban hortalizas al lado de sus casas, sembraron semillas de especies no comestibles para disfrutar de su sombra o sus flores. Parece claro que la modificación del entorno de las viviendas con finalidad climática y ornamental data de tiempos prehistóricos. Un arte practicado durante milenios, que últimamente hemos dejado un tanto olvidado en nuestras construcciones populares en occidente.

Especies antiquísimas de árboles, como el ginko biloba, que desaparecieron de su entorno natural hace milenios, sobrevivieron en los jardines chinos y japoneses que los siguieron cultivando por su belleza y sus propiedades medicinales.

Aunque he leído en alguna publicación que las normas del “Feng Shui” datan del siglo XVIII, se estima que la antigua tradición paisajística taoísta data de hace 5.000 años. El jardín era un lugar de paz y equilibrio, en el que los estudiosos, los nobles o los guerreros hallaban reposo y se encontraban en armonía con la naturaleza.

Esta tradición paisajista China pasó a Corea y en el siglo VII a Japón. Se sabe que en este país ya se cultivaban jardines antes de la influencia china. Incluso existían con anterioridad jardines de arena, piedra y agua (kare-san-sui).

La cultura paisajística japonesa es sin duda la más sofisticada que hay actualmente en el mundo. En ningún otro lugar se cultivan con especial esmero raras especies de musgo para tapizar el terreno o se barren a diario los fondos de los arroyos con escobas de juncos para que los cantos rodados proyecten juegos de luces y sombras al incidir en ellos la luz del Sol.

Su diseño del paisaje llega más allá que crear barreras al viento o controlar la radiación solar. Los jardines zen son la expresión profunda de la filosofía zen. Están pensados para inducir estados de relajación y contemplación silenciosa y en último término, para crear un entorno favorable a la experiencia de la iluminación. Esta afirmación de los propios maestros zen creadores de jardines pueden hacer sonreír a más de un occidental que nunca ha pisado un auténtico jardín zen, pero es tan aventurado rechazar lo que se desconoce como crearlo a pies juntillas.

El paisaje que rodea un edificio puede modificarse buscando protección frente al viento, los ruidos y el sol implacable del verano. Esto es perfectamente compatible con la creación de un entorno agradable donde podamos relajarnos. Nuestro cuerpo y nuestra mente se recuperarán mucho mejor después de la jornada laboral descansando en estrecho contacto con la naturaleza.

El exterior de la vivienda debería ser una prolongación de la misma, una estancia más en la que desarrollar otras actividades como pasear, tomar el sol o disfrutar de la naturaleza.

El clima, el suelo, las plantas y los animalillos del campo forman ecosistemas relacionados y se puede integrar la vivienda en este entorno formando una unidad armónica en la que todos saldríamos beneficiados.

Podemos proteger el terreno de la erosión, plantar arbustos cuyas bayas alimenten a los pájaros y despertarnos por la mañana oyendo sus cantos. Se puede diseñar una pequeña charca para que algunas especies en peligro de extinción como las ranas, puedan sobrevivir, podemos destinar espacios de la parcela donde crezcan plantas autóctonas amenazadas, etc.

## **6.2 Análisis previo**

---

El diseño del paisaje para control climático parte del análisis del entorno, tema que ya hemos visto en la unidad didáctica 1. A continuación se estudian las modificaciones que el paisaje natural ha de experimentar para transformarse en un entorno confortable desde el punto de vista climático.

En la unidad didáctica 1 vimos el modo de hacer un croquis en el que quedaban reflejados los accidentes topográficos y demás elementos del paisaje. Basándonos en dicho croquis, podemos enumerar los puntos a tener en cuenta a la hora de plantear el diseño del entorno para crear microclimas favorables desde el punto de vista climático. Son estos:

### **6.2.1 Topografía del terreno**

Tomaremos datos de la altitud, pendiente del terreno, desniveles y otros accidentes geográficos como fallas, masas rocosas, terrenos de graveras o arenosos, etc.

### **6.2.2 Alrededores**

Esta toma de datos ha de referirse también a los lindes del terreno, tomando anotaciones de montes, ríos o mares cercanos u otros accidentes topográficos relevantes. Debe anotarse también la dirección en la que se encuentran las vistas más hermosas y aquellas que no resulten gratas.

### **6.2.3 Agua**

Se analizará la presencia de cursos de agua, ríos o arroyos, charcas, lagos, pozos, etc. y la flora y fauna asociadas a ellos.

### **6.2.4 Radiación solar**

En la configuración de un microclima confortable juega un papel fundamental la regulación óptima de la radiación solar. Por ello se deben anotar todos los elementos que proyecten sombra sobre la parcela: edificaciones cercanas, arbolado, montes cercanos, etc.

En este caso, conviene saber sobre todo qué elementos, a qué hora del día y en qué zona de la parcela proyectan sombra en invierno, para no obstaculizar la captación solar del edificio.

### **6.2.5 Viento**

Debemos conocer la dirección de los vientos fríos dominantes en invierno y de las brisas frescas de verano, así como su intensidad para poder hacer una estimación del espesor de las barreras cortavientos necesarias.

### **6.2.6 Contaminación**

Es importante señalar la dirección en que se encuentran los elementos de contaminación sonora, como carreteras, vías de tren u otros focos de ruido. Debe anotarse la proximidad de otros elementos contaminantes, como industrias, vertederos y focos de malos olores, por ejemplo explotaciones agropecuarias y también la presencia de líneas de tendido eléctrico, transformadores y elementos de perturbación geomagnética.

### **6.2.7 Vegetación existente**

Se anotará la situación de las zonas despejadas, de las masas boscosas, del tipo de arbolado y densidad del follaje. Es importante el hecho de que los árboles sean de hoja perenne o caduca por la barrera que suponen al paso de la radiación solar.

Se debe también observar la presencia de especies protegidas que deben ser conservadas y de otras plantas o árboles singulares que sería conveniente preservar.

Una vez hecho este análisis se estará en condiciones de proyectar las modificaciones que ese entorno particular requiere para la creación de los microclimas más favorables desde el punto de vista climático y acordes con los gustos de los futuros usuarios.

### **6.3 Modificación del entorno**

---

El espacio interior de la vivienda debe encontrar continuidad al acceder al exterior. Este tránsito puede hacerse de forma gradual a través de espacios intermedios como porches, galerías o invernaderos.

Algunos diseñadores de paisajes llegan a expresar esta continuidad comparando las superficies interiores con el espacio exterior: el pavimento de la casa tendría su continuidad en el césped, el techo en las ramas de los árboles, las paredes en los setos y arbustos y el mobiliario en las masas rocosas.

Sin entrar en estas cuestiones filosóficas, sí se puede plantear la modificación del paisaje como una ampliación del confortable microclima de la vivienda al exterior. La regulación de la temperatura, velocidad del aire y humedad no pueden ser las mismas, pero sí se pueden lograr espacios con parámetros climáticos muy benignos donde desarrollar actividades al aire libre.

Las finalidades últimas son dos. La primera lograr un importante ahorro energético. Una eficaz barrera cortavientos reducirá considerablemente los consumos de calefacción y un control eficaz de la radiación solar ahorrará gastos de calefacción en invierno y de refrigeración en verano.

La segunda finalidad que debe ir pareja con la anterior es conseguir en el exterior de la vivienda espacios confortables no solo desde el punto de vista climático, sino también estético y psicológico, espacios donde relajarse y realizar actividades al aire libre.

Intentando lograr la síntesis de estas dos finalidades, autores como Burle Marx defienden los diseños curvos y asimétricos. Las esquinas son lugares donde el viento hace remolinos y psicológicamente producen a nivel inconsciente una sensación de "disconfort".

Desde este punto de partida analizaremos a continuación las actuaciones que pueden ejercerse sobre el espacio exterior para intentar lograr estos objetivos.

#### **6.3.1 Modificación de la topografía**

La forma del terreno afecta directamente al curso de los vientos y a la temperatura en torno al edificio. Los cambios en la morfología del terreno pueden modificar el recorrido de las brisas y pueden alejar los vientos fríos de la vivienda. ([Ver lámina 1](#))

## MODIFICACIÓN DEL ENTORNO LA TOPOGRAFÍA



**Eliminación de obstáculos a la luz solar**



árboles de hoja caduca  
en la fachada sur

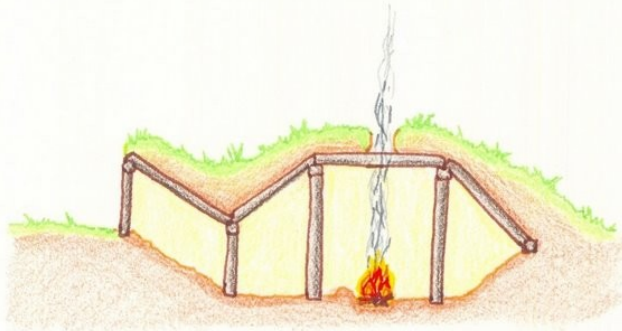
barrera cortavientos  
hecha con piedras, tierra y plantas  
en capas superpuestas

**Barreras cortavientos**

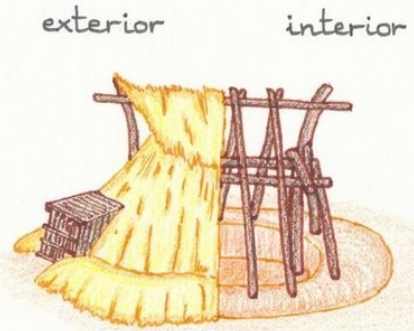


**Diseño del entorno como un conjunto armónico**

## CASAS ENTERRADAS Y SEMIENTERRADAS

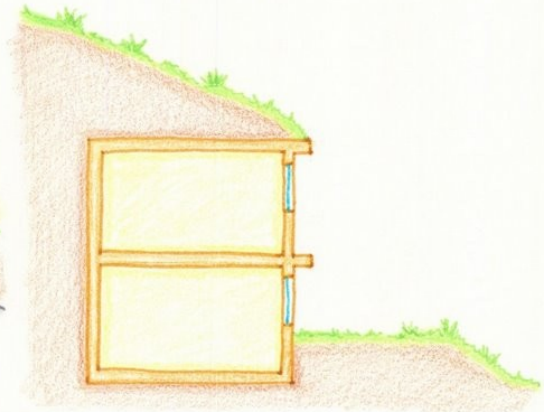
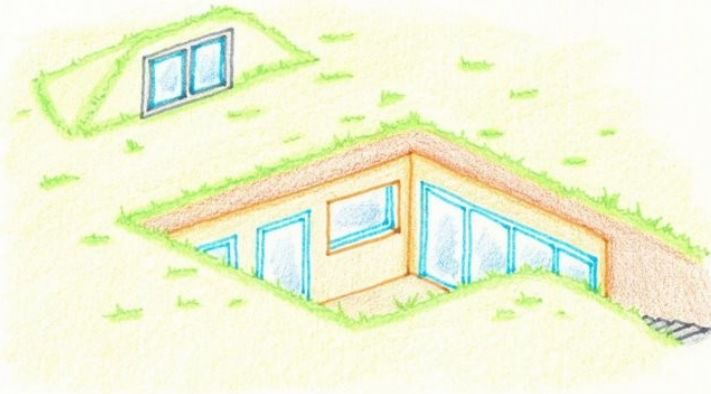


Vivienda india. California. S. VI

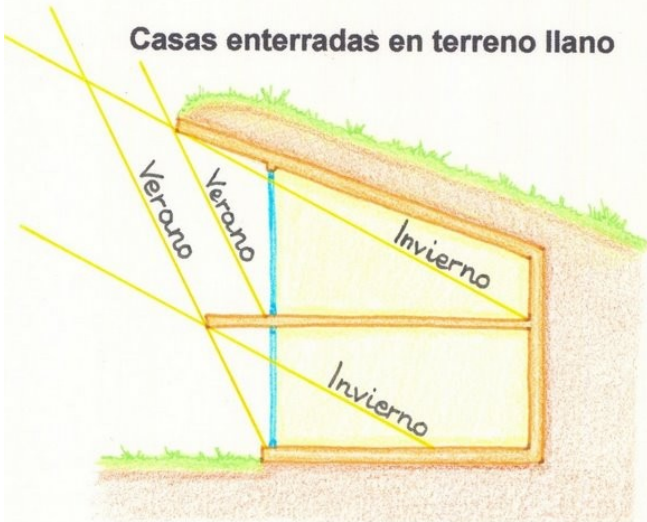


Vivienda en fosa, neolítico.  
Periodo Jōmon - Japón

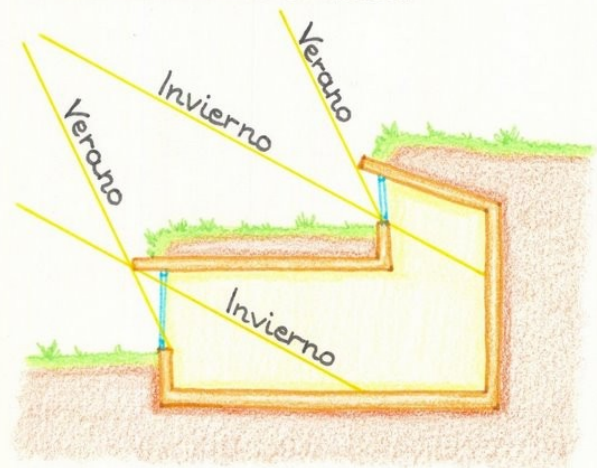
### Casas tradicionales enterradas y semienterradas



### Casas enterradas en terreno llano



### Casas enterradas en ladera



### Aprovechamiento de la radiación solar en casas enterradas

El movimiento de tierras permite hacer barreras frente al viento, los ruidos o las vistas no deseadas.

El terreno puede modificarse, bien terraplenando o bien vaciando para:

- Eliminar obstáculos a la radiación solar
- Hacer montículos que actúen como barreras cortavientos
- Diseñar un entorno de rocas, pequeños arroyuelos con cascadas, montículos, etc. en el que la vivienda y sus anexos formen un conjunto armónico salpicado de pequeños paisajes
- Hacer casas enterradas o semienterradas (Ver lámina 2)

Las viviendas enterradas y semienterradas datan del neolítico. China, Japón, Turquía, regiones árticas o la región de Colorado son ejemplo de ello y dentro de España hay en la actualidad viviendas trogloditas en zonas tan dispares como Canarias, La Rioja o Andalucía.

Las fluctuaciones de temperatura al aire libre pueden ser bastante rápidas, dependiendo de la climatología del lugar. Sin embargo estos cambios bruscos no ocurren unos metros bajo tierra.

La temperatura del terreno va aumentando paulatinamente durante los meses que van de abril a agosto. En septiembre comienza un lento enfriamiento hasta marzo. Esto se debe a la gran masa térmica de la tierra que hace que tarde mucho tiempo en calentarse y mucho tiempo en enfriarse. Una vivienda enterrada o semienterrada no padece los cambios bruscos de temperatura del exterior.

En las viviendas construidas sobre el nivel del terreno la mayor parte del gasto en calefacción se pierde hacia el exterior, bien a través de los muros, o bien a través del aire que se cuele por las rendijas. En las construcciones enterradas apenas hay pérdidas por infiltración y el calor pasa al terreno, donde se almacena.

Una vivienda enterrada no tendrá problemas de heladas, no se helarán sus tuberías. En el caso de un corte en el suministro de energía, la temperatura de la vivienda no descenderá bruscamente y continuará durante bastantes días a niveles confortables. Durante bastante tiempo el terreno irá cediendo a la vivienda el calor que recibió de ella.

Una vivienda enterrada será más cálida en invierno y hará innecesario el gasto de refrigeración en verano. En una casa enterrada o semienterrada, el gasto en climatización pasa de ser una cuestión de supervivencia a una cuestión de confort.

En un terreno llano y árido, excavar un patio donde ubicar la vivienda permite protegerla de un entorno agresivo con cambios bruscos de temperatura al colocarla bajo el nivel circundante. En terrenos inclinados pueden construirse fácilmente viviendas semienterradas con dos plantas, lográndose un importante ahorro energético. En regiones de pluviosidad alta se hace necesario un drenaje eficiente e impermeabilización de las paredes en contacto con el terreno.

Una casa enterrada o semienterrada debe completarse con una cubierta de tierra, ya que es un elemento constructivo a través del cual se pierde mucho calor. La eficacia térmica de este tipo de cubierta

se ve mejorada plantando vegetación sobre ella. Este tipo de cubierta se ha hecho desde hace siglos en las construcciones tradicionales de los países escandinavos.

Estudios realizados por Kusuda sobre mediciones de temperatura realizadas en verano dieron temperaturas que nunca sobrepasaron los 40ª C. en una cubierta de hierba y que llegaron a 60º C. en una superficie asfaltada cuando la temperatura exterior era de 32º C.

### **6.3.2 Modificación del entorno para paliar la influencia de las masas de agua**

Las grandes masas de agua como mares y océanos actúan como reguladores térmicos. En sus proximidades las temperaturas son más estables.

A la par generan brisas tierra-mar y mar-tierra de periodicidad diaria. Estas brisas pueden ser útiles desde el punto de vista climático, especialmente en climas cálidos donde resulta refrescante exponer la vivienda a estas corrientes de aire.

Los mares, además pueden traer vientos marinos cargados de humedad, baste recordar los temporales que azotan, especialmente en otoño, las costas gallegas. En estos casos conviene proteger los edificios con barreras cortavientos. (Ver lámina 3).

Los ríos que circulan por el fondo de los valles atraen masas de aire frío que ocasionan nieblas. Esta zona, cargada de humedad, permite que se desarrollen cómodamente muchas especies de plantas y musgos. Además los valles pueden estar azotados por corrientes diurnas.

En los valles será conveniente colocar el edificio en una zona más alta, en vez de en el fondo y diseñar un jardín rico en especies vegetales aprovechando la presencia del curso de agua. La vegetación protegerá la vivienda de los vientos.

Si está permitido, se puede encauzar una pequeña cantidad de agua para diseñar un espacio en el que circule el arroyuelo entre rocalla, creando pequeñas cascadas entre la vegetación. Pronto crecerá el musgo sobre las piedras. También se puede disponer un remanso para favorecer el desarrollo de anfibios y facilitar que beban las aves.

Es importante “salpicar” este tipo de espacios con coníferas para que no quede desprotegido en invierno, ya que plantar solamente árboles de hoja caduca enfriaría aún más el ambiente. Esto permite a la vez disfrutar de una variedad de colorido mucho más amplia, especialmente en otoño.

## MODIFICACIÓN DEL ENTORNO EL AGUA



**Influencia de los océanos**

**Influencia de los ríos**



**Uso climático del agua  
en climas cálidos y secos**



**Alejar el agua  
en climas cálidos y húmedos**

En climas cálidos y secos conviene instalar una masa de agua en la dirección del viento dominante. El aire seco se enfriará y llegará a la vivienda más fresco y húmedo. En un clima húmedo no sería conveniente porque la presencia de agua incrementa el grado de humedad ambiental.

La arquitectura árabe ha utilizado tradicionalmente el agua como elemento de control climático. En los patios y jardines árabes suelen colocarse fuentes para refrescar el ambiente, baste recordar los bellos ejemplos de la Alhambra de Granada y el Generalife. También se debe tener en cuenta que la superficie del agua refleja el sonido y la luz.

En general puede decirse que el agua conviene añadirla en climas cálidos y secos, eliminarla en los cálidos y húmedos y utilizarla en los templados, donde puede jugarse con ella creando pequeños microclimas y espacios diversos en torno a la casa. Es un arte que se practica hace siglos en los jardines de Japón. En occidente la casa Kaufmann (casa de la cascada) que realizó Frank Lloyd Wright, es un ejemplo maravilloso de cómo pueden armonizarse vivienda y paisaje para crear una obra maestra. (Ver lámina 4).

### **6.3.3 Modificación del entorno para paliar la contaminación**

No siempre es posible evitar que la contaminación llegue a la vivienda porque el mejor método sería evitarla en su origen.

En la unidad didáctica 1 hemos mencionado cómo puede paliarse la contaminación de tipo electromagnético utilizando el agua. Unos aspersores pueden neutralizar la ionización del aire causada por tendidos eléctricos o transformadores.

El sonido puede frenarse con barreras vegetales (Ver lámina 5), barreras prefabricadas o barreras formadas por la combinación de muros y masa vegetal. Este último tipo resulta muy eficaz al combinar el aislamiento acústico proporcionado por la masa del muro combinado con la absorción de la masa vegetal.

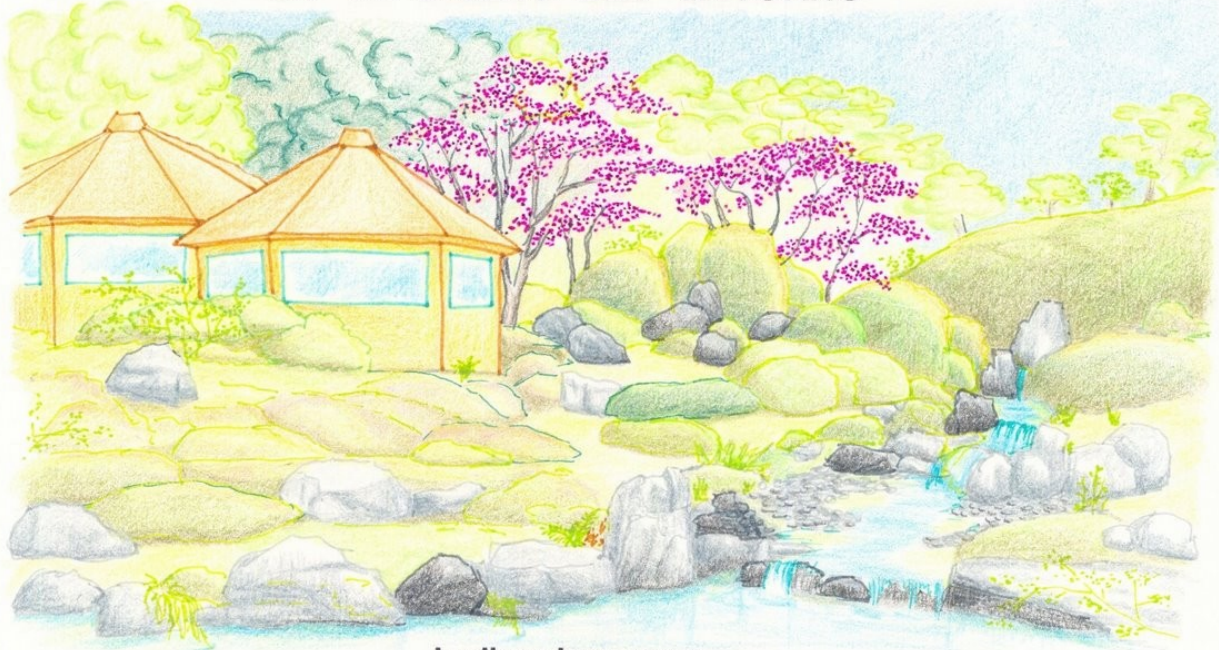
### **6.3.4 Modificaciones de la incidencia la radiación solar**

Ya hemos citado con anterioridad que puede controlarse la radiación solar que incida en la vivienda plantando árboles de hoja caduca en sus proximidades, en especial en la fachada sur. Veremos ahora otros aspectos.

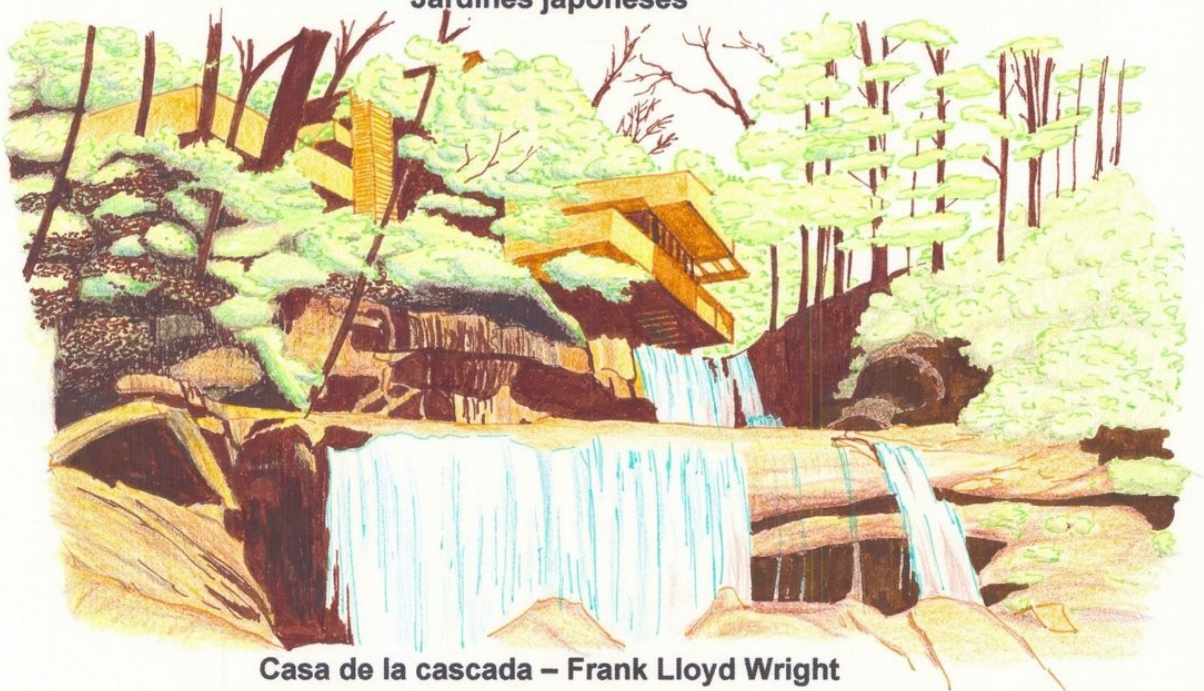
La radiación solar puede ser absorbida por los materiales o reflejada. Ambas cosas pueden ser utilizables desde el punto de vista climático.

Pavimentos y muros de color oscuro situados en el exterior de la vivienda, absorberán y almacenarán el calor del sol, especialmente si están protegidos del viento. Pueden crearse espacios muy agradables para disfrutarse en invierno, pero debe tenerse la precaución de colocar un árbol de hoja caduca en la dirección de los rayos del Sol en verano. Si no se hace así puede convertirse el pequeño rincón en un horno.

## UTILIZACIÓN DEL AGUA EN EL DISEÑO DEL ENTORNO



**Jardines japoneses**



**Casa de la cascada – Frank Lloyd Wright**

**Casa Kaufmann. Bear Run (Pensilvania). 1936**

En cuanto al aprovechamiento de la luz solar reflejada, puede ser útil en zonas especialmente lluviosas o que estén nubladas con mucha frecuencia durante el invierno. En estos casos puede ser conveniente paliar la falta de luz solar haciendo que la luz que incida en los alrededores de la vivienda se refleje hacia ella.

La luz solar se refleja muy bien en las masas de agua y en superficies claras. En los jardines zen es muy frecuente disponer un espacio de gravilla blanca situado muy cerca del edificio. Este espacio tiene la doble finalidad de crear un entorno meditativo y a la vez reflejar la radiación solar. Japón es un país lleno de bosques y muy lluvioso. En gran parte del país el cielo está nublado muchos días de invierno. La gravilla blanca ofrece un espacio de claridad que además refleja la escasa radiación solar y la proyecta dentro del edificio. Debe limpiarse con frecuencia para eliminar las hojas o hierbas.

Debe tenerse en cuenta que al llegar el verano, la radiación solar va a seguir reflejándose de igual manera y puede resultar molesta. Por ello conviene colocar en su trayecto algún arbusto de hoja caduca, persianas o estores para evitar que entre la luz en la vivienda y ocasione deslumbramientos.

### **6.3.5 Modificación del curso de los vientos**

Analizado el lugar se conocerá el recorrido de los vientos dominantes. Sólo se aconseja edificar en lo alto de las colinas en climas cálidos y húmedos. Deben evitarse las cimas, el fondo de los valles y zonas abiertas.

Si no hay zonas en calma, pueden diseñarse barreras cortavientos para proporcionar a la vivienda un entorno en calma y minimizar las pérdidas de calor por convección y las infiltraciones de aire. En la lámina 4 puede apreciarse la relación entre la forma de una barrera y la zona protegida.

Cuando se desea frenar los vientos de invierno y favorecer el acceso a la vivienda de las brisas de verano, hay que observar en primer lugar si provienen o no de la misma dirección. Una vez conocidos los recorridos del aire se puede conseguir una barrera a los vientos fríos de invierno y canalizar las brisas de verano con una adecuada disposición de setos o árboles de hoja caduca y perenne. (Ver lámina 5)

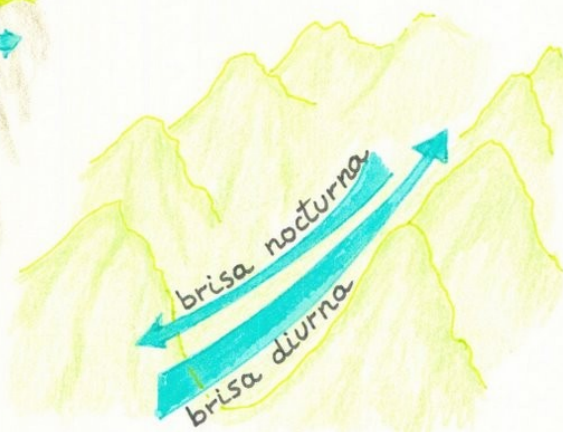
También es posible canalizar los vientos con muros. Hay que tener en cuenta que los muros producen turbulencias y remolinos de aire mientras que las barreras vegetales no las provocan y proporcionan mayor espacio en calma.

Los muros pueden emplearse conjuntamente con la vegetación. En diseño de jardines son conocidas las llamadas paredes Rudofsky. Según este diseñador los muros son un elemento de estabilidad en medio de la vegetación siempre cambiante. Deben tener color claro y brillante para crear juegos de luces y sombras con la vegetación. Las paredes Rudofsky protegen a las plantas

## MODIFICACIONES DEL ENTORNO EL VIENTO



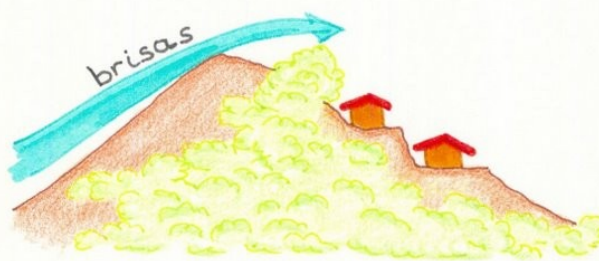
Circulación de las brisas costeras



Circulación del aire en el valle



Climas cálidos y húmedos:  
aprovechamiento de las brisas



Climas fríos y templados:  
protección de los vientos

del viento y originan una ordenación del espacio. También son útiles para crear una barrera visual frente a vistas no deseadas.

Cuando se emplean muros sólidos como pantallas cortavientos hay que tener en cuenta que originan turbulencias tras ellos, lo que disminuye su eficacia, por ello da mejores resultados colocar un seto vegetal delante del muro para absorberlas.

### **6.3.6 Modificaciones de la vegetación**

El análisis de los efectos que la vegetación origina en el entorno edificatorio es complejo dada la complejidad de los elementos que la componen. Los arquitectos paisajistas se valen a menudo de una herramienta llamada heliodón para situar la vegetación y otros anexos o edificaciones auxiliares alrededor de la vivienda.

Un heliodón es una máquina solar de muy fácil construcción que permite observar sobre una maqueta la extensión de las sombras y la penetración lumínica a cualquier hora del día y época del año en una latitud particular. Se comprende que es una herramienta muy útil para distribuir la disposición de la vegetación en torno a la casa y crear espacios de diferente grado de insolación en torno a ella.

La construcción de un heliodón en clase puede ser un ejercicio excelente. En el apartado de actividades del libro del profesor se hace referencia a dos libros en los que se explica con detalle cómo construirlo. No me ha parecido oportuno añadir mi propia versión porque no iba a mejorar lo ya publicado. Las dos versiones propuestas son diferentes y sencillas de realizar. El profesor puede decidirse por una u otra, cualquiera de ellas resulta didáctica y esclarecedora.

La vegetación ofrece muchas posibilidades de modificar el entorno y no solamente el clima del mismo. Expresado en forma esquemática, la vegetación puede utilizarse para:

- Crear barreras cortavientos. Suelen necesitar esta protección las fachadas norte y oeste.
- Dirigir las brisas hacia un determinado espacio
- Controlar los movimientos de la nieve con setos plantados estratégicamente
- Controlar la erosión, afirmar y consolidar taludes
- Crear barreras acústicas
- Crear barreras visuales
- Controlar la radiación solar con el empleo de especies de hoja caduca o perenne según desee sombra de tipo permanente o sólo en verano. Suelen necesitar protección de la radiación solar las fachadas sur, este y oeste, especialmente la oeste en verano.
- Reducir el resplandor y la luz reflejada

- Ahorrar energía. Un estudio de la Universidad de Minnesota realizado para la agencia energética sobre dos viviendas idénticas, demostró que una de ellas, protegida por vegetación en las fachadas norte, este y oeste gastó un 40% de combustible menos que la otra.
- Crear espacios armónicos y relajantes
- Absorber el polvo ambiental, las hojas absorben el polvo, actúan como filtros de aire
- Oxigenar el aire y humidificarlo
- Controlar la evaporación del agua contenida en el terreno
- Marcar las zonas de circulación, crear divisiones de espacios e indicar direcciones.
- Crear microclimas

Estudios realizados por Rudolf Geiger han analizado mezclas de árboles para conseguir microclimas cálidos en invierno y frescos en verano. Un bosque mixto de robles, álamos y abetos cumple estos objetivos. Esta combinación sombrea el suelo en un 70%. Las hojas de los caducifolios al caer crea un manto de hojas que aísla el terreno del calor y el frío, lo que beneficia a los microorganismos.

Es un error plantar arbustos cerca de la casa. Evitan la penetración de brisas y consecuentemente el enfriamiento por evaporación muy útil en verano. Esto conlleva la elevación de la temperatura y humedad ambiental. Otro riesgo añadido es que algunas especies de arbustos tienen raíces profundas y potentes que pueden dañar los cimientos de la casa.

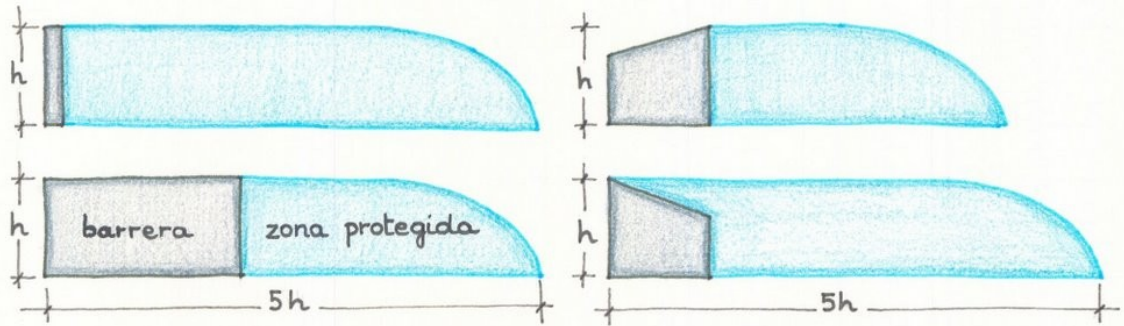
En los alrededores de la vivienda es aconsejable plantar árboles de hoja caduca y hierba. Las hojas de los árboles y el césped absorben la radiación solar. El césped segado sombrea el suelo, protege a los microorganismos de la radiación calorífica y la evaporación refresca el ambiente. En invierno la hoja caduca cae y el calor del sol calienta el suelo. El césped crea una capa aislante que lo protege.

En climas fríos conviene poner plantas de hojas delgadas que dejen pasar la luz y el calor.

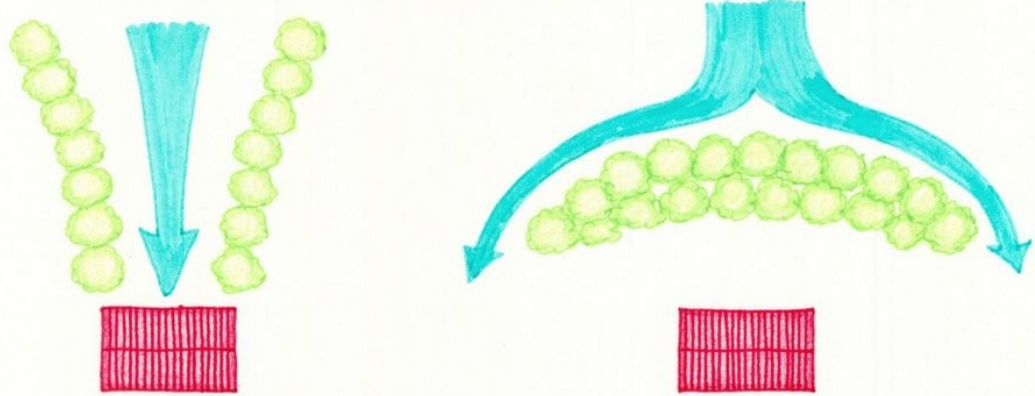
Las zonas calurosas y secas suelen tener vegetación escasa y monótona, con predominio de los colores grisáceos o marrones verdosos. En estos casos conviene incluir alguna planta verde de hojas brillantes, grandes y gruesas que aportará humedad al ambiente.

Por el contrario en los climas muy húmedos las plantas suelen tener colores oscuros y densos que pueden crear un clima opresivo. El color oscuro de las plantas potencia la oscuridad de los días nubosos, por lo que es conveniente incluir otras plantas de color verde claro.

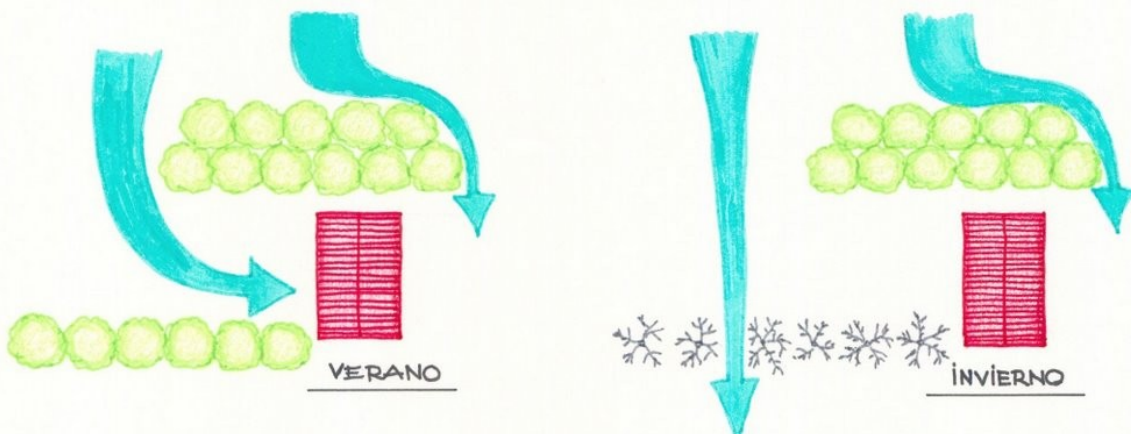
## MODIFICACIÓN DEL ENTORNO BARRERAS



Relación entre la forma de una barrera y la zona protegida del viento

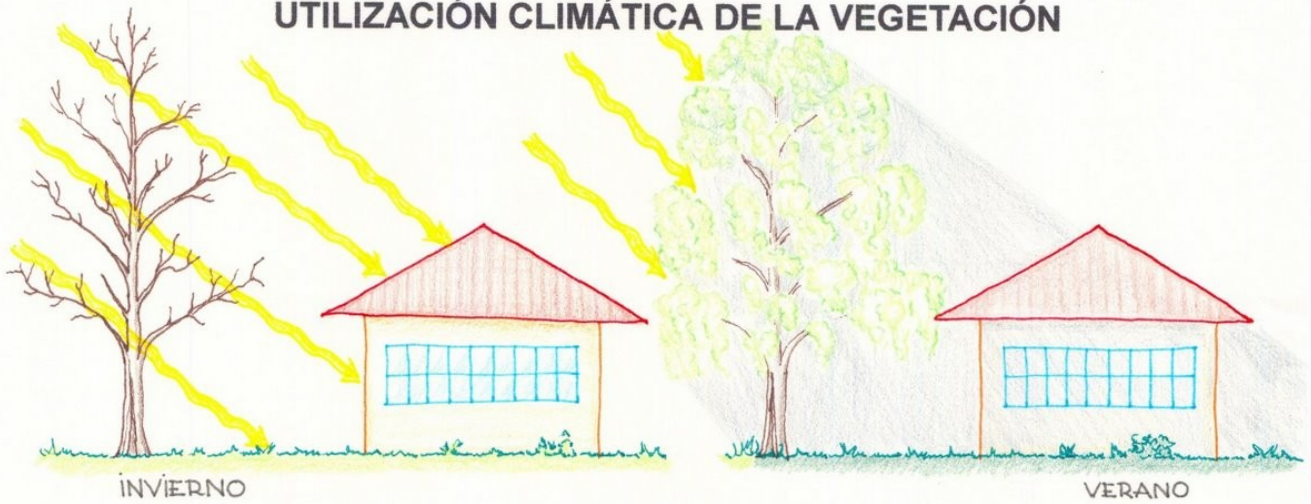


Canalización de brisas en verano Barreras cortavientos en invierno



Combinación de árboles de hoja caduca y perenne para canalizar brisas y frenar los vientos invernales

## UTILIZACIÓN CLIMÁTICA DE LA VEGETACIÓN



### Como reguladora de la radiación solar



### Como barrera frente al viento



### Como barrera acústica

Pueden utilizarse plantas trepadoras de hoja caduca, como las parras, adosadas a la fachada sur para regular la radiación solar. Otra posibilidad es utilizar trepadoras de hoja perenne sobre la fachada norte para aislarla del frío, como las hiedras, ya que crean una cámara de aire detrás de las hojas. En este caso no debe permitirse crecer la planta directamente sobre la pared, sino facilitarle un enrejado a unos 10 cm. de distancia para que trepe por él. Deben podarse y no emplearlas sobre muros de ladrillo porque las raíces pueden penetrar en las juntas y dañar la pared.

Las ramas y hojas de los árboles actúan como una pantalla de difracción de la radiación solar y modifican la intensidad y dirección de los vientos que circulan a su través

La elección del tipo de árboles depende del tipo de terreno, de la situación, del área que se desea sombrear o proteger y de la finalidad de la plantación, es decir, si se desea hacer una barrera frente al viento, los ruidos o crear un determinado microclima.

La variedad de los árboles se elegirá atendiendo al tipo de ramaje, denso o ligero que dará su utilidad a la hora de crear pantallas y a la extensión y forma de su copa que nos dará la calidad de su sombra. El objetivo será diseñar microclimas confortables que resulten estéticamente agradables.

En el anexo he incluido un trabajo original sobre clasificación de árboles, arbustos y trepadoras para control climático. En algún texto he encontrado alguna referencia a variedades susceptibles de ser utilizadas como barreras cortavientos o setos decorativos. La originalidad de este trabajo radica en la gran cantidad de información que ofrece.

Consta de varias clasificaciones. Se ha incluido un apartado de plantas para climas expuestos y otra de plantas marítimas (de costa).

Las plantas están clasificadas según su utilidad, según el tipo de sombra, según sean de hoja caduca o perenne, según la altura que alcanza un ejemplar de tamaño medio en nuestras latitudes, según la forma de su copa y dimensiones (altura y diámetro) y se hace referencia al tipo de crecimiento, lento o rápido, tipo de suelo y a otros datos de interés.

Estas clasificaciones permiten encontrar muy fácilmente la variedad de árbol que se precisa para cada necesidad concreta y serán muy útiles al profesor a la hora de resolver cuestiones planteadas por los alumnos. También permiten la ejecución de actividades concretas en las que los alumnos pueden diseñar la vegetación adecuada para un espacio determinado, proyectar barreras cortavientos, zonas de sombra, etc.

#### **6.4 Aplicación a la construcción bioclimática en Galicia**

---

Las modificaciones del entorno en la construcción bioclimática en Galicia irán encaminadas a lograr microclimas confortables en torno a la vivienda y afectarán a los siguientes apartados:

- Modificación de la topografía: los movimientos de tierra procurarán un montículo frente a la fachada norte y/o noroeste para proteger el edificio de los vientos fríos. La fachada sur debe quedar sin obstáculos para permitir un aprovechamiento máximo de la radiación solar. En un

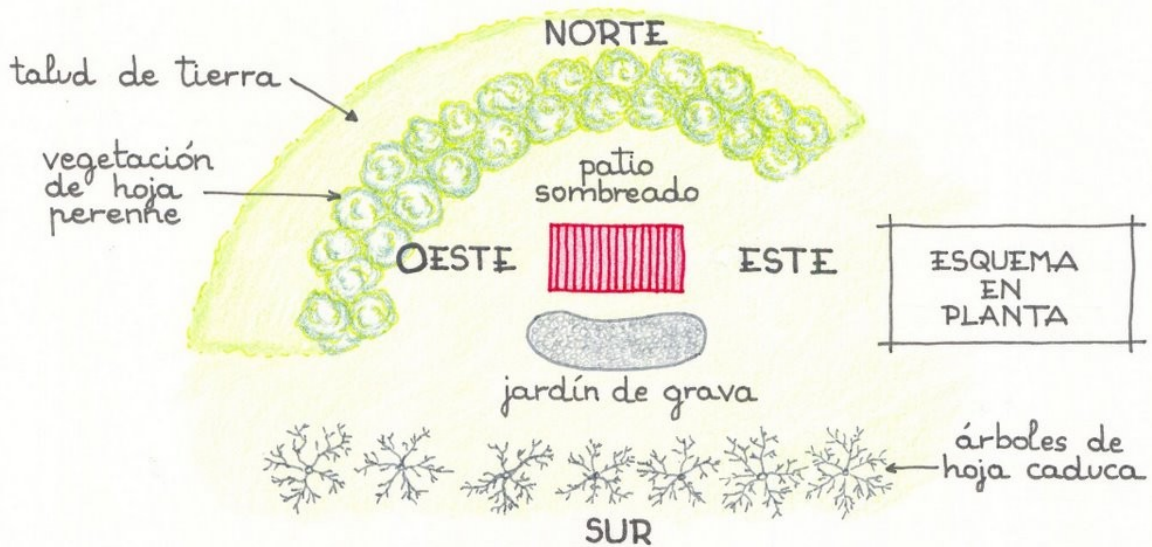
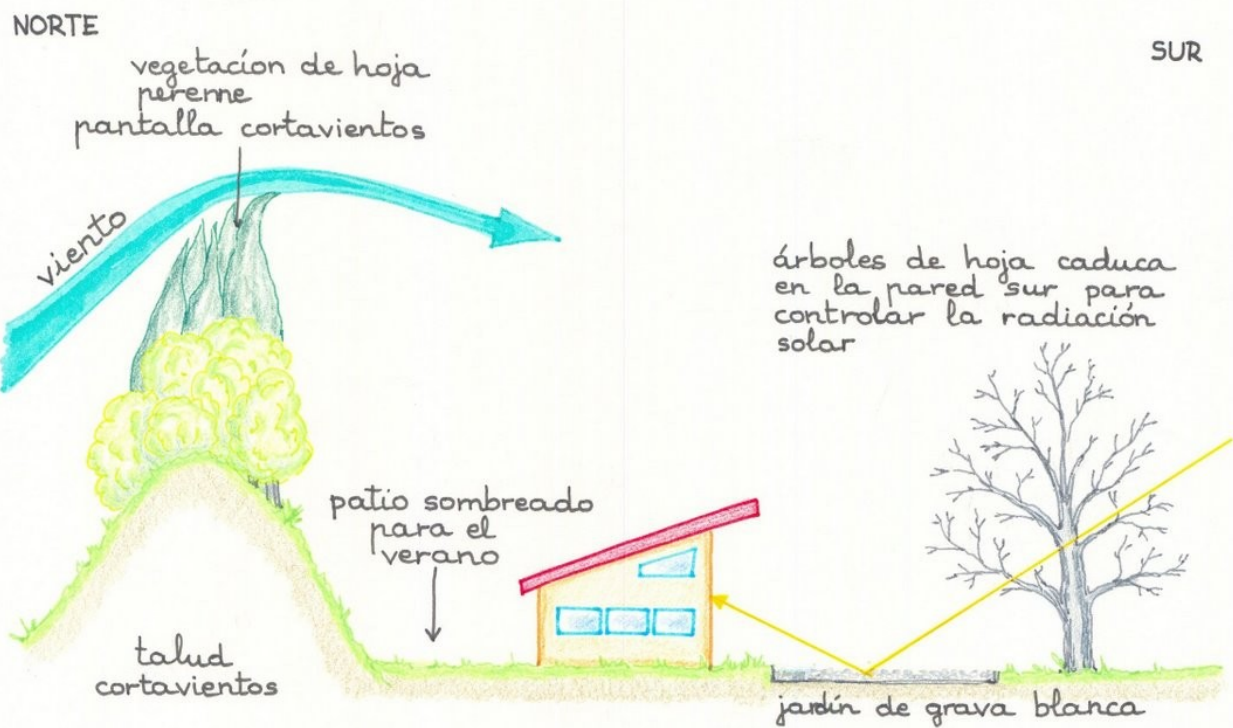
terreno inclinado, caso muy frecuente, puede aprovecharse un talud orientado al sur para colocar paneles solares fotovoltaicos y colectores para obtención de agua caliente.

- Agua: no conviene tener cursos o masas de agua muy cerca de la vivienda para que no humedezcan más el ambiente en invierno, pero sí es adecuada la ubicación de alguna pequeña fuente que ayude a refrescar el calor veraniego. Se pueden dirigir un pequeño curso de agua o regato para diseñar espacios relajantes con alguna charca y cascadas en algún lugar de la parcela, no demasiado cerca de la casa, aprovechando los desniveles que suele tener la orografía gallega. El clima y la vegetación gallegas son muy propicios para crear lugares llenos de encanto.
- Radiación solar: aprovecharla al máximo en invierno y evitar su incidencia directa en la vivienda en verano, utilizando los métodos ya mencionados. Puede ser útil en las zonas más lluviosas donde los días de invierno suelen estar nublados, la ubicación de un pequeño jardín de grava blanca cercano a la casa para que drene el agua y refleje la radiación solar. Hay que tener en cuenta que un jardín sin plantas exige cuidados semanales para eliminar las hojas o plantitas que crezcan espontáneamente.
- Creación de pantallas cortavientos y/o acústicas como ya se ha dicho
- Vegetación: pueden emplearse especies de hoja perenne para crear pantallas cortavientos, acústicas y para dirigir las brisas de verano como ya se ha explicado. También es posible utilizar plantas trepadoras para aislamiento de los muros exteriores. Galicia dispone de abundante agua y un clima templado que favorece el desarrollo de una gran variedad de especies vegetales. Esto permite plantar variedades muy diversas, lo que da mucho juego a la hora de diseñar un entorno. Para contrastar con los colores oscuros de pinos y grisáceos del eucalipto pueden colocarse “manchas” de especies cuyo color contraste con ellos, como enebros, arces o prunus. La orografía gallega está formada por rocas graníticas en una buena parte de su superficie con un manto de tierra vegetal muy pequeño sobre ella. Cuando este manto queda al descubierto, especialmente en laderas corre el riesgo de desaparecer. En estos casos conviene protegerlo plantando especies como la lavanda, el brezo o la madreSelva cuyas raíces sujetan los taludes.

En el apartado de material se incluyen varias clasificaciones de especies vegetales de las que ya hemos hablado. Algunas de ellas están especialmente pensadas para el territorio gallego, como plantas para terrenos medio-ácidos, plantas para barreras cortavientos y acústicas y plantas de costa.

## MODIFICACIÓN DEL ENTORNO

### Aplicación a la construcción bioclimática en Galicia



La lámina 7 de esta unidad didáctica presenta un dibujo esquemático que recoge las posibles modificaciones del entorno de una vivienda de nuestras latitudes para mejorar su buen funcionamiento climático y conseguir un apreciable ahorro energético.

## 6.5 Datos, curiosidades y anécdotas

---

Los primeros intentos de modificar el entorno de la vivienda de los que se tienen noticia datan de los jardines chinos construidos hace 5.000 años. No se sabe exactamente cuándo la construcción de jardines en China se impregnó del taoísmo y se enriqueció con su profunda carga de simbolismo. Así nació el feng shui. El feng shui describe el lugar ideal donde debe situarse la vivienda: en un lugar donde se unen el yin (lo femenino) y el yang (lo masculino). Debe situarse en el centro de un anfiteatro natural, un lugar a media ladera orientada al sur. Detrás de la casa, hacia el norte debe haber una alta montaña. Al oeste las colinas yin representadas por un tigre blanco y al este las colinas yang simbolizadas por un dragón azul. Frente a la casa, al sur debe contemplarse el paisaje abierto surcado por un río de aguas limpias que simboliza la abundancia y la riqueza. Si comparamos las normas del feng shui con las indicaciones que se han dado en la unidad didáctica 1 sobre la elección del lugar adecuado se verá que tienen muchos puntos de coincidencia.

Las casas de campo chinas se construyen en el centro de un jardín rodeado con una valla y las urbanas alrededor de un jardín interior. Las casas de las clases dominantes estaban rodeadas de auténticos paisajes artificiales que reproducían el simbolismo taoísta presente en el feng shui.

Cuando en el siglo XVII, el conocido maestro de té japonés Rikyu construyó su nueva casa, invitó a sus amigos a la ceremonia de inauguración del nuevo jardín y sala del té. La casa se encontraba sobre una colina frente al mar y todos esperaban que el maestro hubiese ordenado aquel entorno de modo que la preciosa vista del mar destacase de manera prioritaria. Quedaron muy perplejos al comprobar que una fila de árboles de hoja perenne tapaba la mejor vista y se resignaron sin comprender en absoluto el proceder de tan insigne maestro. Después de contemplar el jardín se encaminaron hacia la casa subiendo unos estrechos peldaños hasta el lavabo de piedra donde es obligado lavarse las manos antes de entrar en la casa de té. Debían inclinarse para recoger el agua y así agachados con el agua en sus manos, al elevar la vista se descubría el inmenso mar entre los árboles. De este modo era posible experimentar la unión del ser humano, el agua, el océano y la inmensidad.

Cada vez hay más arquitectos en la actualidad que diseñan el entorno del edificio con fines climáticos. A continuación veremos varios ejemplos muy recientes:

El estudio Line and Space ha construido en medio del desierto en Tucson, Arizona la residencia Hansen. Se ha hecho respetando la vegetación existente y se han diseñado dos microclimas exteriores enfriados mediante evaporación para eliminar la necesidad de refrigerar el interior y poder extender el uso de la vivienda al exterior. El agua de lluvia se recoge de la cubierta y se almacena en una cisterna. El agua gris de bañeras, duchas y lavabos se reutiliza para regar.

Brian Mackay-Lyons y el estudio Architecture Urban Design han construido una vivienda en Smelt Brook, en Nueva Escocia, Canadá. La forma de la casa es monolítica y está pensada para romper los vientos del oeste predominantes. Se ha diseñado un patio con su propio microclima detrás de las puertas de metal deslizantes por las que se accede a la casa.

La Oregon coast House construida por Obie G. Bowman Architects tiene forma aerodinámica para resistir los fuertes vientos de la zona que alcanzan hasta los 150 km. hora. Tiene un cortavientos de hormigón apuntalado con troncos.

Un ejemplo notable de respeto al entorno es la Summer House en Risør, Noruega, construida por el arquitecto C.V. Holmebakk. El diseño de esta casa se hizo respetando los troncos y las ramas de los árboles. Se levantaron más de 30 pilares y no se cortó ni una sola raíz. La casa se construyó sobre pilares de hormigón ajustables que pueden desplazarse para adaptarse al crecimiento de los árboles.

De todos los arquitectos occidentales, el que mejor ha sabido integrar el entorno y la casa ha sido Frank Lloyd Wright. Una de sus obras, la casa de la cascada está considerada como mejor muestra de la arquitectura del siglo XX. El magnate Kaufmann le encargó hacer una casa en el corazón de un bosque de Pensilvania desde donde pudiese contemplar una cascada.

En una orilla de la misma, Wright eligió una enorme piedra y sobre ella fijó la chimenea. En torno suyo surgieron los demás espacios y Kaufmann se encontró con una casa sobre la cascada. El agua entra en la casa y lame sus cimientos. Las ramas de los árboles invaden los espacios vacíos entre las terrazas que cuelgan sobre el agua. Wright nos regaló una obra maestra.

Otro pionero de la integración de la vivienda y el entorno fue el finlandés Alvar Aalto. En 1.958 obtuvo el primer premio en el concurso del proyecto de la ciudad residencial Kampementsbachén, aunque no llegó a construirse. En él se adaptaba la topografía de modo que la circulación rodada, accesos y garajes se pusiesen al norte, a una profundidad entre 3 y 6 metros debajo de las viviendas, para que los parques infantiles y zonas verdes no soportasen los ruidos del tráfico. Otros proyectos que fueron construidos también siguieron dichos principios, como las viviendas de Sunila que se orientaron al sur conservándose la vegetación de la vertiente norte. En la ciudad residencial de Bjoernholm en la costa sur de Finlandia modificó el entorno haciendo terraplenes que permitiesen recuperar espacios rodeados de lagunas para edificar. Las casas se sitúan en pendientes alrededor de las lagunas y alejadas de la carretera.

Una de las modificaciones del paisaje más curiosas que se están dando en la actualidad está surgiendo en mitad de Nueva York. En medio de un solar abandonado en el Lower East Side, en 1.973 nació una planta de tomate en completa soledad y sin los cuidados de nadie. La Madre Naturaleza hacía su trabajo en medio de la ciudad de los rascacielos. Una mujer, Liz Christy, reunió a un grupo de amigos para limpiar y acondicionar el terreno y cultivar otras hortalizas y plantas ornamentales. Otras personas se sumaron a la idea y surgieron las "Green Guerrillas". En la actualidad, gracias a esta iniciativa hay en la ciudad de Nueva York más de 700 jardines comunales donde se cultivan rosas, frutales y hortalizas. El movimiento ha tomado tal fuerza que muchos neoyorquinos han comenzado a acondicionar sus terrazas y azoteas para cultivar

especies ornamentales y comestibles. Se están realizando estudios científicos para evaluar la incidencia de estos cultivos en el clima de la ciudad.

## 7 Anexo: Árboles, arbustos y otras plantas de utilidad bioclimática, clasificados según características semejantes

### 7.1 Sobre este anexo

---

Este índice de plantas ha sido elaborado por José Tomás García Cabañas, exprofeso para este proyecto didáctico. Está basado en el libro “*Deodendron. Árboles y arbustos de jardín en clima templado*” de Rafael Chanes.

### 7.2 Setos

---

Agracejo <i>Berberis sp.</i>	Bajo. Hojas cobrizas. Moderada velocidad. Caduca.
Aligustre <i>Ligustrum ovalifolium</i>	Medio. Seto popular. Rápido. Pierde hojas.
Árbol de hierro <i>Metrosideros robusta</i>	Cierre alto en línea de costa. Leño duro y resistente.
Boj <i>Buxus sempervirens</i>	Bordura baja. Muy lento. Gallego.
Bonetero <i>Euonymus sp.</i>	Medio. Infinitas de variedades de bonetero japonés. R.
Ciprés <i>Cupressus sp.</i>	Cierre alto en jardines cercanos al mar.
Escalonia <i>Escallonia macrantha</i>	Bajo. Paredes tupidas, florece y hojas pequeñas.
Laurel <i>Laurus nobilis</i>	Alto. Admite podas drásticas y perfiles geométricos.
Lavanda o Espliego <i>Lavandula sp.</i>	Matorrales de crecimiento globoso. Cierre bajo.
Leylandi <i>Cupressocyparis leylandii</i>	Alto. Híbrido de un ciprés, cada 1-2 m. Rápido.
Olivilla <i>Teucrium fruticans</i>	Bajo. Vegetación muy densa. Rápido. Flores malvas.
Pitosporo <i>Pittosporum tobira</i>	Bajo. Admite en línea de costa. Flor de olor.

### 7.3 Trepadoras

---

Actinidia <i>Actinidia kolomikta</i>	Trepadora caducifolia de buen follaje decorativo.
Buganvilla <i>Bougainvillea glabra</i>	Brácteas vistosas de origen tropical, en las pérgolas. P
Campsis <i>Campsis radicans</i>	Flores trompetitas en verano, regiones de clima suave.
Capuchina <i>Tropaeolum majus</i>	Vivaz en arriates o para cubrir pequeños muros.
Clemátide <i>Clematis sp.</i>	Semitrepadoras caducifolias con flores grandes.
Dulcamara <i>Solanum album</i>	Tallos sarmentosos y sus flores como las patatas. P.
Enredadera de Virg <i>Parthenocissus sp.</i>	Cubren muros con foliares en otoño en tonos rojizos. C

Esparraguera <i>Asparagus acutifolius</i>	En climas suaves son ramajes delicados perennes.
Flor de pasión <i>Pasiflora caerulea</i>	Tallos con zarcillos, flores exóticas en otoño. P.
Glicina <i>Wisteria floribunda</i>	Floraciones bellas de su rápido crecimiento. C.
Hiedra <i>Hedera sp.</i>	Raíces en los nudos y cubiertos de hojas. P.
Ipomea <i>Ipomoea tricolor</i>	Floraciones del verano; vive en todos los terrenos. C.
Jazmín de verano <i>Jasminum officinale</i>	Propia de zonas calurosas y flores perfumadas. P.
Jazmín de invierno <i>J. nudiflorum</i>	Llamativa floración invernal en tono amarillo. P.
Madreselva <i>Lonicera sp.</i>	Semiperenne, vigoroso crecimiento y aroma de flores.
Vid <i>Vitis vinifera</i>	Trepadora leñosa de hasta 30 m con hojas caducas.

## 7.4 Árboles para pantallas acústicas y cortavientos

(C = caducifolia P = perenne R = crecimiento rápido M = c. medio L = c. lento f = follaje)

Álamo temblón <i>Populus tremula</i>	C	ovalado	R	f distribuido	25 x 8 m
Almez <i>Celtis australis</i>	C	esférica	M	f denso	14 x 12 m
Aliso <i>Alnus glutinosa</i>	C	cónica	R	f distribuido	25 x 7 m
Árbol de hierro <i>Metrosideros robusta</i>	P	esférica	L	f distribuido	25 x 10 m
Carpe <i>Carpinus betulus</i>	C	irregular	L	follaje denso	20 x 14 m
Chopo lombardo <i>Populus nigra</i>	C	columnar	R	follaje denso	30 x 3 m
Ciprés <i>Cupressus sempervirens</i>	P	columnar	M	follaje denso	15 x 2 m
Ciprés de Arizona <i>Cupressus arizonica</i>	P	cónica	R	f distribuido	15 x 5 m
Ciprés de Lawson <i>Chamaecyparis L.</i>	P	cónica	M	follaje denso	18 x 5 m
Enebro <i>Juniperus communis</i>	P	columnar	L	follaje denso	6 x 2 m
Eucalipto <i>Eucalyptus globulus</i>	P	irregular	R	f distribuido	35 x 6 m
Grevillea <i>Grevillea robusta</i>	P	ovoidal	R	f hermoso	30 x 8 m
Naranja de Luisiana <i>Maclura pomifera</i>	C	esférica	R	follaje denso	12 x 7 m
Píceas común <i>Picea abies</i>	P	cónica	L	f distribuido	35 x 14 m
Pino australiano <i>Casuarina cunninggh.</i>	P	irregular	M	f distribuido	30 x 5 m
Roble australiano <i>Grevillea robusta</i>	P	ovoidal	R	f distribuido	25 x 8 m
Tejo <i>Taxus baccata</i>	P	cónica	L	follaje denso	12 x 7 m
Tuya <i>Thuja occidentalis</i>	P	ovalado	L	follaje denso	10 x 4 m

## 7.5 Árboles según sea el tipo de sombra

### 7.5.1 Sombra ligera

Abedul blanco <i>Betula pendula</i>	C	pendular	R	25 x 10 m
Alerce <i>Larix decidua</i>	C	cónica	R	26 x 6 m
Árbol de las sedas <i>Albizia julibrissin</i>	C	esférica ir.	M	7 x 5 m
Árbol del Paraíso <i>Elaeagnus angustifolia</i>	C	esférica ir.	R	8 x 6 m
Arce japonés <i>Acer palmatum</i>	C	ovoidal	M	4 x 3 m
Jacaranda <i>Jacaranda mimosifolia</i>	P/C	extendida	L	10 x 8 m
Olivo <i>Olea europaea</i>	P	extendida	L	12 x 8 m
Palo verde <i>Parkinsonia aculeata</i>	C	extendida	R	6 x 8 m
Pimentero <i>Schinus molle</i>	P	pendular	R	9 x 7 m
Pino del Himalaya <i>Pinus wallichiana</i>	P	cónica	R	30 x 12 m

### 7.5.2 Sombra media

Acacia del Japón <i>Sophora japonica</i>	C	irregular	R	18 x 9 m
Acacia 3 espinas <i>Gleditsia triacanthos</i>	C	esférica	R	20 x 8 m
Álamo blanco <i>Populus alba</i>	C	ovoidal ir.	R	18 x 7 m
Álamo temblón <i>Populus tremula</i>	C	esférico ov.	R	22 x 7 m
Alcornoque <i>Quercus suber</i>	P	irregular	L	10 x 7 m
Aliso <i>Alnus glutinosa</i>	C	cónica	R	23 x 7 m
Almendro <i>Prunus dulcis</i>	C	ovoidal ir.	R	7 x 5 m
Araucaria australiana <i>A. bidwilli</i>	P	cónica	L	18 x 8 m
Araucaria chilena <i>A. araucana</i>	P	parasol	L	18 x 8 m
Araucaria del Brasil <i>A. angustifolia</i>	P	parasol	L	25 x 9 m
Árbol botella <i>Brachychiton populneus</i>	P	recto cónica	M	13 x 7 m
Árbol del amor <i>Cercis siliquastrum</i>	C	irregular	M	7 x 6 m
Árbol del cielo <i>Ailanthus altissima</i>	C	esférica r.	R	17 x 9 m
Árbol del coral <i>Erythrina crista-galli</i>	C	extendida	R	7 x 10 m
Arce negundo <i>Acer negundo</i>	C	esférica ir.	R	9 x 6 m
Catalpa <i>Catalpa bignonioides</i>	C	esférica ir.	R	11 x 7 m

Cedro del Atlas <i>Cedrus atlantica</i>	P	cónica ir.	L	25 x15 m
Cerezo <i>Prunus avium</i>	C	cónica	M	17 x 6 m
Cerezo de Flor <i>Prunus serrulata</i>	C	esférica ir.	R	6 x 6 m
Cerezo de Sta Lucía <i>Prunus mahaleb</i>	C	esférica ir.	L	4 x 4 m
Ciprés calvo <i>Taxodium distichum</i>	C	cónica ov.	M	30 x 7 m
Eucalipto <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	P	columnar ir.	R	40 x 7 m
Falsa acacia <i>Robinia pseudoacacia</i>	C	irregular	R	18 x 8 m
Fresno común <i>Fraxinus excelsior</i>	C	ovoidal ir.	R	25 x 8 m
Gingo <i>Ginkgo biloba</i>	C	cónica ir.	L	25 x 8 m
Lluvia de oro <i>Laburnum anagyroides</i>	C	irregular	R	5 x 3 m
Lila de Persia <i>Melia azederach</i>	C	extendida	R	12 x 7 m
Melocotonero <i>Prunus persica</i>	C	extendida ir.	R	5 x 6 m
Mimosa común <i>Acacia dealbata</i>	P	esférica ir.	R	11 x 7 m
Mimosa de 4 estaciones <i>A. retinoides</i>	P	irregular	R	5 x 6 m
Palmera canaria <i>Phoenix canariensis</i>	P	parasol	M	13 x 7 m
Palmera livistona <i>Livistona australis</i>	P	parasol	L	18 x 5 m
Palo santo <i>Dyospiros kaki</i>	C	ovoidal ir.	L	7 x 4 m
Pata de vaca <i>Bauhinia grandiflora</i>	C	esférica ir.	L	5 x 5 m
Pino australiano <i>Casuarina cunning</i>	P	irregular	M	30 x 5 m
Pino de Norfolk <i>A. heterophylla</i>	P	cónica	R	22 x 9 m
Pino marítimo <i>Pinus pinaster</i>	P	esférica ir.	R	15 x 5 m
Pino albar <i>Pinus sylvestris</i>	P	cónica ir.	R	28 x 9 m
Podocarpus <i>Podocarpus neriifolius</i>	P	columnar	L	16 x 2 m
Roble, Carvallo <i>Quercus robur</i>	C	esférica ir.	L	23 x11 m
Roble australiano <i>Grevillea robusta</i>	P	ovoidal	R	28 x 9 m
Sauce blanco <i>Salix alba</i>	C	irregular	R	16 x10 m
Sauce llorón <i>Salix babylonica</i>	C	pendular	R	9 x 7 m
Sicomoro <i>Acer pseudoplatanus</i>	C	esférica r	R	22 x 9 m

### 7.5.3 Sombra densa

Abeto blanco <i>Abies alba</i>	P	cónica	L	28 x 5 m
Abeto de Grecia <i>Abies cephalonica</i>	P	cónica	L	23 x 7 m
Acacia negra <i>A. Melanoxylon</i>	P	ovoidal	R	12 x 7 m
Acebo <i>Ilex aquifolium</i>	P	cónica	L	4 x 2 m
Albaricoquero <i>Prunus armeniaca</i>	C	extendia ir.	R	7 x 9 m
Alcanforero <i>Cinnamomum camphora</i>	P	esférica	L	10 x 9 m
Algarrobo <i>Ceratonia siliqua</i>	P	esférico ir.	L	8 x 6 m
Almez <i>Celtis australis</i>	C	esférica ir.	M	13 x12m
Árbol del caucho <i>Ficus elastica</i>	P	esférica	M	12 x 6 m
Arce menor <i>Acer campestre</i>	C	esférica ir.	L	10 x 8 m
Arce real <i>Acer platanoides</i>	C	esférica	R	22 x 8 m
Carpe <i>Carpinus betulus</i>	C	irregular	L	18 x14m
Castaña <i>Castanea sativa</i>	C	esférica ext.	L	25 x18m
Castaña de Indias <i>Aesculus hippocastanum</i>	C	ovoidal	M	23 x10 m
Cedro del Himalaya <i>Cedrus deodara</i>	P	cónico	R	22 x15 m
Ciprés <i>Cupresus sempervirens</i>	P	columnar	R	16 x 2 m
Ciprés de Arizona <i>Cupressus arizonica</i>	P	cónica	R	14 x 5 m
Ciprés Lawson <i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	P	cónica	M	16 x 6 m
Ciruelo mirobolán <i>Prunus cerasifera</i>	C	esférica ir.	R	7 x 7 m
Chopo negro, lombardo <i>Populus nigra</i>	C	columnar	R	27 x 4 m
Criptomeria <i>Cryptomeria japonica</i>	P	cónica col.	L	12 x 4 m
Encina <i>Quercus ilex</i>	P	esférica ir.	L	8 x 7 m
Enebro <i>Juniperus communis</i>	P	columnar	L	6 x 2 m
Fresno de flor <i>Fraxinus ornus</i>	C	esférica	M	9 x 7 m
Haya <i>Fagus sylvatica</i>	C	ovoidal	M	18 x 8 m
Higuera <i>Ficus carica</i>	C	esférica	R	7 x 7 m
Laurel <i>Laurus nobilis</i>	P	cónica col.	M	5 x 2 m
Laurel cerezo <i>Prunus laurocerasus</i>	P	esférica ir.	M	5 x 4 m
Libocedro <i>Calocedrus decurrens</i>	P	columnar	M	25 x 5 m
Magnolio <i>Magnolia grandiflora</i>	P	cónica	L	18 x 9 m

Manzano común <i>Malus communis</i>	C	esférica ir.	R	8 x 6 m
Morera <i>Morus alba</i>	C	esférica ir.	R	12 x 7 m
Morera del Japón <i>Broussonetia papyrifera</i>	C	irregular	R	9 x 8 m
Naranja amarga <i>Citrus aurantium</i>	P	esférica	M	5 x 4 m
Níspero del Japón <i>Eriobotrya japonica</i>	P	esférica	M	4 x 3 m
Nogal <i>Juglans regia</i>	C	esférica	R	23 x18 m
Olmo <i>Ulmus carpinifolia</i>	C	ovoidal ir.	M	27 x 9 m
Parasol de la China <i>Firmiana simplex</i>	C	ovoidal	M	13 x 7 m
Peral <i>Pyrus communis</i>	C	cónica	R	12 x 6 m
Picea común, Abeto rojo <i>Picea abies</i>	P	cónica	L	35 x14 m
Picea del Colorado <i>Picea pungens</i>	P	cónica ir.	L	18 x 5 m
Pino carrasco, Alepo <i>Pinus halepensis</i>	P	esférica	R	18 x 6 m
Pino de Monterrey <i>Pinus radiata</i>	P	cónica ir.	R	18 x 7 m
Pino negral, de Córcega <i>Pinus nigra</i>	P	cónica	R	30 x 9 m
Pino piñonero <i>Pinus pinea</i>	P	parasol	L	17 x 4 m
Pinsapo, Abeto de España <i>Abies Pinsapo</i>	P	cónica ir.	L	20 x11m
Plátano <i>Platanus x hybrida</i>	C	ovoidal	R	30 x13m
Plátano occidental <i>Platanus occidentalis</i>	C	esférica ext.	R	35 x14m
Roble americano <i>Quercus rubra</i>	C	ovoidal ir.	M	22 x 9 m
Sequoia <i>Sequoia sempervirens</i>	P	cónica	L	40 x10 m
Serbal <i>Sorbus domestica</i>	C	ovoidal	L	18 x 7 m
Tejo <i>Taxus baccata</i>	P	cónica	L	13 x 7 m
Tuya <i>Thuja occidentalis</i>	P	columnar	M	10 x 4 m
Tilo <i>Tilia platyphyllos</i>	C	ovoidal	R	28 x18 m
Tulípero de Virginia <i>Liriodendron tulipifera</i>	C	ovoidal	M	30 x 9 m
Wasintonia <i>Washingtonia robusta</i>	P	parasol	L	25 x 4 m

## 7.6 Árboles de hoja caduca

(agrupados según su altura máxima media)

### 7.6.1 3-4 m

Arce japonés *Acer palmatum*

Avellano *Corylus avellana*

Cerezo de Santa Lucía *Prunus mahaleb*

Magnolia de Jardín *Magnolia soulangeana*

### 7.6.2 4-6 m

Cerezo de flor *Prunus serrulata*

Higuera *Ficus carica*

Lluvia de oro *Laburnum anagyroides*

Melocotonero *Prunus persica*

Palo verde *Parkinsonia aculeata*

Pata de vaca, Bauhinia *Bauhinia grandiflora*

### 7.6.3 6-10 m

Albaricoquero *Prunus armeniaca*

Almendro *Prunus dulcis*

Árbol de las sedas, Albizia *Albizia julibrissin*

Árbol del amor, de Judea *Cercis siliquastrum*

Árbol del coral, Ceibo *Erythrina crista-galli*

Árbol del paraíso *Elaeagnus angustifolia*

Ciruelo mirabolán *Prunus cerasifera*

Orno, Fresno de flor *Fraxinus ornus*

Manzano común *Malus communis*

Morera del Japón *Broussonetia papyrifera*

Negundo *Acer negundo*

Palo santo, Kaki *Diospyros kaki*

Sauce llorón *Salix babylonica*

#### 7.6.4 10-12 m

Arce menor *Acer campestre*

Catalpa *Catalpa bignonioides*

Jabonero de la China *Koelreuteria paniculata*

Peral *Pyrus communis*

Tipuana *Tipuana tipu*

#### 7.6.5 12-15 m

Almez *Celtis australis*

Melia *Melia azederach*

Morera *Morus alba*

Naranjo de Luisiana *Maclura pomifera*

Parasol de la China *Firmiana simplex*

Paulownia *Paulownia tomentosa*

Sauce blanco *Salix alba*

Serbal *Sorbus domestica*

#### 7.6.6 Más de 15 m

Abedul blanco *Betula pendula*

Acacia del Japón, Sofora *Sophora japonica*

Acacia de las tres espinas *Gleditsia triacanthos*

Álamo blanco *Populus alba*

Álamo temblón *Populus tremula*

Alerce *Larix decidua*

Aliso *Alnus glutinosa*

Árbol del cielo, Ailanto *Ailanthus altissima*

Arce real *Acer platanoides*

Carpe *Carpinus betulus*

Castaño común *Castanea sativa*

Castaño de Indias *Aesculus hippocastanum*

Cerezo *Prunus avium*  
Ciprés de los pantanos *Taxodium distichum*  
Chopo lombardo *Populus nigra*  
Falsa acacia, Robinia *Robinia pseudoacacia*  
Fresno común *Fraxinus excelsior*  
Gingo *Ginkgo biloba*  
Haya *Fagus sylvatica*  
Nogal *Juglans regia*  
Liquidámbar *Liquidambar styraciflua*  
Olmo *Ulmus carpinifolia*  
Plátano *Platanus x hybrida*  
Plátano occidental *Platanus occidentalis*  
Roble, Carvallo *Quercus robur*  
Roble americano *Quercus rubra*  
Sicomoro, Falso plátano *Acer pseudoplatanus*  
Tilo, T. de hojas grandes *Tilia platyphyllos*  
Tulípero *Liriodendron tulipifera*

## 7.7 Árboles de hoja perenne

---

(agrupados según su altura máxima media)

### 7.7.1 4- 6 m

Acebo *Ilex aquifolium*  
Laurel *Laurus nobilis*  
Laurel cerezo *Prunus laurocerasus*  
Mimosa de las 4 estaciones *Acacia retinoides*  
Naranja amargo *Citrus aurantium*  
Níspero del Japón *Eriobotrya japonica*  
Palmito elevado *Trachycarpus fortunei*

### 7.7.2 6-10 m

Algarrobo *Ceratonia siliqua*  
Árbol del caucho *Ficus elastica*  
Enebro *Juniperus communis*  
Banana de Abisinia *Ensete ventricosum*  
Falso pimentero *Schinus molle*  
Jacaranda *Jacaranda mimosifolia*

### 7.7.3 10-12 m

Alcanforero *Cinnamomum camphora*  
Alcornoque *Quercus suber*  
Encina *Quercus ilex*  
Mimosa *Acacia dealbata*  
Tuya *Thuja occidentalis*

### 7.7.4 12-15 m

Acacia negra, Mimosa australiana *Acacia melanoxylon*  
Árbol botella *Brachychiton populneus*  
Ciprés de Arizona *Cupressus arizonica*  
Ciprés de Lawson *Chamaecyparis lawsoniana*  
Criptomera de Japón *Cryptomeria japonica*  
Ciprés *Cupressus sempervirens*  
Olivo *Olea europaea*  
Ombú, Bella sombra *Phytolacca dioica*  
Palmera canaria *Phoenix canariensis*  
Píceas del Colorado *Picea pungens*  
Pino marítimo, p. rodeno *Pinus pinaster*  
Tejo *Taxus baccata*

### 7.7.5 Más de 15 m

Abeto blanco *Abies alba*  
Abeto de Grecia *Abies cephalonica*  
Araucaria australiana *Araucaria bidwilli*  
Araucaria chilena *Araucaria araucana*  
Araucaria del Brasil *Araucaria angustifolia*  
Casuarina, Pino australiano *Casuarina cunning*  
Cedro del Atlas *Cedrus atlantica*  
Cedro del Himalaya *Cedrus deodara*  
Cedro del Líbano *Cedrus libani*  
Eucalipto *Eucalyptus camaldulensis*  
Libocedro, Tuya gigante *Calocedrus decurrens*  
Magnolio *Magnolia grandiflora*  
Palmera livistona *Livistona australis*  
Píceas común, Abeto rojo *Picea abies*  
Pino carrasco, P. de Alepo *Pinus halepensis*  
Pino negral, de Córcega *Pinus nigra*  
Pino piñonero *Pinus pinea*  
Pino de Monterrey *Pinus radiata*  
Pino albar, P. silvestre *Pinus sylvestris*  
Pino de Norfolk *Araucaria excelsa*  
Pino del Himalaya *Pinus wallichiana*  
Pinsapo, Abeto de España *Abies pinsapo*  
Podocarpus *Podocarpus neriifolius*  
Roble australiano *Grevillea robusta*  
Sequoia *Sequoia sempervirens*  
Wasintonia *Washingtonia robusta*

## 7.8 Árboles agrupados según sus formas y dimensiones

(de menor a mayor altura)

### 7.8.1 Columnar

	altura	diámetro
Enebro <i>Juniperus communis</i>	3 – 8 m	2 – 3 m
Acebo <i>Ilex aquifolium</i>	3 – 15 m	1.5 – 3 m
Laurel <i>Laurus nobilis</i>	3 – 15 m	1.5 – 2.5 m
Tuya <i>Thuja occidentalis</i>	8 – 15 m	3 – 5 m
Criptomeria <i>Cryptomeria japonica</i>	10 – 15 m	3 – 4 m
Podocarpus <i>Podocarpus neriifolius</i>	15 – 20 m	2 – 2.5 m
Ciprés <i>Cupresus sempervirens</i>	15 – 30 m	2 – 3 m
Libocedro <i>Calocedrus decurrens</i>	20 – 30 m	4 – 5 m
Chopo negro, lombardo <i>Populus nigra</i>	25 – 35 m	3 – 5 m

### 7.8.2 Cónica

	altura	diámetro
Árbol botella <i>Brachychiton populneus</i>	10 – 15 m	6 – 8 m
Tejo <i>Taxus baccata</i>	10 – 15 m	6 – 8 m
Ciprés de Arizona <i>Cupresus arizonica</i>	12 – 20 m	4 – 5 m
Peral <i>Pyrus communis</i>	12 – 20 m	5 – 7 m
Pino de Monterrey <i>Pinus radiata</i>	15 – 20 m	6 – 8 m
Cerezo <i>Prunus avium</i>	15 – 25 m	5 – 7 m
Abeto de Grecia <i>Abies cephalonica</i>	15 – 25 m	6 – 8 m
Magnolio (de flores grandes) <i>Magnolia grandiflora</i>	15 – 25 m	8 – 10 m
Aliso común <i>Alnus glutinosa</i>	15 – 30 m	6 – 8 m
Araucaria chilena <i>Araucaria araucana</i>	15 – 30 m	6 – 10 m
Pinsapo, Abeto de España <i>Abies pinsapo</i>	15 – 30 m	9 – 12 m
Píceas del Colorado <i>Picea pungens</i>	15 – 35 m	4 – 6 m
Ciprés de Lawson <i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	15 – 40 m	4 – 7 m
Alerce europeo <i>Larix decidua</i>	20 – 40 m	6 – 7 m

Pino negral, P. de Córcega <i>Pinus nigra</i>	20 – 40 m	8 – 10 m
Cetro del Líbano <i>Cedrus libani</i>	20 – 40 m	10 – 20 m
Araucaria australiana <i>Araucaria bidwilli</i>	20 – 45 m	6 – 10 m
Pino del Himalaya <i>Pinus excelsa (wallichiana)</i>	20 – 50 m	8 – 15 m
Cedro del Himalaya, C. Ilorón <i>Cedrus deodara</i>	20 – 50 m	10 – 20 m
Cedro del Atlas <i>Cedrus atlantica</i>	20 – 50 m	10 – 20 m
Abeto blanco <i>Abies alba</i>	20 – 60 m	4 – 5 m
Pino de Norfolk <i>Araucaria excelsa (heterophylla)</i>	20 – 60 m	8 – 10 m
Píceas común, Abeto rojo <i>Picea abies</i>	30 – 60 m	12 – 18 m
Sequoia <i>Sequoia sempervirens</i>	30 – 80 m	8 – 12 m

### 7.8.3 Esférica

	altura	diámetro
Naranja amarga <i>Citrus aurantium</i>	3 – 5 m	3 – 4 m
Cerezo de Santa Lucía <i>Prunus mahaleb</i>	3 – 5 m	3 – 5 m
Níspero del Japón <i>Eriobotrya japonica</i>	4 – 6 m	2 – 3 m
Laurel cerezo <i>Prunus laurocerasus</i>	4 – 6 m	3 – 4 m
Higuera <i>Ficus carica</i>	4 – 6 m	4 – 6 m
Pata de vaca, Bahunia <i>Bauhinia grandiflora</i>	4 – 6 m	4 – 6 m
Cerezo de Flor, C. del Japón <i>Prunus serrulata</i>	4 – 8 m	4 – 8 m
Árbol de las sedas, Albizia <i>Albizia julibrissin</i>	6 – 8 m	4 – 6 m
Manzano común <i>Malus communis</i>	6 – 8 m	5 – 8 m
Árbol del paraíso <i>Eleagnus angustifolia</i>	6 – 10 m	5 – 6 m
Algarrobo <i>Ceratonia siliqua</i>	6 – 10 m	5 – 8 m
Ciruelo Mirobolán <i>Prunus cerasifera</i>	6 – 10 m	6 – 8 m
Orno, Fresno de Flor <i>Fraxinus ornus</i>	6 – 10 m	6 – 8 m
Mimosa <i>Acacia dealbata</i>	8 – 12 m	5 – 8 m
Naranja de Luisiana <i>Maclura pomifera</i>	8 – 12 m	6 – 8 m
Árbol del caucho, Gomero <i>Ficus elastica</i>	8 – 15 m	5 – 8 m
Morera <i>Morus alba</i>	8 – 15 m	6 – 8 m

Negundo <i>Acer negundo</i>	8 – 15 m	5 – 8 m
Alcanforero <i>Cinnamomum camphora</i>	8 – 15 m	8 – 12 m
Arce menor <i>Arce menor</i>	9 – 20 m	6 – 10 m
Catalpa <i>Catalpa bignonioides</i>	9 – 20 m	8 – 12 m
Árbol del cielo, Ailanto <i>Ailanthus altissima</i>	15 – 20 m	8 – 10 m
Pino carrasco, de Alepo <i>Pinus halepensis</i>	15 – 20 m	5 – 7 m
Pino marítimo, rodeno <i>Pinus pinaster</i>	15 – 25 m	4 – 6 m
Acacia de las tres espinas <i>Gleditsia triacanthos</i>	15 – 25 m	6 – 10 m
Almez <i>Celtis australis</i>	15 – 25 m	10 – 15 m
Arce real <i>Acer platanoides</i>	20 – 30 m	6 – 10 m
Nogal <i>Juglans regia</i>	20 – 30 m	15 – 20 m
Sicomoro, Falso plátano <i>Acer pseudoplatanus</i>	20 – 35 m	10 – 12 m
Roble, Carvallo <i>Quercus robur</i>	20 – 45 m	10 – 15 m
Plátano occidental <i>Platanus occidentalis</i>	30 – 50 m	12 – 16 m

#### 7.8.4 Pendular

	altura	diámetro
Falso pimentero <i>Schinus molle</i>	6 – 10 m	5 – 8 m
Sauce llorón <i>Salix babylonica</i>	8 – 10 m	6 – 8 m
Abedul blanco <i>Betula pendula</i>	15 – 25 m	8 – 10 m

#### 7.8.5 Ovoidal

	altura	diámetro
Arce japonés <i>Acer palmatum</i>	3 – 4 m	2.5 – 3 m
Avellano <i>Corylus avellana</i>	3 – 8 m	2.5 – 3 m
Almendro <i>Prunus dulcis</i>	6 – 8 m	4 – 6 m
Palo santo, Kaki <i>Diospyros kaki</i>	6 – 8 m	3 – 4 m
Encina <i>Quercus ilex</i>	8 – 12 m	6 – 8 m
Mimosa australiana <i>Acacia melanoxylon</i>	10 – 15 m	6 – 8 m
Serbal <i>Sorbus domestica</i>	10 – 20 m	5 – 8 m

Firmiana, Parasol de la China <i>Firmiana simplex</i>	10 – 15 m	6 – 8 m
Liquidámbar <i>Liquidambar styraciflua</i>	15 – 20 m	5 – 7 m
Álamo blanco <i>Populus alba</i>	15 – 20 m	6 – 8 m
Haya <i>Fagus sylvatica</i>	15 – 20 m	5 – 10 m
Álamo temblón <i>Populus tremula</i>	20 – 25 m	6 – 8 m
Álamo americano <i>Quercus rubra</i>	20 – 25 m	8 – 10 m
Castaño de Indias <i>Aesculus hippocastanum</i>	20 – 25 m	8 – 12 m
Fresno común <i>Fraxinus excelsior</i>	20 – 30 m	6 – 10 m
Araucaria del Brasil <i>Araucaria angustifolia</i>	20 – 30 m	8 – 10 m
Olmo <i>Ulmus minor (carpinifolia)</i>	20 – 30 m	8 – 10 m
Roble australiano <i>Grevillea robusta</i>	20 – 35 m	6 – 10 m
Tulípero, Árbol de las tulipas <i>Liriodendron tulipifera</i>	20 – 35 m	7 – 10 m
Ciprés de los pantanos <i>Taxodium distichum</i>	25 – 35 m	6 – 8 m
Platano <i>Platanus x hibrida</i>	25 – 35 m	10 – 15 m
Tilo de Holanda, de hojas grandes <i>Tilia platyphyllos</i>	25 – 35 m	15 – 20 m

#### 7.8.6 Parasol

	altura	diámetro
Palmito elevado <i>Trachycareus fortunei</i>	3 – 5 m	3 – 4 m
Banana de Abisinia <i>Ensete ventricosum</i>	3 – 7 m	3 – 4 m
Palmera canaria <i>Phoenix canariensis</i>	10 – 15 m	6 – 8 m
Palmera livistona <i>Livistona australis</i>	15 – 20 m	4 – 6 m
Pino piñonero <i>Pinus pinea</i>	15 – 20 m	7 – 8 m
Wasintonia <i>Washingtonia robusta</i>	20 – 30 m	4 – 5 m
Araucana chilena <i>Araucaria araucana</i>	20 – 30 m	6 – 10 m

#### 7.8.7 Extendida

	altura	diámetro
Melocotonero <i>Prunus persica</i>	4 – 6 m	5 – 7 m
Palo verde <i>Parkinsonia aculeata</i>	4 – 6 m	6 – 8 m

Albaricoquero <i>Prunus armeniaca</i>	6 – 8 m	8 – 10 m
Árbol del coral, Ceibo <i>Eritrina crista-galli</i>	6 – 8 m	8 – 12 m
Jacaranda <i>Jacaranda mimosifolia</i>	6 – 10 m	5 – 8 m
Melia, Cinamomo <i>Melia azederach</i>	8 – 15 m	5 – 8 m
Bella sombra, Ombú <i>Phytolacca dioica</i>	10 – 15 m	10 – 12 m
Tipuana <i>Tipuana speciosa</i>	10 – 15 m	12 – 18 m
Castaño <i>Castanea sativa</i>	20 – 35 m	15 – 20 m

### 7.8.8 Irregular

	altura	diámetro
Lluvia de oro <i>Laburnum anagyroides</i>	4 – 6 m	2.5 – 3 m
Mimosa de las cuatro estaciones <i>Acacia retinoides</i>	4 – 6 m	5 – 6 m
Árbol del amor, Árbol de Judea <i>Cercis siliquastrum</i>	5 – 8 m	5 – 6 m
Jabonero de la China <i>Koelreuteria paniculata</i>	8 – 10 m	5 – 6 m
Morera del Japón <i>Broussonetia papyrifera</i>	8 – 10 m	6 – 8 m
Alcornoque <i>Quercus suber</i>	8 – 12 m	6 – 8 m
Olivo <i>Olea europaea</i>	8 – 15 m	6 – 10 m
Sofora <i>Sophora japonica</i>	15 – 20 m	7 – 10 m
Paulonia <i>Paulownia tomentosa</i>	15 – 20 m	8 – 12 m
Sauce blanco <i>Salix alba</i>	10 – 25 m	8 – 12 m
Falsa acacia <i>Robinia pseudoacacia</i>	15 – 25 m	7 – 8 m
Carpe <i>Carpinus betulus</i>	10 – 25 m	12 – 15 m
Pino australiano <i>Casuarina cunninghamiana</i>	20 – 35 m	4 – 6 m
Gingo <i>Ginkgo biloba</i>	20 – 35 m	6 – 10 m
Pino albar, silvestre <i>Pinus sylvestris</i>	25 – 35 m	8 – 10 m
Eucalipto <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	30 – 40 m	4 – 7 m

## 7.9 Arbustos que soportan la poda

---

Abutilon *Abutilon megapotamicum*

\* Acacia de cuchillos *Acacia cultriformis*

Adelfa *Nerium oleander*

\* Aladierna *Rhamnus alaternus*

Aligustre *Ligustrum japonicum*

\* Boj *Buxus sempervirens*

\* Bonetero del Japón, Evónimo *Euonymus japonicus*

Budleya, Árbol de las mariposas *Buddleja davidii*

Fatsia, Aralia *Fatsia japonica*

Forsitia *Forsythia suspensa*

Hibisco, Altea *Hibiscus syriacus*

Hortensia *Hydrangea macrophylla*

\* Membrillero de flor *Chaenomeles japonica*

Mirto, Arrayán *Myrtus communis*

\* Pitósporo, Azahar de la China *Pittosporum tobira*

(\* útiles para setos)

## 7.10 Árboles que no permiten el buen crecimiento de otras planta debajo

---

Alcanforero *Cinnamomum camphora*

Castaño de Indias *Aesculus hippocastanum*

Higuera *Ficus carica*

## 7.11 Frutales de hoja persistente

---

Cidro *Citrus medica*

Limonero *Citrus limon*

Mandarino *Citrus deliciosa*

Naranja amarga *Citrus aurantium*

Naranja dulce *Citrus sinensis*

Níspero *Eriobotrya japonica*

## 7.12 Árboles y arbustos para lugares expuestos

---

### 7.12.1 Coníferas

Abeto de Servia *Picea omorica*

Abeto oriental *Tsuga canadensis*

Ciprés de Lawson *Chamaecyparis lawsoniana*

Enebro, Junípero *Juniperus communis*

Pino de Córcega, P. salgareño *Pinus nigra*

Pino albar, P. silvestre. *Pinus sylvestris*

Tejo *Taxus baccata*

Tuya *Thuja occidentalis*

### 7.12.2 Árboles

Abedul blanco *Betula pendula*

Álamo temblón *Populus tremula*

Arce real, Arce aplatanado *Acer platanoides*

Fresno común *Fraxinus excelsior*

Fresno de olor *Fraxinus ornus*

Haya *Fagus sylvatica*

Lluvia de oro *Laburnum vulgare*  
Mostajo *Sorbus aria*  
Serbal común *Sorbus domestica*  
Serbal silvestre *Sorbus aucuparia*  
Sicómoro, Falso plátano *Acer pseudoplatanus*  
Tilo de hojas pequeñas *Tilia cordata*

### 7.12.3 **Arbustos**

Árbol de las pelucas *Cotinus coggygria*  
Avellano *Corylus avellana*  
Berberis *Berberis darwinii*  
Bonetero del Japón *Euonymus japonicus*  
Budleya, Árbol de las mariposas *Buddleja davidii*  
Cornejo *Cornus sanguinea*  
Cotoneaster l *Cotoneaster lacteus*  
Cotoneaster s *Cotoneaster simonsii*  
Espino majuelo *Crataegus laevigata*  
Evónimo *Euonymus europaeus*  
Mahonia *Mahonia aquifolium*  
Laurel cerezo *Prunus laurocerasus*  
Lila *Syringa vulgaris*  
Sauce blanco *Salix alba*  
Saúco *Sambucus nigra*  
Tojo *Ulex europaeus*  
Viburno *Viburnum opulus*

### 7.13 Árboles y arbustos para retención de tierras

---

Adelfa *Nerium oleander*

Ailanto, Arbol del cielo *Ailanthus altissima*

Álamo blanco *Populus alba*

Álamo temblón *Populus tremula*

Brezo blanco *Erica arborea*

Coscoja *Quercus coccifera*

Espliego *Lavandula officinalis*

Fresno común *Fraxinus excelsior*

Madreselva *Lonicera periclymenum*

Morera del Japón *Broussonetia papyrifera*

Robinia, Falsa acacia *Robinia pseudoacacia*

### 7.14 Arbustos para recubrimiento del terreno

---

Árbol de las perlas *Symphoricarpus albus*

Brecina, Brezo común *Calluna vulgaris*

Cotoneaster *Cotoneaster "Gnom"*

Gayuba *Arcostaphylos uva-ursi*

Hiedra del Atlántico, Hiedra de Irlanda *Hedera hibernica*

Junípero *Juniperus horizontalis*

Lonicera *Lonicera pileata*

### 7.15 Árboles y arbustos resistentes a terrenos salobres

---

#### 7.15.1 Árboles

Albaricoquero *Prunus armeniaca*

Árbol del paraíso *Elaeagnus angustifolia*

Ciprés de Arizona *Cupressus arizonica*

Ciprés *Cupressus sempervirens*  
Eucalipto *Eucalyptus globulus*  
Pino de Alepo, pino carrasco *Pinus halepensis*  
Pino de Monterrey *Pinus radiata*  
Pino marítimo *Pinus pinaster*  
Pino piñonero *Pinus pinea*  
Plátano *Platanus x acerifolia*  
Roble, Carballo *Quercus robur*

### 7.15.2 **Arbustos**

Alcaparrera *Capparis spinosa*  
Adelfa *Nerium oleander*  
Adelfilla, Matabuey *Bupleurum fruticosum*  
Boj *Buxus sempervirens*  
Coprosma *Coprosma repens*  
Espino amarillo *Hippophae rhamnoides*  
Osagra, Salgada *Atriplex halimus*  
Pino mugo *Pinus mugo*  
Taray, Tamarisco *Tamarix gallica*  
Transparente, Mióporo *Myoporum sp.*

## 7.16 **Árboles y arbustos resistentes a la sequía**

---

### 7.16.1 **Árboles**

Abeto de Grecia *Abies cephalonica*  
Álamo temblón *Populus tremula*  
Almez *Celtis australis*  
Árbol del paraíso *Elaeagnus angustifolia*  
Carpe *Carpinus betulus*  
Enebro *Juniperus communis*

Libocedro, Tuya gigantea *Calocedrus decurrens*

Melia, Cinamomo *Melia azederagh*

Pino negral, P. salgareño *Pinus nigra*

Pinsapo, Abeto de Ronda *Abies pinsapo*

### 7.16.2 **Arbustos**

Adelfilla, Matabuey *Bupleurum fruticosum*

Boj *Buxus sempervirens*

Eleagno, Arbol del Paraíso *Elaeagnus pungens*

Jara, Estepa, Jaguarzo *Cistus sp.*

Laurel *Laurus nobilis*

Limpiatubos *Callistemon speciosus*

Poinciana, Ave del Paraíso *Caesalpinia gilliesii*

Retama, Aliaga *Genista sp.*

Taginaste, Viborera *Echium candicans*

## 7.17 **Arbustos que requieren tierra ácida**

---

Azaleas *Rhododendron sp.*

Camelia *Camelia japonica*

Rhododendro *Rhododendron ferrugineum*

Rhododendro hirsuto *Rhododendron hirsutum*

Rhododendro *Rhododendron ponticum*

## 7.18 Plantas al lado del mar

---

Acedera *Rumex acetosa*  
Alhelí encarnado *Mathiola incana*  
Alhelí marítimo *Mathiola sinuata*  
Amapola marina, Adormidera cornuda *Glacium flavum*  
Arañera, Algodonosa *Otanthus maritimus*  
Armeria *Armeria maritima*  
Artemisa *Artemisia crithmifolia*  
Artemisa marítima *Artemisia maritima*  
Azucena de mar, Nardo marino *Pancratium maritimum*  
Berza marina, Correvuela litoral *Calystegia soldanella*  
Brezo de mar *Frankenia laevis*  
Barrón, Caña de las arenas *Ammofhila arenaria*  
Camarino, Caramiños *Corema album*  
Caminos de Marsella *Seseli tortuosum*  
Cardo del mar, Cardo bravo *Eryngium maritimum*  
Carrasco, Siempre viva *Helicrysum picardii*  
Carraspique de playa *Iberis procumbens*  
Clavel de playa *Armeria pubigera*  
Culantrillo de mar *Asplenium marinum*  
Festuca *Festuca rubra*  
Flor de cuchillo *Carpobrutus acinaciformis*  
Hierba de la rabia *Alyssum lolseleurii*  
Higo marino, Higo del Cabo *Carpobrutus edulis*  
Limonio, Acelga salada *Limonium vulgare*  
Limonio fibrosa *Limonium binervosum*  
Linaria *Linaria polygalifolia*  
Malva arbórea *Lavatera arborea*  
Mastuerzo marítimo *Alyssum maritimum*

Oruga de mar, Coquile *Calcile maritima*  
Pamplina de agua, H. jabonera *Samolus valerandii*  
Romaza de mar *Rumex maritimus*  
Romulea *Romulea clusiana*  
Siempreviva menor, Pimienta de muro *Sedum acre*  
Silene *Silene littorea*  
Tártago de mar, Lechetrezna de mar *Euphorbia paralias*  
Trébol blanco, Trébol rastrero *Trifolium repens*  
Vulneraria *Anthyllis vulneraria*