Diversidad bioconstructiva transfronteriza, edificación bioclimática y su adaptación a la arquitectura y urbanismos modernos

biourb

Sistemas Bioclimáticos

Coordinador
Pablo Farfán Manzanares

Investigadores trabajo de campo
Pablo Farfán Manzanares
Pablo García Bachiller

Colaborador
Alberto Vázquez Miguel

Farfán-Estella Arquitectos

PROGRAMA
COOPERACIÓN TRANSFRONTERIZA
ESPAÑA – PORTUGAL
COOPERAÇÃO TRANSFRONTEIRIÇA
2007 – 2013

UNION EUROPEA
FONDO EUROPEO DE
DESARROLLO REGIONAL

Atribución–CompartirIgual 3.0
creativecommons.org / licenses / by-sa / 3.0
Reconocimiento: En cualquier explotación de la obra autorizada por la licencia hará falta reconocer la autoría.
Compartir Igual: La explotación autorizada incluye la creación de obras derivadas que mantengan la misma licencia al ser divulgadas.

Salvo las Figuras y gráficos cuyos derechos son de sus respectivos autores según artículo 32 LPI.

Índice

Sistemas Bioclimáticos

01 Geotermia
02 Cubierta verde
03 Muro de Inércia
04 Cubierta activa
05 Espacios de transición orientados
06 Invernadero Adosado
07 Pared Vegetal
08 Refrigeración evaporativa

Geotermia

COOPERACIÓN TRANSFRONTERIZA
ESPAÑA - PORTUGAL
COOPERAÇÃO TRANSFRONTEIRIÇA

Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

bi urb
diversidad bioconstructiva

1. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

La primera morada estable de los homínidos fue la cueva, en ella encontraron protección, tanto de la lluvia como de otros animales, y una temperatura estable a lo largo del año. El comportamiento bioclimático de la cueva aprovecha la temperatura constante de la tierra, prácticamente independiente del ambiente exterior gracias a su masa térmica, siendo esta de aproximadamente 14º a partir de tres metros de profundidad.

La vivienda enterrada, como la que encontramos en Benimamet (Valencia) o en Villacañas y Madridejos viene siendo utilizada desde entonces de manera ininterrumpida gracias a su eficiencia energética, mientras, en otras regiones se aprovecha este comportamiento para conservar alimentos o elaborar y criar el vino.

Figura 1 Barrio constituido por viviendas subterráneas en Benimamet (Valencia)

Mas allá de la vivienda enterrada, la **climatización por geotermia** aprovecha esta propiedad física del terreno, haciendo atravesar el aire de admisión de la casa a través de elementos del subsuelo, de gran masa térmica, acondicionando el aire a su paso mediante intercambio de calor con estos elementos.

Existen multitud de ejemplos a lo largo de la historia donde se utiliza esta solución:

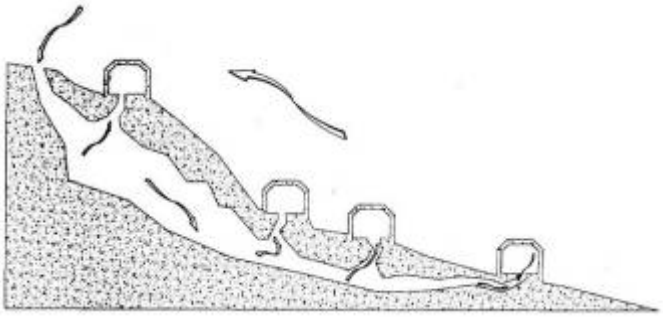


Figura 2 Villas Costozza, Vicenza (Italia)

En Villas Costozza, en Italia, el aire frio que se genera en las cuevas del subsuelo sirve para enfriar las viviendas durante el verano.

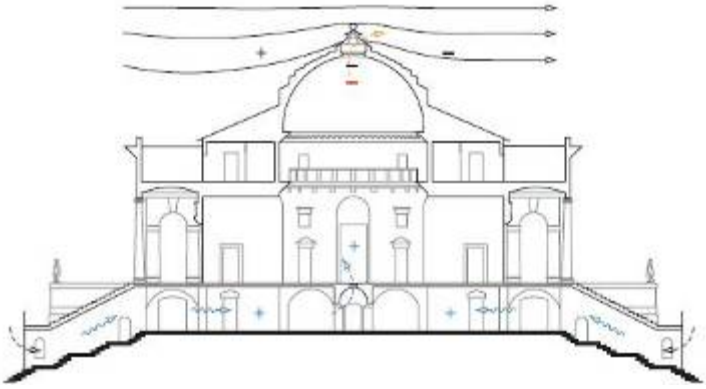


Figura 3 Villa Rotonda, Vicenza (Italia) 1566

Palladio se inspiró en este sistema tradicional para refrescar la Villa Rotonda a través del aire que circula por el sótano, junto con unas aberturas en la cúpula central por donde se deja escapar el aire caliente acumulado.

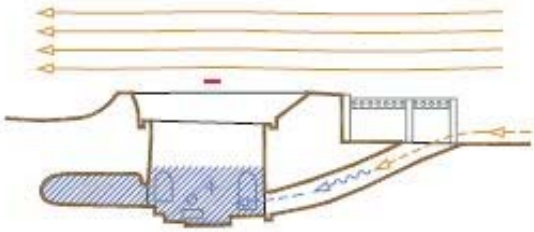


Figura 4 Casa enterrada en Túnez

El sistema utilizado en casas enterradas para refrescar los espacios, como por ejemplo en Túnez, es semejante, acentuándolo por la inercia térmica del terreno.

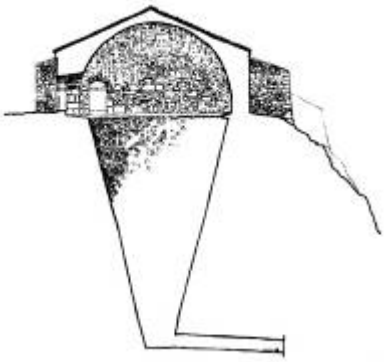


Figura 5 Sección pozo nevero

Los pozos neveros eran construcciones para el almacenamiento y la conservación de la nieve aprovechándose de la inercia térmica del terreno.

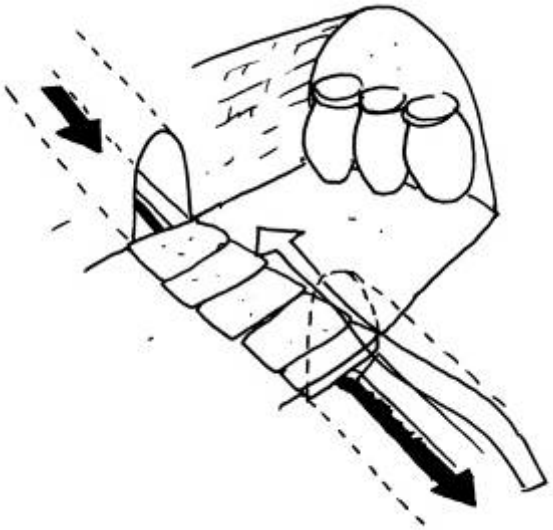


Figura 6 Esquema ventilación en bodegas en Fermoselle

Figura 7 Foto de interior de bodega en Fermoselle

En la zona de estudio podemos encontrar el ejemplo de las bodegas de Fermoselle, que, excavadas en la roca, son utilizadas como neveras naturales desde la edad del Hierro.
Estas bodegas, comunicadas entre si por albañales y a su vez con las viviendas que descansan sobre ellas, se utilizan tradicionalmente para la elaboración del vino. Estas bodegas, debido a las filtraciones y al sistema de albañales combinan la geotermia con refrigeración por evaporación como explicamos en el la solución correspondiente.

Actualmente, debido al progresivo abandono del cultivo de de la vid, muchas de estas bodegas son utilizadas como peñas sociales, sirviendo de lugar climatizado de manera pasiva para la celebración de reuniones, comidas y fiestas durante todo el verano.

A su vez, los habitantes de las viviendas que se encuentran sobre ellas, utilizan la puerta de acceso y, mediante ventilación cruzada, se refrescan con el aire proveniente del subsuelo.

2. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO

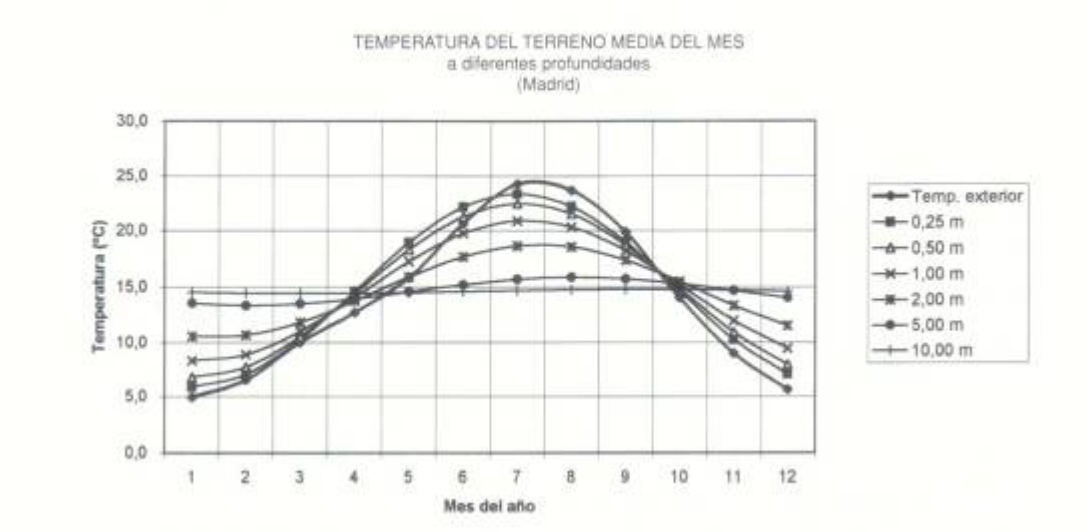


Figura 8 Variación de la temperatura del terreno a lo largo del año según la profundidad

La temperatura del terreno es función de los fenómenos climáticos y de la temperatura del magma en estratos inferiores. En las cotas más superficiales predomina el clima. El gradiente es inverso en época invernal y estival.

Se aprovecha la constante temperatura del terreno para el intercambio de calor con el subsuelo.

El terreno del subsuelo presenta un infinito aislamiento capacitivo o inercial que bloquea el flujo de calor acumulando en su parte superficial parte de éste.

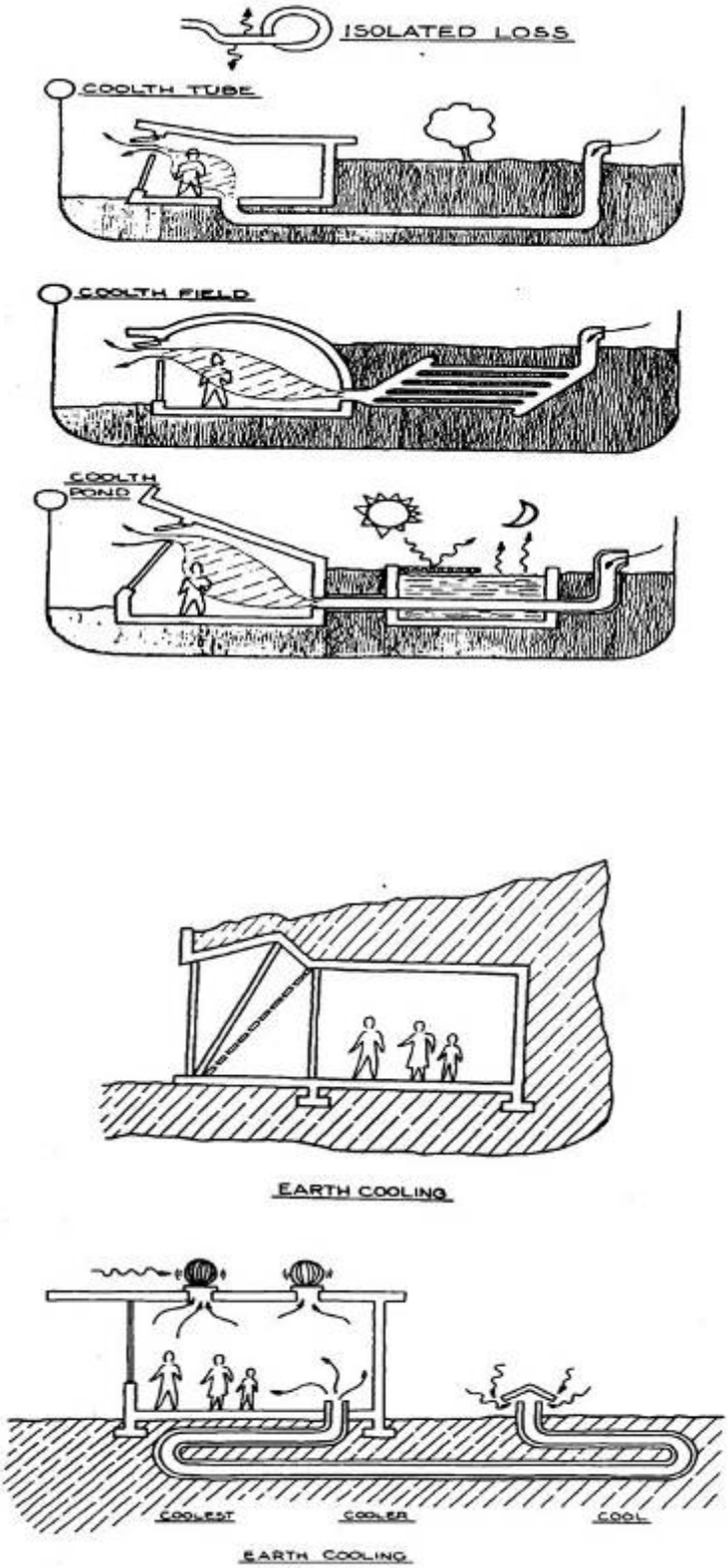


Figura 9 Esquemas sistemas climatización geotérmica (D.S.Halacy)

Estos esquemas vienen dados por estudios e investigaciones de D.S. Halacy [1] (**Halacy**, 1966; 1978)

En ellos se reflejan los sistemas y soluciones a los que se hacen referencia como climatización por geotérmia, fundamentados en el intercambio con el subsuelo para acondicionar estancias.

Estos mecanismos son los aplicables en sistemas actuales como por ejemplo el pozo canadiense.

3. PRINCIPIOS FÍSICOS BIOCLIMÁTICOS

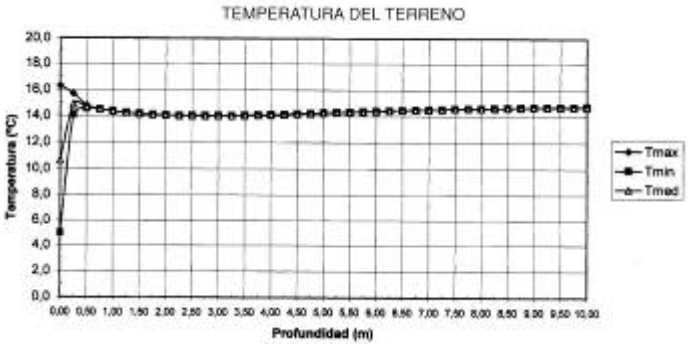


Figura 10 Ejemplo de gradiente térmico del terreno para el mes de Abril

Se considera habitualmente que a una profundidad entre 0,5 y 1,5 m. la temperatura no varía a lo largo de un día y que coincide con la media diaria y que a 15 m. la temperatura no varía a lo largo del año.

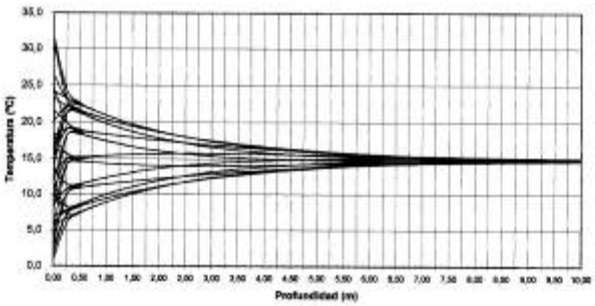


Figura 11 Ejemplo de gradiente térmico del terreno a lo largo de todo el año

Los gradientes son específicos para cada época del año, especialmente en las capas más superficiales.

Estos son ascendentes en invierno y descendentes en verano por influencia del clima superficial.

4. PARÁMETROS DE CÁLCULO A ESTUDIAR

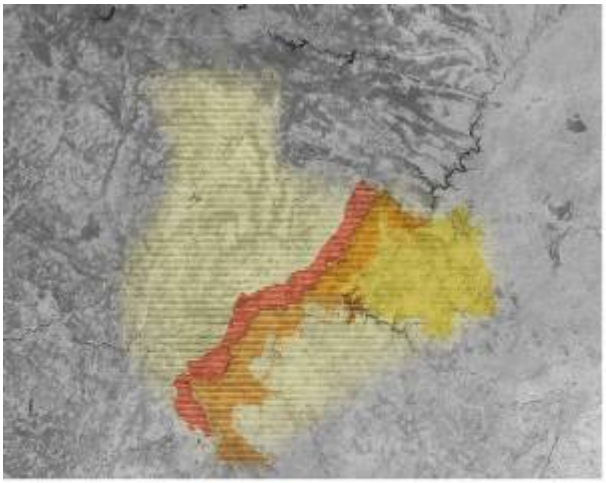
- Determinación geotécnica de hidroscopia del subsuelo.
- Obtención de caudales de aire por lazos convectivos naturales.
- Dimensión del tubo.
- Materiales de los elementos
- Profundidad dependiendo del terreno
- Flujo del aire.
- Mecanismos para movimiento del fluido.

Figura 12 Ejemplo de aplicación de climatización geotérmica en proyecto para Concurso para el edificio de ferias de Cáceres (IFECA)
(Arquitectos: FARFAN-ESTELLA)

5. LOCALIZACIONES RECOMENDADAS

Los sistemas de arquitecturas enterradas y los aprovechamientos geotérmicos pueden ser interesantes en cualquier clima y situación, aunque en aplicación directa son más recomendables para climas cálidos y/o situaciones de verano, debido a la adición de refrigeración evaporativa que aportan las aguas freáticas y las fluentes.

6. PARTICULARIDADES DE LA ZONA



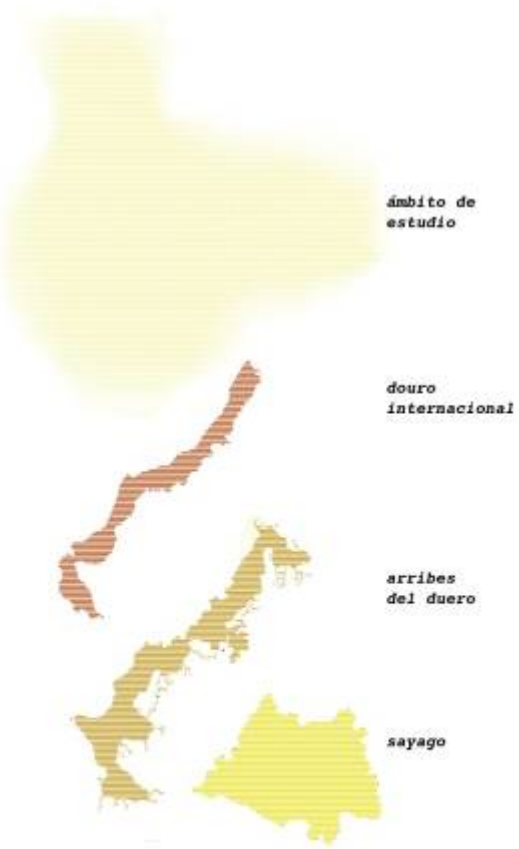


Figura 13 Ámbito de actuación

El estudio de campo se han visitado **80 poblaciones** dentro de la zona de estudio:

Zona de estudio: zona transfronteriza Parque natural Douro Internacional, Parque Natural Arribes del Duero y Parque Narual de Montesinho.

-Portugal: Braganza, Miranda de Douro, Vimioso y Mogadouro, especialmente la zona de frontera con España

-España: Noroeste Salmantino, en la “Comarca de Vitigudino-Los Arribes”. Suroeste zamorano, en la comarca de “El Sayago”, en especial la zona del parque natural de los Arribes del Duero.

La zona presenta tres climas diferenciados, que corresponden con:

-Microclima Atlántico, correspondiente a la vertiente portuguesa

-Microclima Mediterráneo, zona del Duero

-Microclima Continental, Zonas en Zamora y Salamanca

6.1 UBICACIÓN DENTRO DE LA ZONA DE ESTUDIO

En la zona de estudio se han encontrado diferentes muestras que presentan esta solución bioclimática, indicadas en el mapa, concretamente en las localidades de Urrós, en Portugal y Vilarino y Fermoselle en España. Los ejemplos hallados son principalmente bodegas soterradas en el terreno. Se hallan en una zona delimitada del ámbito de estudio debido a las necesarias condiciones del terreno para su construcción; en esta zona (en el entorno de Fermoselle) existe, junto al granito, suelos de gneis, similares en composición al granito, pero menos duras y más fáciles de horadar. Por ello, la localización limitada de estas construcciones que se muestran en el mapa:

Figura 14 Mapa de implantación –Geotermia-

A continuación se reproduce el detalle fotográfico geolocalizado correspondiente a las referencias que aparecen en el **Mapa de Implantación** de este sistema.

Lon: Lat: Alt: msm

Lon: Lat: Alt: msm

Lon: Lat: Alt: msm

Lon: 6° 23.44' 0.00" Lat: 41° 19.22' 0.00" Alt: 665.0000 msm

Lon: 6° 23.44' 0.00" Lat: 41° 19.22' 0.00" Alt: 665.0000 msm

Lon: 6° 23.92' 0.00" Lat: 41° 19.06' 0.00" Alt: 702.0000 msm

Lon: Lat: Alt: msm

Lon: 6° 23.63' 0.00" Lat: 41° 19.05' 0.00" Alt: 690.0000 msm

Lon: 6° 23.40' 0.00" Lat: 41° 19.26' 0.00" Alt: 692.0000 msm

Lon: Lat: Alt: msm

Lon: 6° 23.34' 0.00" Lat: 41° 19.29' 0.00" Alt: 692.0000 msm

Lon: 6° 23.04' 0.00" Lat: 41° 19.47' 0.00" Alt: 692.0000 msm

Lon: 6° 28.03' 0.00" Lat: 41° 20.80' 0.00" Alt: 708.0000 msm

Lon: 6° 23.64' 0.00" Lat: 41° 19.02' 0.00" Alt: 704.0000 msm

Lon: 6° 23.57' 0.00" Lat: 41° 19.10' 0.00" Alt: 679.0000 msm

Lon: 6° 23.58' 0.00" Lat: 41° 19.11' 0.00" Alt: 681.0000 msm

7. APLICACIÓN EN ARQUITECTURA CONTEMPORÁNEA

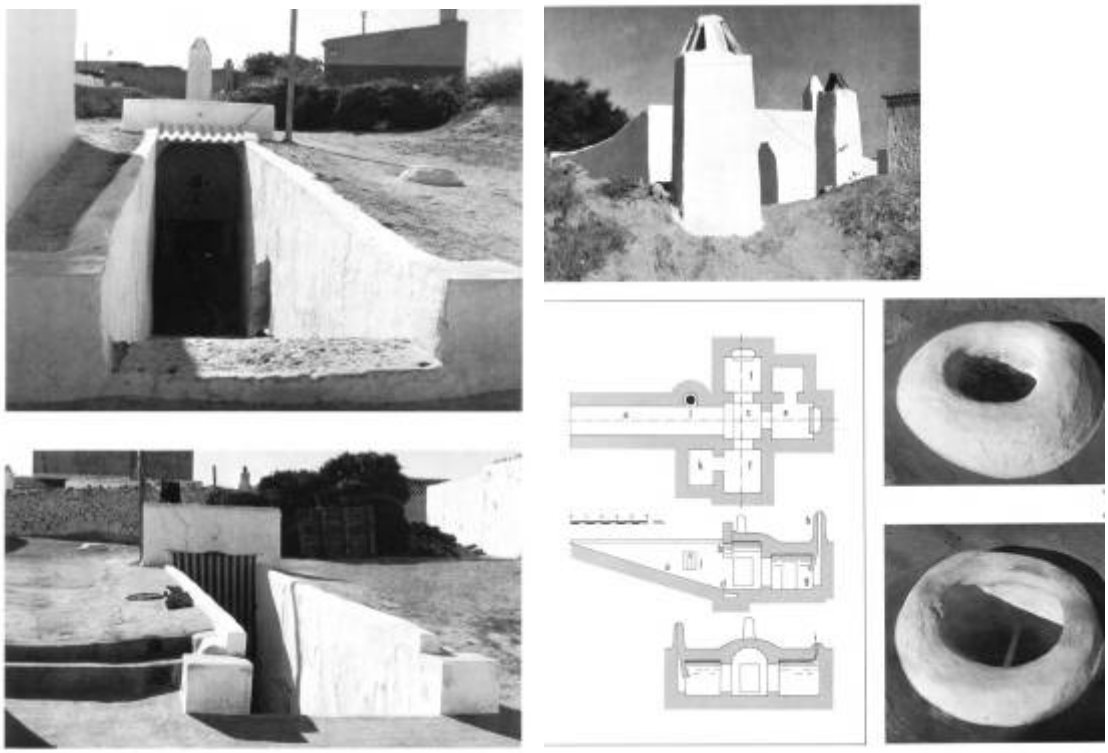


Figura 15 Viviendas subterráneas o “silos” en Villacañas (Toledo)

Las viviendas subterráneas son un ejemplo de la cueva evolucionada. En Villacañas, cuentan con una rampa de acceso y en su parte baja se suele encontrar el brocal del pozo. En el techo de algunas estancias se perforan unos pozos de luz, o lumbreras, que proporcionan iluminación y ventilación. Estos pozos de iluminación llevan un anillo exterior para evitar que las aguas de escorrentía del terreno entren en la vivienda.

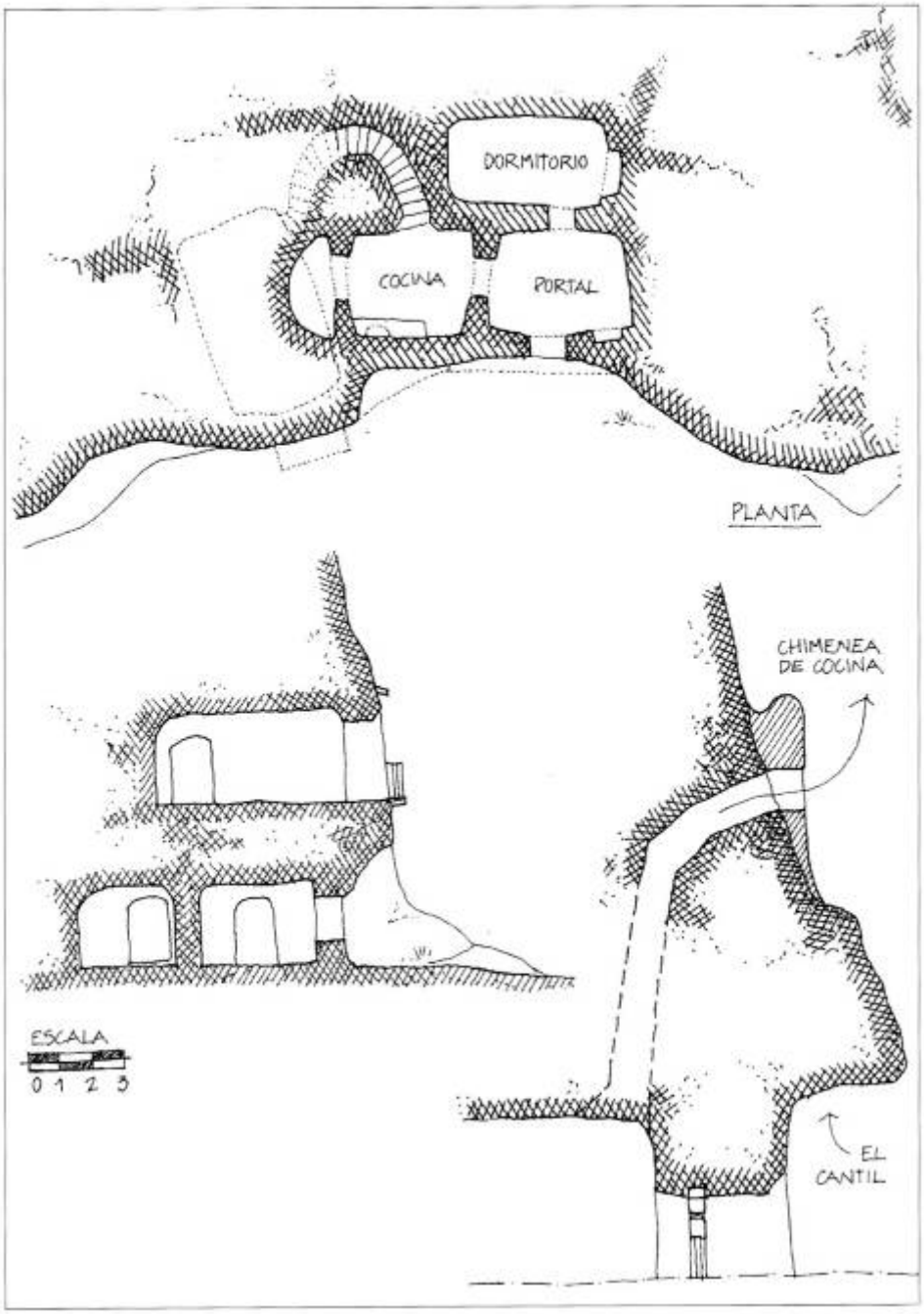


Figura 16 Belerda de Guadix (Granada). Barriada del Barranco Croquis de la planta de distribución, sección y detalle de la chimenea

En Belerda de Guadix existe multitud de ejemplos de casas cuevas. Estas cuevas están horadadas únicamente en el terreno blando del barranco, respetando la beta dura del cantil. La habitación superior se abre al paisaje a través de una balconera.

Figura 17 Casa excavada en Lanzarote. (César Manrique)

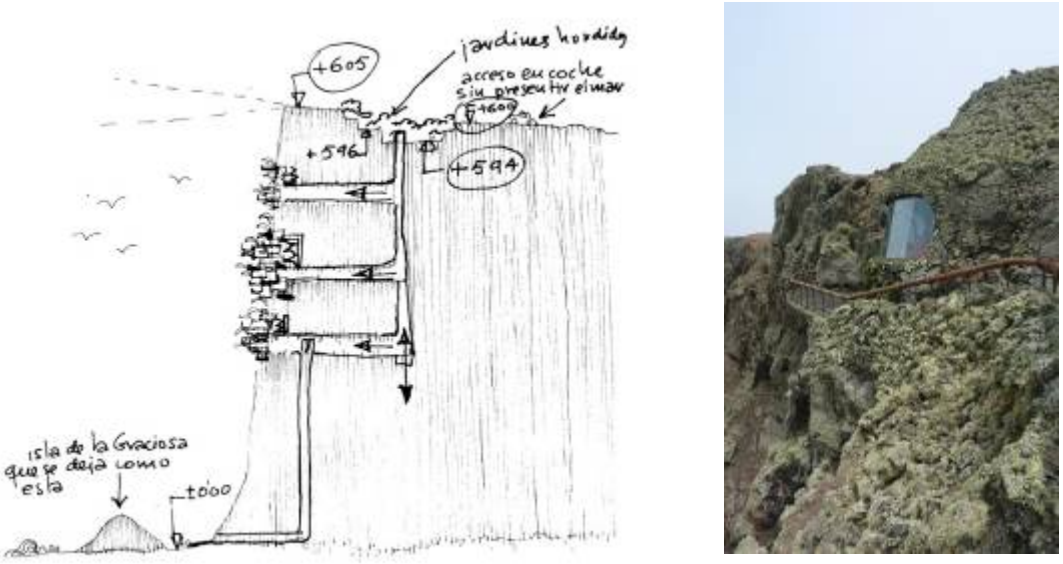


Figura 18 Sección de proyecto Ciudad de las Gaviotas, Risco de Famara , Lanzarote (Fernando Higueras, 1963) y resultado actual del proyecto.

Tanto César Manrique como Fernando Higueras son ejemplos de arquitectos que se han basado en la arquitectura tradicional de la zona, cogiéndola como ejemplo y respetándola, con un compromiso entre lo moderno y lo vernáculo, adecuándose al lugar y al clima.

Figura 19 Casa excavada tradicional, Lanzarote.

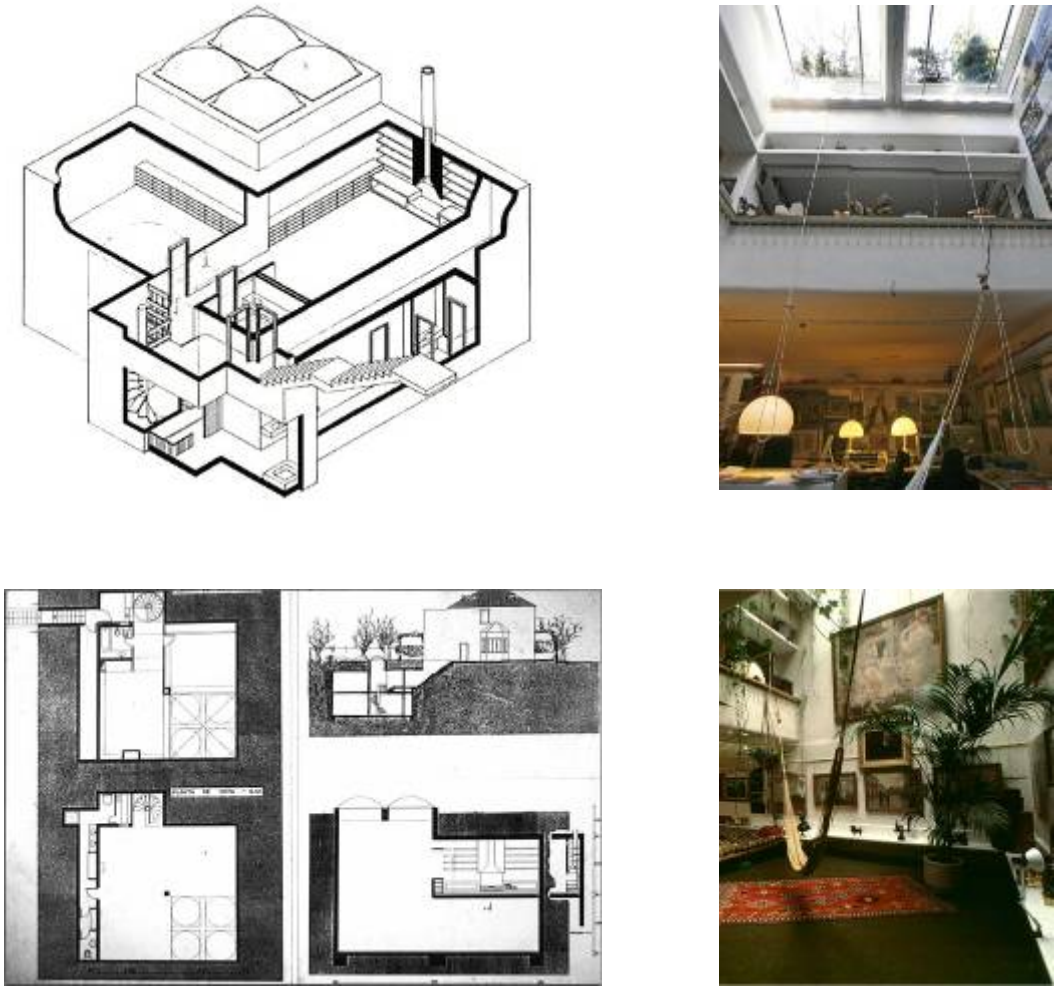


Figura 20 Casa Fernando Higueras, Madrid "Rascainfierno" (1975-1977)

"Es una pequeña vivienda subterránea de dos plantas cuadradas de 9x9m, excavadas bajo un pequeño jardín de la casita. Tiene una excelente luz cenital a través de 5 claraboyas de 2x2m, y en ella se disfruta de un absoluto silencio y excelente temperatura durante todo el año sin necesidad de aire acondicionado y apenas calefacción. La planta superior en forma de "L", al quitarle una esquina de 4.5×4.5m al cuadrado de 9x9m, crea una doble altura de 7m por la que desciende excelente luz cenital. Las hiedras del jardín buscan la luz nocturna y el calor, y convierten el interior en un agradable jardín subterráneo."

Fernando Higueras

Figura 21 Edificio sede de la Fundación Metrópoli, Alcobendas, Madrid. ECOBOX (Ángel de Diego y Vicente Olmedilla 2002-2003)

Ecobox se trata de un edificio creado con carácter experimental con un alto grado de compromiso bioclimático, donde su diseño se plantea con criterios arquitectónicos, instalaciones y sistemas bioclimáticos que desarrollan la eficiencia energética.

En este edificio existe un sistema donde se transmite la energía geotérmica del subsuelo al almacén energético situado bajo rasante, y desde ahí a los espacios interiores y cerramientos exteriores por un sistema de canalizaciones, por donde se impulsa aire exterior por pequeños ventiladores instalados en los patios ingleses.

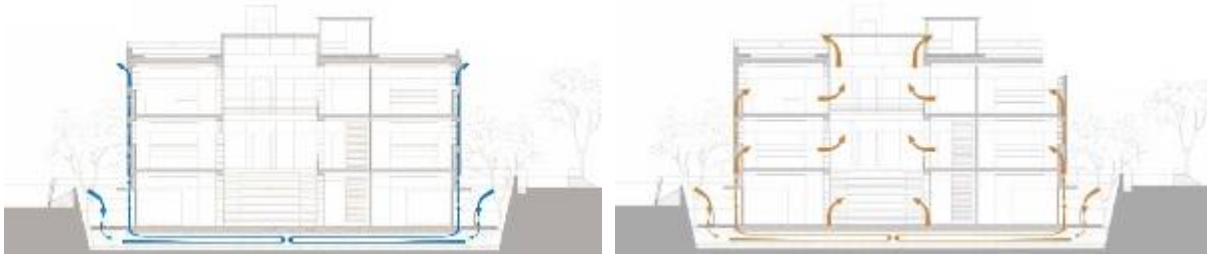


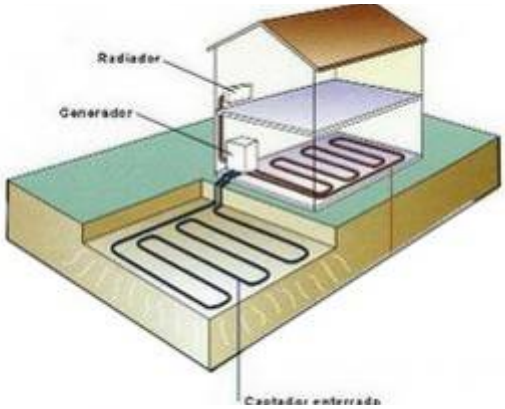
Figura 22 Refrigeración y ventilación desde almacenes energéticos ECOBOX

Figura 23 Ventilador captador ECOBOX

Desde estos almacenes energéticos del subsuelo se acondiciona de forma natural el aire exterior, que ventila y renueva el aire de de forma permanente y controlada.

Figura 24 Esquema funcionamiento pozo canadiense

El pozo canadiense es un sistema que consiste básicamente en hacer pasar un flujo de aire por tubos enterrados en el subsuelo para acondicionarlo antes de que penetre en el edificio, aprovechándose las temperaturas estables del subsuelo por su gran masa térmica y el intercambio de calor.



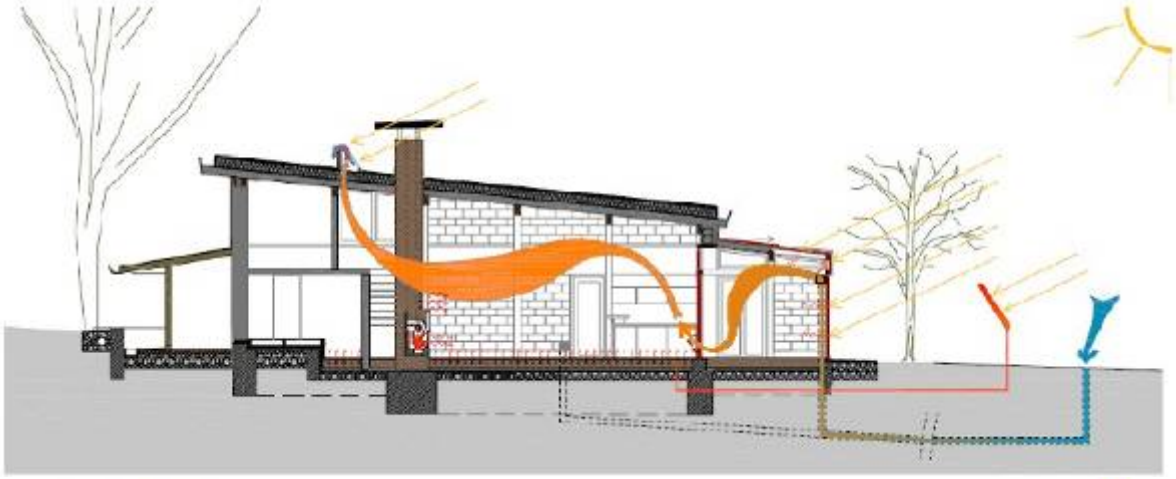


Figura 25 Esquema circulación del aire en invierno

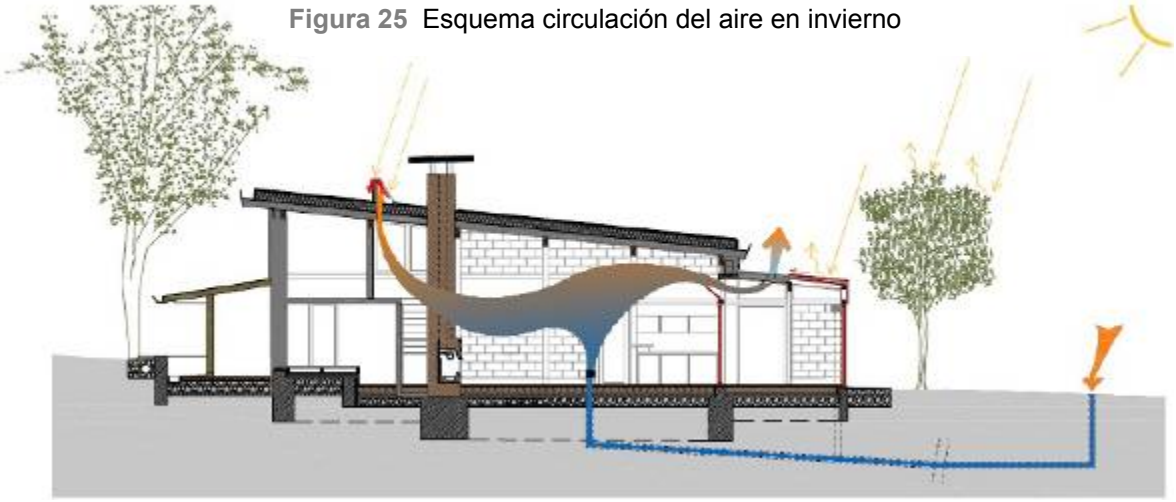


Figura 26 Esquema circulación del aire en verano

Referencias bibliográficas

Neila González, F. Javier: *"Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible"* Munilla-Lería. 2004.
Sandoval, Felix Jove: *"La vivienda excavada en tierra. El Barrio del Castillo en Aguilar de Campos: Patrimonio y Técnica constructiva"* Universidad de Valladolid, 2006.
Halacy, Daniel Stephen:*"Una nueva era de la energía solar"* Plaza & James, 1966.
Halacy, Daniel Stephen:*"Tierra, agua, viento y sol: nuestras alternativas"* Tres Tiempos, 1978.
Knie, Belmonte, Berthomieu, Madrid: *"Diseño de un edificio autosuficiente y "low cost" para autoconstrucción"* Master en Energía para el desarrollo sostenible. Universitat Politécnica de Catalunya. Tutor: Martí Rosas Casals 2010.
Fundación Arquitectura COAM: "Fernando Higueras. Intexturas Extructuras" Fundación Arquitectura COAM, 2008.
Flores, Carlos: *"Arquitectura popular española"* Aguilar, 1978.

Notas

[1] Daniel Stephen Halacy fue fundador de "Solar Energy Research Institute" actualmente "National Reservable Energy Laboratory" (NREL). Considerado precursor de la cocina solar al fabrica su "Cocina Solar 30-60" cuya construcción se basa en estos ángulos.

Cubierta verde

COOPERACIÓN TRANSFRONTERIZA ESPAÑA – PORTUGAL COOPERAÇÃO TRANSFRONTEIRIÇA

Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

biourb diversidad bioconstructiva

1. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

El techo verde de inercia combina la inercia térmica de la cubierta, provocando el efecto cueva, y la refrigeración evaporativa, ambas descritas en otras soluciones estudiadas.

En la zona de estudio se han encontrado chozos de pastores, llamados también chozas o casitas, así como molinos y otras construcciones que utilizan bóvedas por aproximación de hileras cubiertas por tierra y una capa vegetal. Este método constructivo se remonta al neolítico y lo podemos encontrar en Los Millares de Almería con una antigüedad de 3.000 años.

Si bien los chozos de pastores son alojamientos temporales, los molinos como este de Sobradillo, en la imagen, o el de Vilarino de los Aires, en la portada, son construcciones complejas con chimenea y camastro escavado para el molinero en el primero y sistema de desagües y diseño aerodinámico para las crecidas del Tormes, en el segundo.

Actualmente, gracias a sus características bioclimáticas esta solución está siendo muy utilizada por la arquitectura ecológica contemporánea, ya que además, produce oxígeno, alimento y depura el agua de lluvia entre otras ventajas.

Figura1 Molino en Sobradillo, Salamanca. Cubierta vegetal sobre bóveda por aproximación de hileras

2. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO

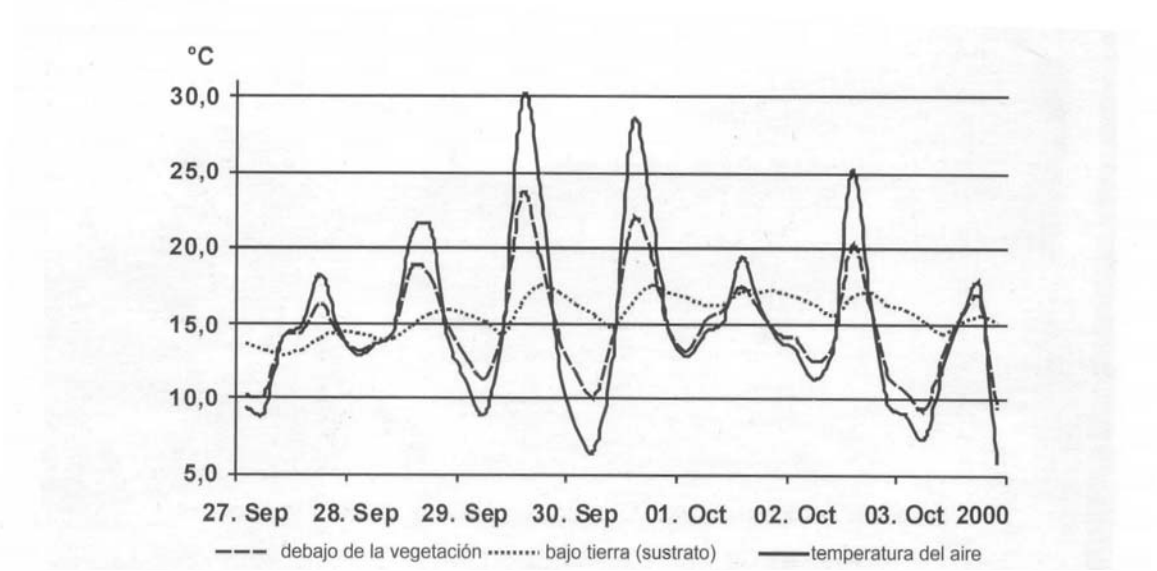


Figura 2 Temperaturas de un techo verde con un sustrato de 16 cm.,medidas durante una semana de verano, Kassel (Alemania)

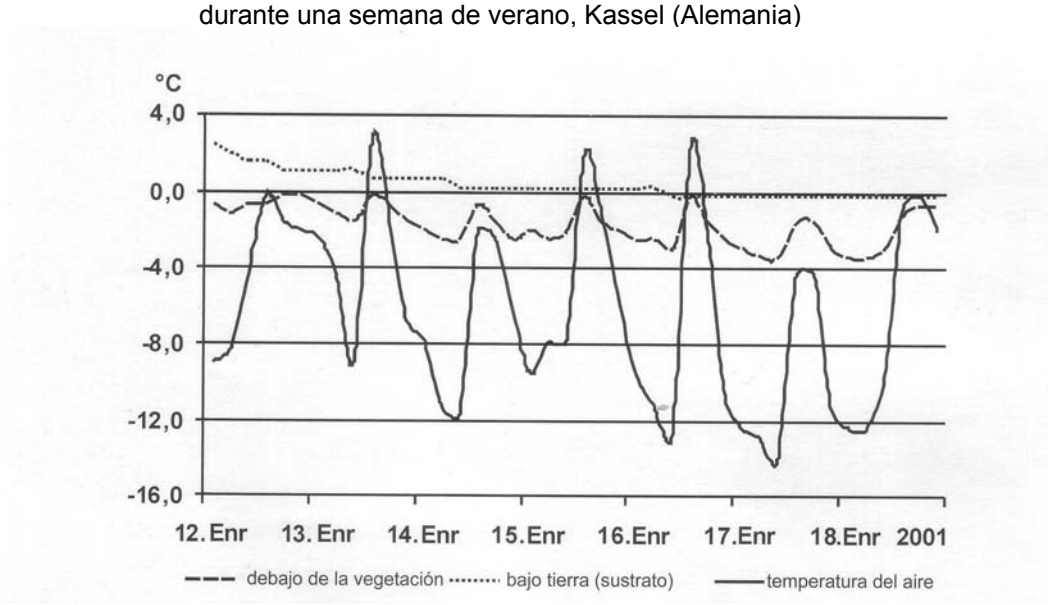


Figura 3 Temperaturas de un techo verde con un sustrato de 16 cm., medidas durante una semana de invierno, Kassel (Alemania)

El comportamiento bioclimático de los techos verdes de inercia supone el acercamiento del objeto edificado al “efecto cueva” sirviendo de amortiguación de las oscilaciones higrotérmicas del clima.

3. PRINCIPIOS FÍSICOS BIOCLIMÁTICOS

La regulación efectiva de temperatura en ambientes interiores se produce en espacios cubiertos por techos verdes mediante la acción simultánea de tres procesos físicos-químicos. Estos son (**Gernot Minke**, 2005):

- **Evaporación de agua**

  En la evaporación de un litro de agua son consumidos casi 2,2 MJ (530 Kcal) de energía. Esta energía es sustraída al edificio en periodo diurno (evaporación) y aportada en periodo nocturno (condensación).

- **Fotosíntesis**

  Por cada molécula de C6H12O6 (glucosa) generada son consumidos 2,83 Kj. El proceso se efectúa siempre en periodos asolados por lo que se constituye en apoyo al ciclo evaporativo.

- **Almacenamiento/aislamiento**

  Tanto la masa de tierra, como el propio agua retenido por la vegetación amortiguan el efecto de las oscilaciones térmicas en los ciclos diarios.

  El colchón de aire encerrado por la vegetación tiene efecto de aislamiento térmico, arroja sombra sobre la cubierta e impide que el viento llegue a la superficie de sustrato.

4. PARÁMETROS DE CÁLCULO A ESTUDIAR

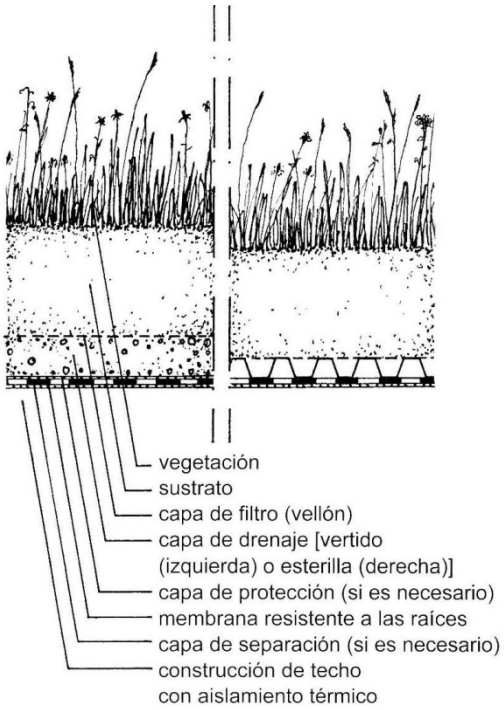


Figura 4 Construcción de un ajardinado de techo plano con sustrato en dos capas

Tipos de musgos para alturas de sustrato de 3 a 5 cm.
— Ceratodon purpurelis — Campothecium sericeum — Synthrichia rurales — Schistidium apocarpum — Barbula convolute — Brachythecium rutabuum — Bryum argenteum — Hypnum cypressi forme

Figura 5 Vegetación de musgo y Sedum para espesores de sustrato de 3 a 5 cm (según el Instituto Federal para la Construcción NRW 1998)

Las especies vegetales se elegirán con criterios de xerojardinería (especies locales de bajo mantenimiento) procurando de entre las especies disponibles la selección de un correcto aislamiento bajo la consideración de su adaptabilidad estacional.

Las capas de tierra y drenaje además de ser suficientes para la vida vegetal y la protección de la impermeabilización, se dimensionarán de acuerdo a cálculos de inercia térmica y amortiguamiento.

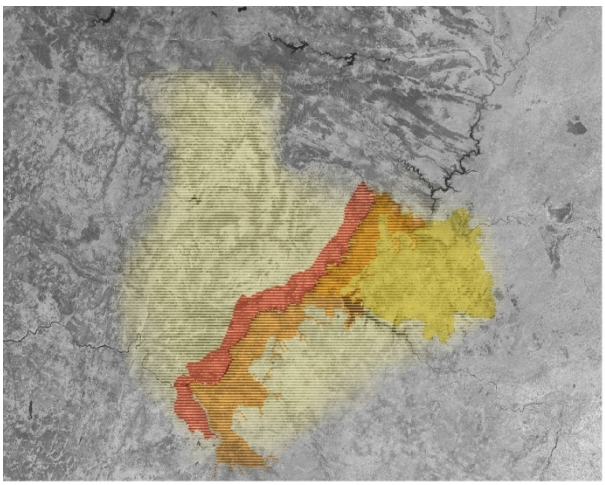
Techos verdes de inercia
+ regulación de temperatura
+ regulación de humedad
+ aislamiento
+ inercia

5. LOCALIZACIONES RECOMENDADAS

El amortiguamiento de fluctuaciones climáticas que hemos denominado “efecto cueva” hace recomendable este sistema para una gran amplitud de condiciones climáticas.

La selección bajo criterios de xerojardinería de las especies vegetales y la selección de estas bajo criterios térmicos proporcionarán los matices de adaptación a cada situación climática y de recursos locales.

6. PARTICULARIDADES DE LA ZONA



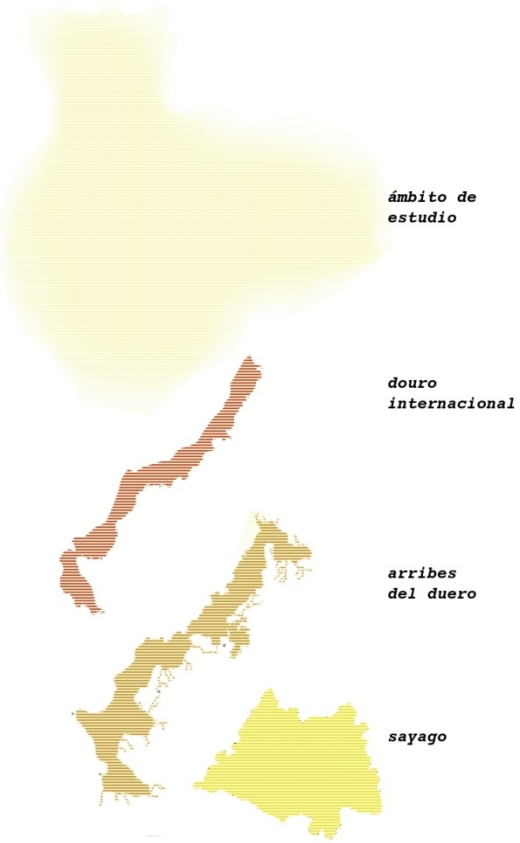


Figura 6 Ámbito de aplicación

Ejemplos del sistema localizado entre las **80 poblaciones** visitadas dentro de la zona de estudio:

Zona de estudio: zona transfronteriza Parque natural Douro Internacional, Parque Natural Arribes del Duero y Parque Narual de Montesinho.

- Portugal: Braganza, Miranda de Douro, Vimioso y Mogadouro, especialmente la zona de frontera con España

- España: Noroeste Salmantino, en la “Comarca de Vitigudino-Los Arribes”. Suroeste zamorano, en la comarca de “El Sayago”, en especial la zona del parque natural de los Arribes del Duero.

La zona presenta tres climas diferenciados, que corresponden con:

- Clima Atlántico, correspondiente a la vertiente portuguesa

- Microclima Mediterráneo, zona del Duero

- Clima Continental, Zonas en Zamora y Salamanca

6.1 LA ZONA DE ESTUDIO

En la zona de estudio se han encontrado soluciones constructivas que se pueden englobar dentro del sistema de techo verde de inercia. Se conservan ejemplos tradicionales, en chozas y molinos, existiendo también construcciones contemporáneas con esta solución.

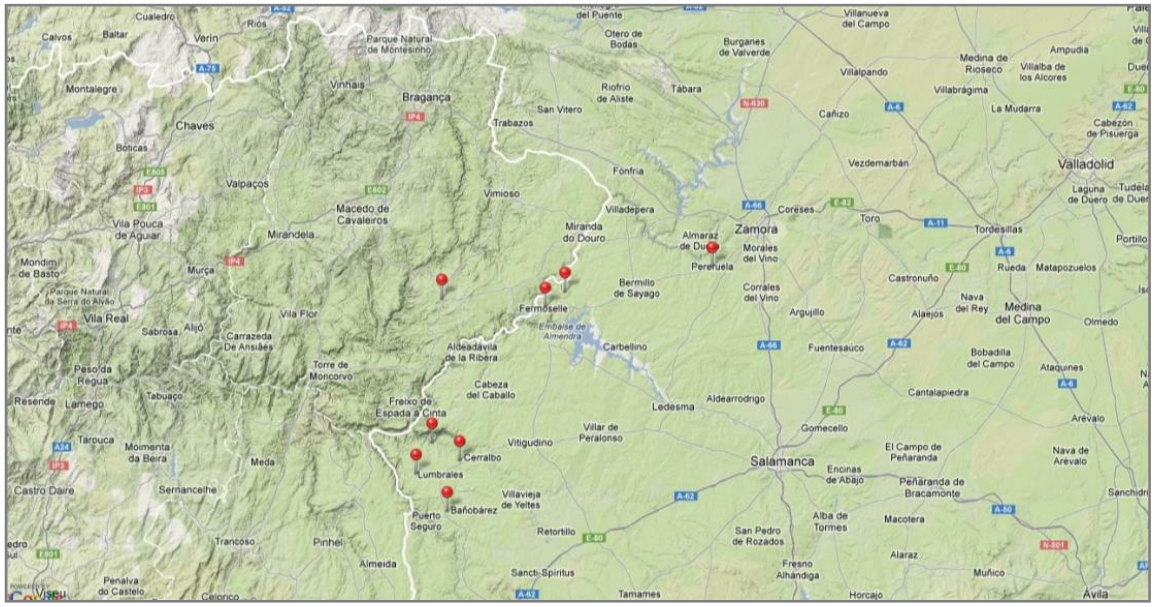
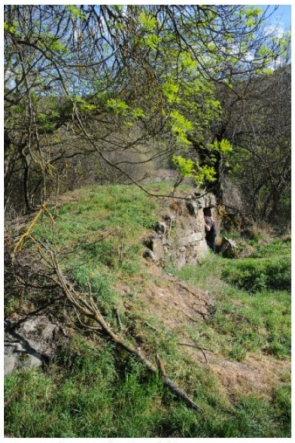


Figura 7 Mapa de implantación –Techo verde de inercia-

A continuación se reproduce el detalle fotográfico geolocalizado correspondiente a las referencias que aparecen en el **Mapa de Implantación** de este sistema.

Lon: Lat: Alt: msm



Lon: Lat: Alt: msm

Lon: 6° 25.06' 0.00" Lat: 41° 18.74' 0.00" Alt: 663.0000 msm

Lon: 6° 25.07' 0.00" Lat: 41° 18.74' 0.00" Alt: 657.0000 msm

Lon: 6° 23.92' 0.00" Lat: 41° 19.16' 0.00" Alt: 666.0000 msm

Lon: 6° 44.59' 0.00" Lat: 41° 2.16' 0.00" Alt: 442.0000 msm

Lon: 6° 44.59' 0.00" Lat: 41° 2.16' 0.00" Alt: 448.0000 msm

Lon: 6° 44.30' 0.00" Lat: 41° 2.26' 0.00" Alt: 409.0000 msm

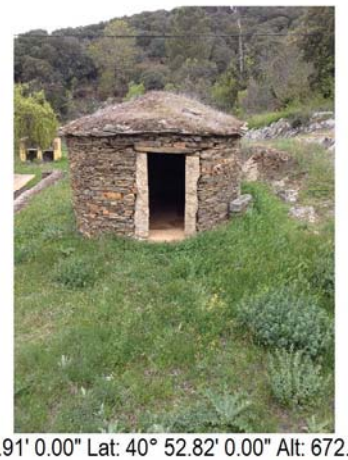
Lon: 6° 43.52' 0.00" Lat: 40° 57.90' 0.00" Alt: 673.0000 msm

Lon: 6° 43.51' 0.00" Lat: 40° 57.89' 0.00" Alt: 670.0000 msm

Lon: 6° 42.49' 0.00" Lat: 40° 57.85' 0.00" Alt: 678.0000 msm

Lon: 6° 39.34' 0.00" Lat: 40° 58.27' 0.00" Alt: 592.0000 msm

Lon: 6° 41.69' 0.00" Lat: 40° 50.95' 0.00" Alt: 684.0000 msm



Lon: 6° 44.91' 0.00" Lat: 40° 52.82' 0.00" Alt: 672.0000 msm

Lon: 6° 47.54' 0.00" Lat: 40° 56.27' 0.00" Alt: 603.0000 msm

Lon: 6° 47.54' 0.00" Lat: 40° 56.27' 0.00" Alt: 599.0000 msm

Lon: 6° 47.54' 0.00" Lat: 40° 56.28' 0.00" Alt: 607.0000 msm

Lon: 5° 52.59' 0.00" Lat: 41° 24.97' 0.00" Alt: 781.0000 msm

Lon: 6° 21.91' 0.00" Lat: 41° 19.73' 0.00" Alt: 745.0000 msm

Lon: 6° 21.91' 0.00" Lat: 41° 19.72' 0.00" Alt: 741.0000 msm

Lon: 6° 21.91' 0.00" Lat: 41° 19.72' 0.00" Alt: 740.0000 msm

7. APLICACIÓN EN ARQUITECTURA CONTEMPORÁNEA

Figura 8 Hotel Rogner, Blumau, Estiria (F. Hundertwasser, 1990-1997)

Complejo termal integrado dentro de la topografía de las praderas. Edificios con cubierta de hierba, que junto con el aislamiento térmico y acústico, también tiene funciones de depuración de agua de lluvia, filtrándola y aprovechándola para regenerar vegetación y humus.

Figura 9 Las casas de los praderas altas, Centro Termal de Blumau, Estiria (F. Hundertwasser 1990-1997)

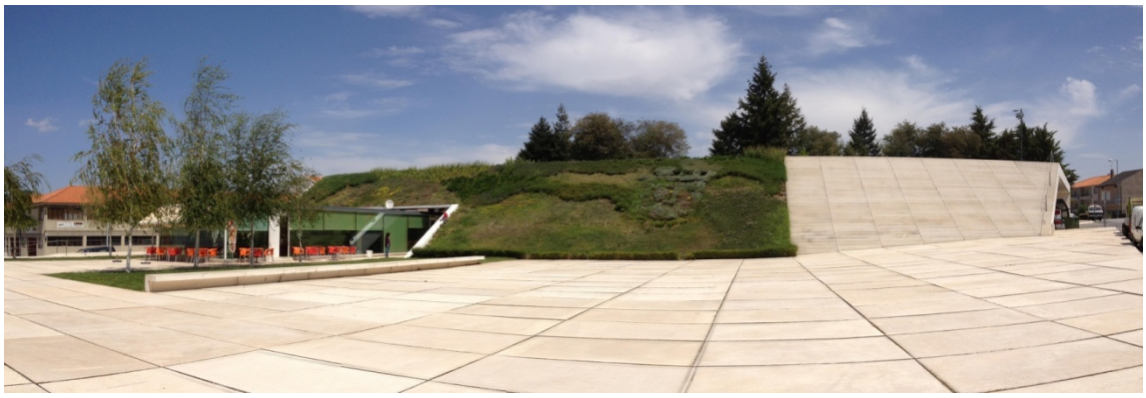


Figura 10 Cubierta Estación de autobuses Mogadouro, Portugal (Cannatà & Fernandes Arquitectos 2006)

Figura 11 Green Museum, San Francisco, Estados Unidos (Renzo Piano, 2008)

Figura 12 Chicago's City Hall Rooftop Garden, Estados Unidos (William McDonough, 2001)

El edificio del ayuntamiento (Chicago's City Hall) es un ejemplo de lo que su administración intenta incentivar: la construcción sostenible en edificios públicos y privados, mediante los *"Chicago Standards".* Dentro de este planteamiento, se realizó un estudio que concluye que si en un periodo de 10 años todos los tejados de Chicago fuesen ecológicos el ahorro podría elevarse hasta los 100 millones de dólares anuales, sólo en gastos de aire acondicionado.

Figura 13 Cubiertas plantas ecológicas, Stuttgart, Alemania.

Desde los años 60 en Alemania se está investigando en este tipo de solución bioclimática y actualmente el 15% de los techos planos son verdes, lo que supone una superficie de aproximadamente 13,5 millones de metros cuadrados.

Mientras, la normativa municipal de ciudades como Vancouver, Chicago, Stuttgart, Singapur o Tokio, empiezan a generar leyes que obligan a cubrir el 20% de las terrazas de los edificios con plantas.

Referencias bibliográficas

Granados Menéndez, Helena*: "Principios y estrategias del diseño bioclimático en la arquitectura y el urbanismo. 03. Eficiencia energética"* Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España, 2006.
Neila González, F. Javier: *"Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible"* Munilla-Lería. 2004.
Gernot Minke: *"Techos verdes: Sencillo y eficaz; planificación, ejecución, consejos prácticos"* EcoHabitar, 2005.
Pierre Restany: *"El poder del arte. Hundertwasser. El pintor-rey con sus cinco pieles"* Taschen, 2001

Muro de Inercia

COOPERACIÓN TRANSFRONTERIZA ESPAÑA - PORTUGAL COOPERAÇÃO TRANSFRONTEIRIÇA

Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

biourb diversidad bioconstructiva

1. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

*"En todo caso, el comportamiento, higrométrico de la palloza, debido a su considerable **inercia térmica**, por una parte, y a la permeabilidad de su techumbre, por otra, siempre será incomparablemente mejor que las edificaciones recientes contiguas, más convencionales, a donde algunos campesinos han acabado por mudarse, empujados, más que nada, por convenciones sociales."*

"Ropa, sudor y arquitecturas"
Fernando Ramón Moliner, 1980.
Arquitecto y Premio Nacional de Vivienda 2009

Existen tres tipos de aislamiento térmico:

- Aislamiento resistivo
- Aislamiento reflectivo
- Aislamiento capacitivo

De los tres, los dos primeros se basan en impedir el paso de calor de una cara a otra de un cerramiento, mientras que el tercero consiste en almacenarlo dentro de él, impidiendo que entre en verano y que salga en invierno, de estos tres, además, es el tercero el único que capta de manera pasiva la radiación solar.

En un clima frío lo más importante es impedir el paso del calor al exterior, con lo que se valorará el coeficiente de transmisión térmica CTT del cerramiento (aislamiento resistivo) mientras que en un clima templado con oscilaciones de temperatura y mayor radiación solar resulta más eficiente su captación y mantenimiento.

Según Yáñez Paradera:

"*Mientras que el aislamiento resistivo y el reflectante ofrecen una respuesta casi instantánea a los cambios de temperatura, sin embargo el aislamiento capacitivo tiene una respuesta diferida en el tiempo. Esta modalidad se utiliza en climas con veranos muy calurosos, con gran amplitud térmica a lo largo del día"* (**Yáñez**, 2008)

Actualmente las normativas y estándares de cálculo en la Península Ibérica son adaptaciones y herencias recogidas de otras normativas europeas, diseñadas para otra latitud, con climas más fríos y menor cantidad de radiación, basándonos en la errónea premisa de que al hacer más frío en Alemania o en Noruega sus técnicas de aislamiento serán mejores e ignorando por completo el aislamiento capacitivo o inercial, más propio de nuestro clima.

Así, la arquitectura tradicional ibérica, que se basa como estamos viendo en cerramientos de alta inercia, de alto aislamiento capacitivo, coincide con lo que proponen los principales expertos en bioclimática como F. Javier Neila que afirma:

"El modo bioclimático de acumulación de energía óptimo es la utilización de la propia masa del edificio, optimizando por tanto las inversiones constructivas, la masa térmica del edificio será el destino de la acumulación, y la inercia térmica su consecuencia" (**Neila**, 2004)

Esto coincide con la impresión repetida por los actuales habitantes de estas viviendas tradicionales, y así Antonio, vecino de la calle Nogal de Fermoselle afirma, como todos los entrevistados durante el trabajo de campo en la zona, que:

"Las casas de piedra son más frescas en verano y más calientes en invierno que las nuevas, no dejando pasar el calor en agosto ni el frío en enero"

Por otro lado, los nuevos estándares para viviendas ecológicas como el **Passiv House** [1] ya contemplan este tipo de adaptaciones basadas en cerramientos captadores de gran masa para latitudes más templadas como podemos ver en el edificio residencial Salvatierra, único proyecto francés del proyecto europeo Cepheus [2], avalado con el sello de vivienda pasiva (Passivhaus) que consigue gracias a la inercia de su muro de 50 centímetros de adobe el confort optimo en invierno y en verano (ver Anexo I).

Por último, un estudio publicado recientemente que compara nueve cerramientos teniendo en cuenta las variables mencionadas, elaborado siguiendo los métodos de cálculo de la Normativa UNE-EN-ISO específica para cada uno de los elementos estudiados, pone de manifiesto que la solución convencional actual es la menos eficiente de todas las estudiadas para un funcionamiento bioclimático (**Corominas**, 2012) (ver Anexo II)

Por tanto, según lo las conclusiones extraídas por los expertos en bioclimática, las publicaciones académicas y especializadas y los nuevos estándares europeos en vivienda pasiva son las mismas a las que ha llegado la arquitectura tradicional por evolución y adaptación (como se termina de exponer más adelante), siendo imprescindible un cambio de paradigma a la hora de entender los cerramientos en la península.

2. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO

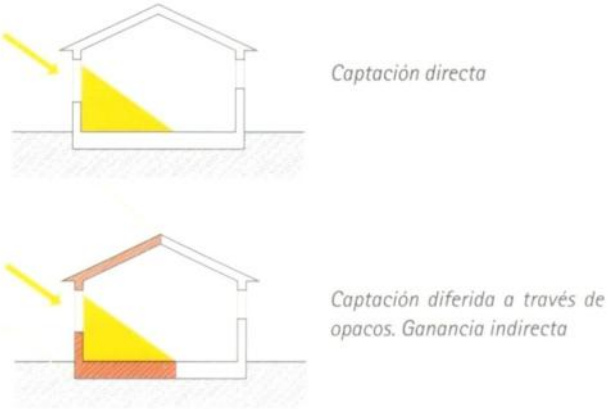


Figura 1 Sistema de captación solar pasiva

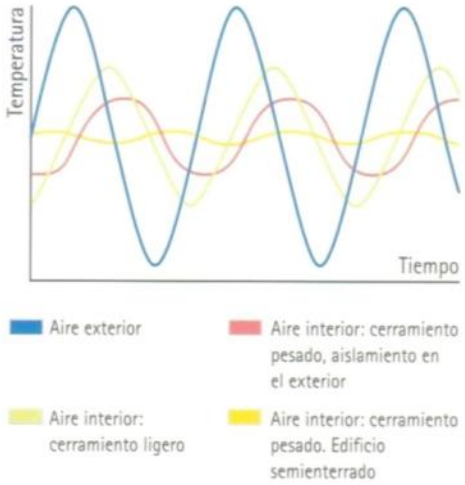


Figura 2 Efecto de la inercia térmica en diferentes configuraciones constructivas a lo largo de períodos diarios.

Un edificio desde el punto de vista energético se considera un sistema en el que hay flujos de ganancias y pérdidas de energía.

Las ganancias pueden ser a través de los huecos existentes, por captación de la envolvente o por aparatos internos.

Las pérdidas serán por conducción a través de los cerramientos opacos o transparentes, pero, sobre todo, mediante la necesaria renovación de aire.

El aislamiento capacitivo o inercial utiliza materiales de alta capacidad térmica que disminuyen el flujo de calor al acumular en ellos parte de este.

3. PRINCIPIOS FÍSICOS BIOCLIMÁTICOS

Los sistemas de captación diferida y acumulación térmica a través de cerramiento de gran masa térmica transmiten parte del calor al interior de la construcción con un cierto retraso y devuelve parte de esa energía al exterior.
La inercia térmica es la capacidad de un elemento para contener y devolver energía calorífica y de las características termo físicas de los materiales que lo componen (ver Anexo III)

- Capacidad térmica de un elemento

$$C = mci = (V \rho)\, ci = S\,(e\, \rho)\, ci$$

C = calor almacenado por grado de diferencia de temperatura
ci = calor específico
V = volumen m = masa
ρ = densidad
S = superficie
e = espesor

- Coeficiente de estabilidad térmica

El coeficiente de estabilidad térmica relaciona la amplitud térmica en el exterior con el interior de un edificio.
Los valores altos de inercia térmica permiten conseguir uno de los objetivos más deseables del edificio como es la estabilidad térmica.

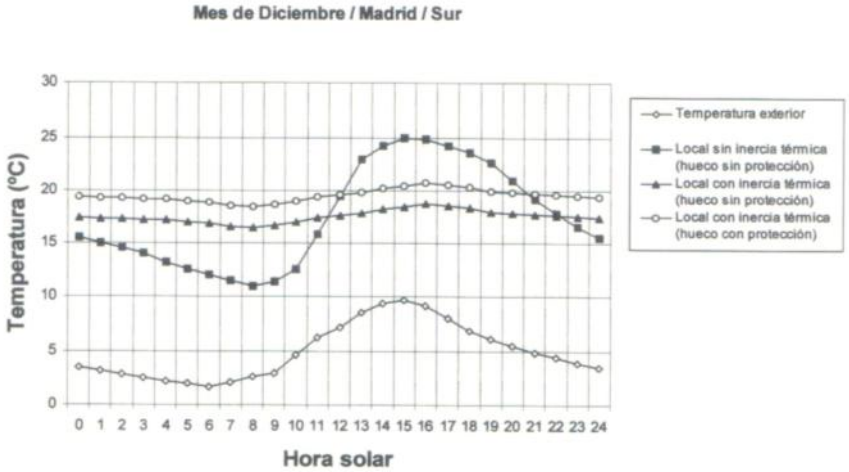


Figura 3 Ejemplo de la inercia térmica en la evolución de la Temperatura interior en condiciones de invierno

- **Amortiguamiento**

Porcentaje del calor absorbido por el muro que es devuelto al exterior.

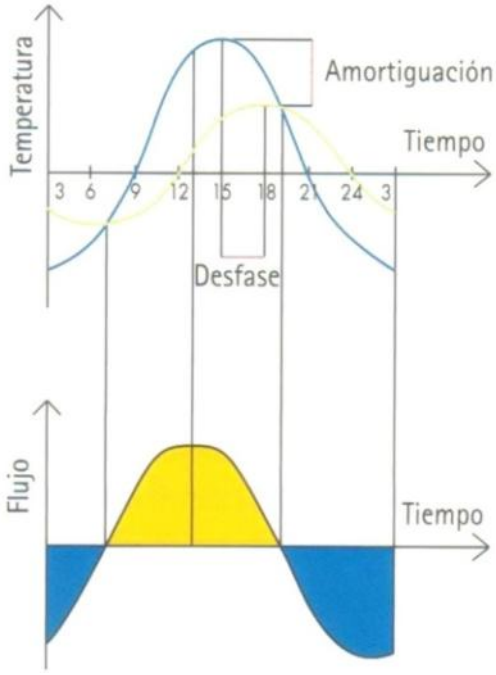


Figura 4 Efectos de la inercia térmica, Amortiguamiento y desfase de onda térmica

- **Desfase de la onda de calor**

Tiempo necesario para que el calor penetre de la cara exterior a la interior de un cerramiento.

- **Difusividad térmica (K)**

La difusividad térmica es el parámetro que mide la velocidad de calentamiento de un material y depende de la conductividad térmica (k) y de su inercia.

$$K = \frac{k}{\rho c}$$

El granito y la pizarra utilizados en la arquitectura tradicional de la zona tienen alta difusividad, cumpliendo la función por su cara exterior de absorber la radiación solar que incide sobre él, lo que

sumado al bajo albedo del acabado convierte a este cerramiento en muro captador.

- **Efusividad térmica (b)**

Mide la capacidad efectiva de los materiales para almacenar calor, tanto la piedra como el barro tiene una alta efusividad, como se puede observar en las termografías adjuntas el barro de las juntas del muro, al tener conductividad baja y por tanto baja difusividad, almacena y mantiene durante más tiempo la energía solar captada por el granito.

$$b=\sqrt{\rho\, ci\, k}$$

4. PARÁMETROS DE CÁLCULO A ESTUDIAR

El punto de partida es la conjunción del clima local y los materiales locales. El objetivo son herramientas de diseño adaptadas.

Según lo expuesto es necesario para construir una arquitectura eficiente y adaptada a la latitud peninsular utilizar con cerramientos que contemplen el aislamiento capacitivo. Estos serían los parámetros a tener en cuenta

- Color y acabado de la cara exterior

El alto albedo funcionaría en este caso como aislamiento reflectivo para compensar el sobre calentamiento en zonas de climas más cálidos dentro de la península como los mediterráneos.

La superficie de la capa exterior ha de tener material difusivo para captar energía en los climas tanto Continental como Atlántico.

-Orientación y disposición del elemento

-Capacidad de almacenamiento del elemento

Efecto batería térmica

En muros de un solo material:

-El grosor del mismo.

En muros multicapa:

-Los distintos grosores y materiales de dichas capas y el orden de colocación interior-exterior, incluido acabados.
-Superficie de intercambio de los diferentes materiales difusivo-efusivo.

-Volumen de material efusivo en m2

-Cualidad transpirable

5. LOCALIZACIONES RECOMENDADAS

Se recomienda cerramientos con este tipo de aislamiento capacitivo, en general, en climas templados con gran amplitud de temperatura a lo largo de las veinticuatro horas del día.

En los lugares donde los veranos sean muy calurosos se evitará el sobrecalentamiento con muros vegetales protectores de hoja caduca, acabados de alto albedo o elementos de protección solar estacional.

El elemento más adecuado para ganancias energéticas en la fachada Sur ya que recibe más horas de Sol en invierno que en verano.

6. PARTICULARIDADES DE LA ZONA

Ejemplos del sistema localizado entre las **80 poblaciones** visitadas dentro de la zona de estudio:

Zona de estudio: zona transfronteriza Parque natural Douro Internacional, Parque Natural Arribes del Duero y Parque Narual de Montesinho.

- Portugal: Braganza, Miranda de Douro, Vimioso y Mogadouro
- España: Salamanca, Zamora.

6.1 UBICACIÓN DENTRO DE LA ZONA DE ESTUDIO

En la zona de estudio se han encontrado muros de cerramientos de alta inercia, en la totalidad de las tipologías tradicionales existentes, sin encontrar ningún ejemplo de vivencia tradicional basada en aislamientos resistivos ni reflectivos.

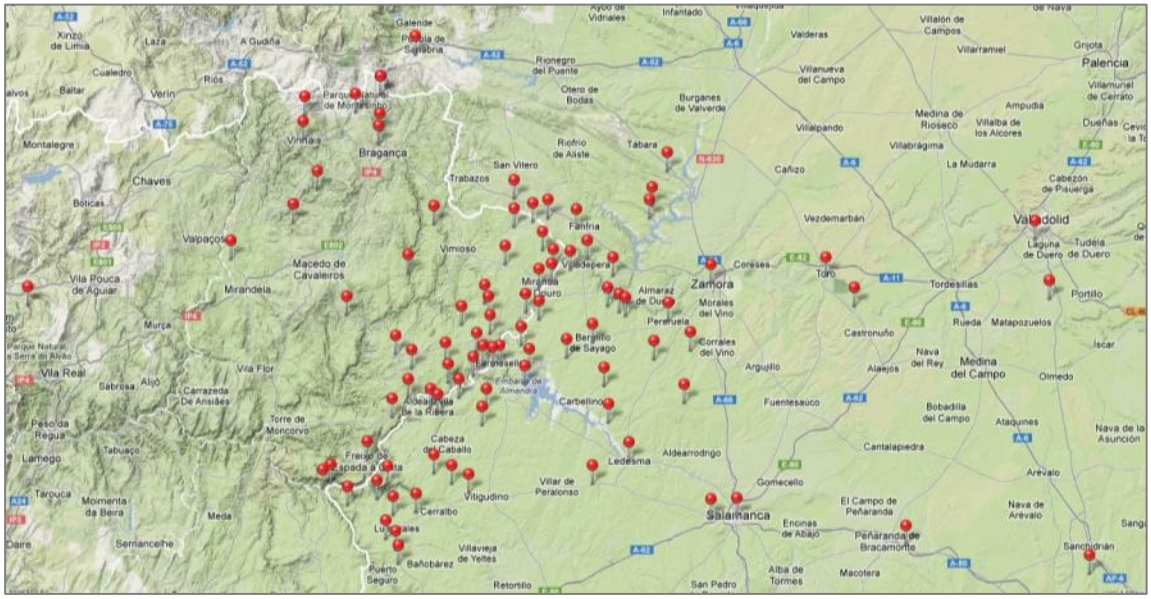
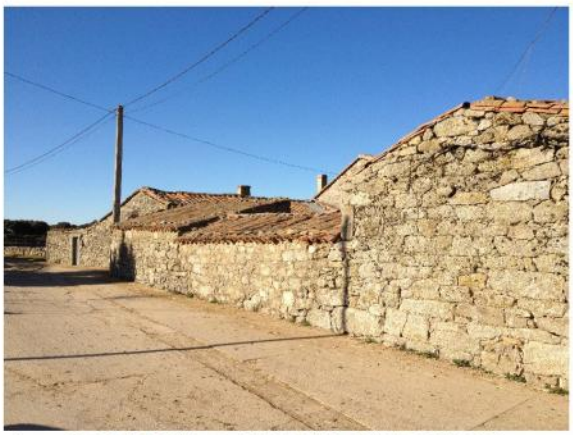


Figura 5 Mapa de implantación –muros de inercia-

A continuación se reproduce el detalle fotográfico geolocalizado correspondiente a las referencias que aparecen en el **Mapa de Implantación** de este sistema.
Asimismo se incluyen termografías representativas de algunos de los muros, captadas a diferentes horas, durante la realización del estudio.



Lon: 6° 6.31' 0.00" Lat: 41° 28.24' 0.00" Alt: 754.0000 msm

Lon: 6° 2.97' 0.00" Lat: 41° 31.24' 0.00" Alt: 787.0000 msm

Lon: 6° 2.94' 0.00" Lat: 41° 31.31' 0.00" Alt: 776.0000 msm

Lon: 6° 30.18' 0.00" Lat: 41° 23.42' 0.00" Alt: 695.0000 msm

Lon: 6° 22.79' 0.00" Lat: 41° 32.85' 0.00" Alt: 729.0000 msm

Lon: 6° 22.07' 0.00" Lat: 41° 24.03' 0.00" Alt: 641.0000 msm

Lon: 6° 29.63' 0.00" Lat: 41° 0.99' 0.00" Alt: 752.0000 msm

Lon: 6° 39.38' 0.00" Lat: 40° 58.30' 0.00" Alt: 633.0000 msm

Lon: 6° 3.94' 0.00" Lat: 41° 27.07' 0.00" Alt: 773.0000 msm

Lon: 6° 23.83' 0.00" Lat: 41° 19.05' 0.00" Alt: 686.0000 msm

Lon: 6° 16.49' 0.00" Lat: 41° 25.21' 0.00" Alt: 709.0000 msm

Lon: 6° 16.50' 0.00" Lat: 41° 25.23' 0.00" Alt: 732.0000 msm

Lon: 6° 16.50' 0.00" Lat: 41° 25.13' 0.00" Alt: 737.0000 msm

Lon: 6° 16.26' 0.00" Lat: 41° 25.25' 0.00" Alt: 731.0000 msm

Lon: 6° 6.04' 0.00" Lat: 41° 28.40' 0.00" Alt: 714.0000 msm

Lon: 6° 6.10' 0.00" Lat: 41° 28.37' 0.00" Alt: 745.0000 msm

Lon: 6° 33.86' 0.00" Lat: 41° 19.35' 0.00" Alt: 751.0000 msm

Lon: 6° 33.65' 0.00" Lat: 41° 17.83' 0.00" Alt: 681.0000 msm

Lon: 6° 33.85' 0.00" Lat: 41° 17.79' 0.00" Alt: 695.0000 msm

Lon: 6° 35.09' 0.00" Lat: 41° 16.84' 0.00" Alt: 708.0000 msm

Lon: 5° 52.62' 0.00" Lat: 41° 24.97' 0.00" Alt: 756.0000 msm

Lon: 6° 48.33' 0.00" Lat: 41° 5.57' 0.00" Alt: 457.0000 msm

Lon: 6° 48.24' 0.00" Lat: 41° 5.53' 0.00" Alt: 465.0000 msm

Lon: 6° 57.60' 0.00" Lat: 41° 43.23' 0.00" Alt: 740.0000 msm

Lon: 6° 10.91' 0.00" Lat: 41° 32.24' 0.00" Alt: 780.0000 msm

Lon: 6° 25.64' 0.00" Lat: 41° 23.18' 0.00" Alt: 714.0000 msm

Lon: 6° 28.08' 0.00" Lat: 41° 20.77' 0.00" Alt: 704.0000 msm

Lon: 6° 28.09' 0.00" Lat: 41° 20.78' 0.00" Alt: 706.0000 msm

Lon: 6° 26.73' 0.00" Lat: 41° 27.59' 0.00" Alt: 715.0000 msm

Lon: 6° 21.29' 0.00" Lat: 41° 28.37' 0.00" Alt: 706.0000 msm

Lon: 6° 21.28' 0.00" Lat: 41° 28.36' 0.00" Alt: 718.0000 msm

Lon: 5° 44.79' 0.00" Lat: 40° 57.58' 0.00" Alt: 832.0000 msm

Lon: 6° 42.63' 0.00" Lat: 40° 51.03' 0.00" Alt: 671.0000 msm

Lon: 6° 44.90' 0.00" Lat: 40° 52.36' 0.00" Alt: 653.0000 msm

Lon: 6° 44.89' 0.00" Lat: 40° 52.37' 0.00" Alt: 634.0000 msm

Lon: 6° 44.97' 0.00" Lat: 40° 54.58' 0.00" Alt: 667.0000 msm

Lon: 6° 26.29' 0.00" Lat: 41° 12.96' 0.00" Alt: 756.0000 msm

Lon: 6° 37.50' 0.00" Lat: 41° 15.93' 0.00" Alt: 629.0000 msm

Lon: 6° 15.83' 0.00" Lat: 41° 34.86' 0.00" Alt: 773.0000 msm

Lon: 6° 43.14' 0.00" Lat: 41° 20.32' 0.00" Alt: 757.0000 msm

Lon: 5° 52.58' 0.00" Lat: 41° 24.97' 0.00" Alt: 772.0000 msm

Lon: 5° 52.58' 0.00" Lat: 41° 24.97' 0.00" Alt: 772.0000 msm

Lon: 5° 52.50' 0.00" Lat: 41° 24.97' 0.00" Alt: 770.0000 msm

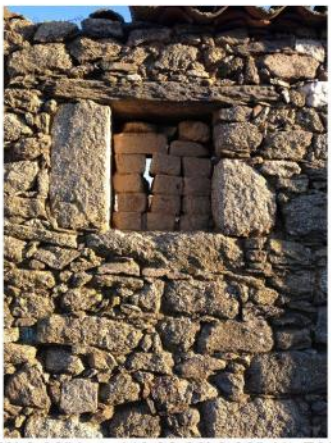
Lon: 6° 57.62' 0.00" Lat: 41° 43.21' 0.00" Alt: 739.0000 msm

Lon: 6° 20.97' 0.00" Lat: 41° 38.49' 0.00" Alt: 725.0000 msm

Lon: 6° 17.59' 0.00" Lat: 41° 38.73' 0.00" Alt: 823.0000 msm

Lon: 6° 16.36' 0.00" Lat: 41° 37.51' 0.00" Alt: 803.0000 msm

Lon: 6° 16.36' 0.00" Lat: 41° 37.51' 0.00" Alt: 803.0000 msm



Lon: 6° 10.73' 0.00" Lat: 41° 32.26' 0.00" Alt: 763.0000 msm

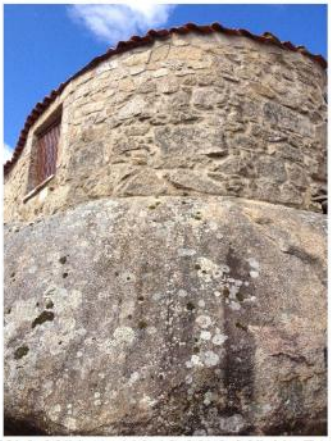
Lon: 6° 11.01' 0.00" Lat: 41° 32.23' 0.00" Alt: 763.0000 msm

Lon: 6° 15.38' 0.00" Lat: 41° 27.01' 0.00" Alt: 679.0000 msm

Lon: 6° 26.16' 0.00" Lat: 41° 0.49' 0.00" Alt: 779.0000 msm

Lon: 6° 26.17' 0.00" Lat: 41° 0.50' 0.00" Alt: 778.0000 msm

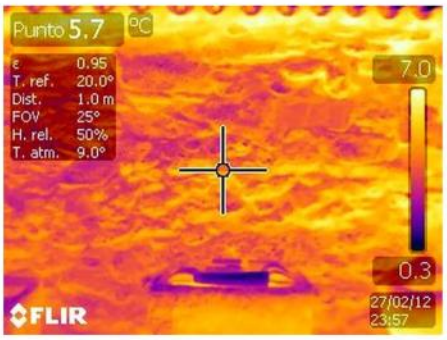
Lon: 6° 44.97' 0.00" Lat: 40° 54.58' 0.00" Alt: 667.0000 msm



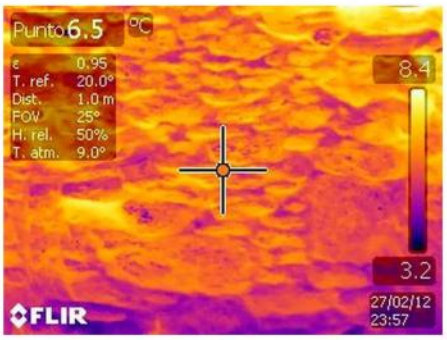
Lon: 6° 23.58' 0.00" Lat: 41° 19.02' 0.00" Alt: 711.0000 msm

Lon: 6° 23.58' 0.00" Lat: 41° 19.02' 0.00" Alt: 706.0000 msm

Lon: 6° 15.91' 0.00" Lat: 41° 34.88' 0.00" Alt: 769.0000 msm

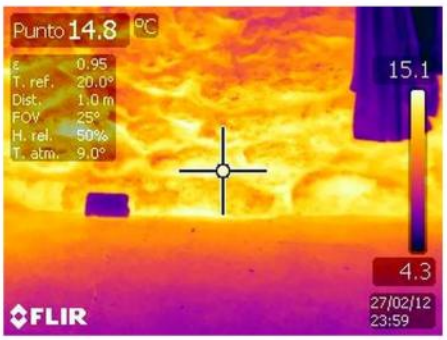


Lon: Lat: Alt: msm

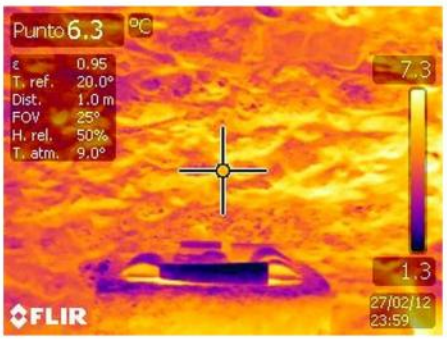


Lon: Lat: Alt: msm

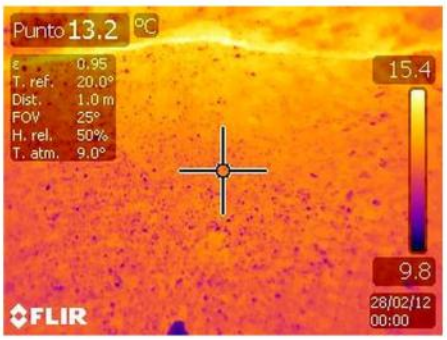
Lon: Lat: Alt: msm



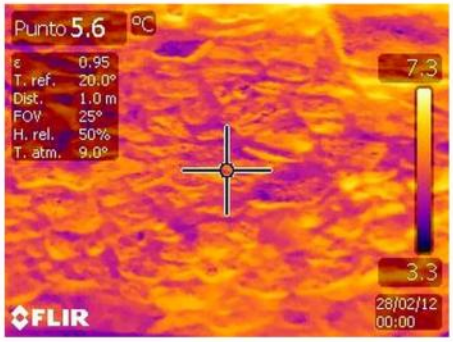
Lon: Lat: Alt: msm



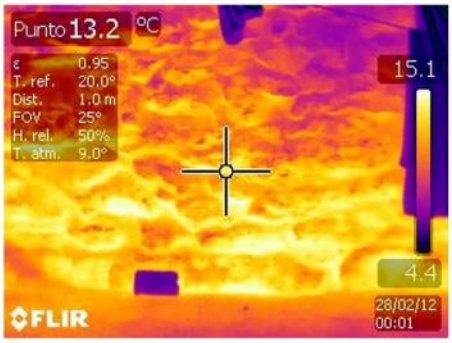
Lon: Lat: Alt: msm



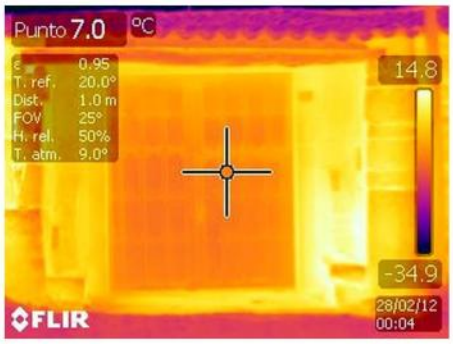
Lon: Lat: Alt: msm



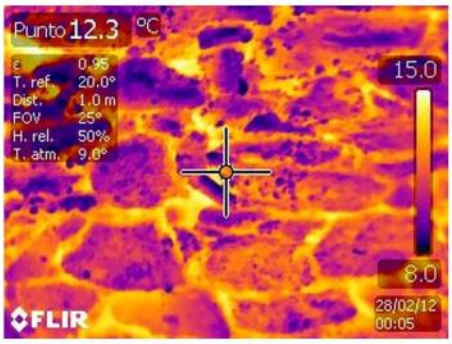
Lon: Lat: Alt: msm



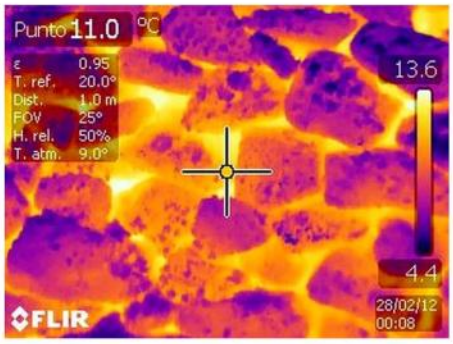
Lon: Lat: Alt: msm



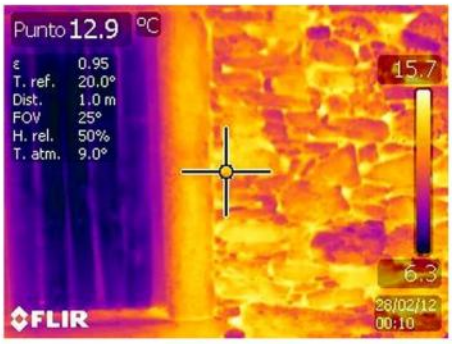
Lon: Lat: Alt: msm



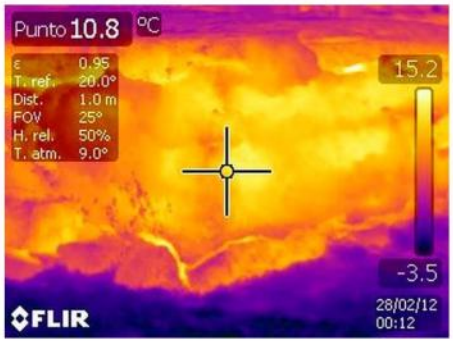
Lon: Lat: Alt: msm



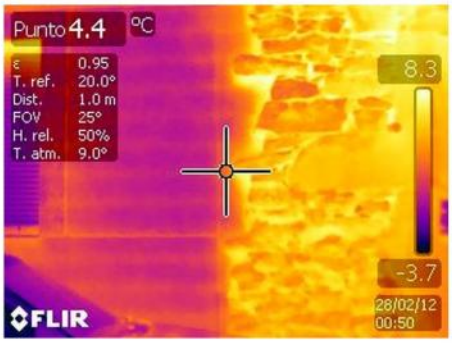
Lon: Lat: Alt: msm



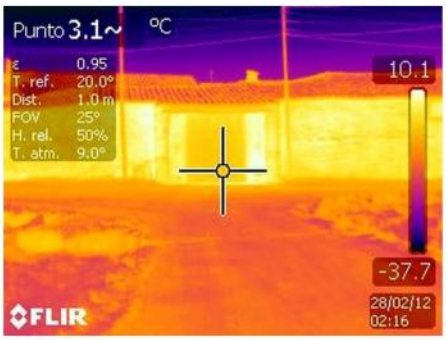
Lon: Lat: Alt: msm



Lon: Lat: Alt: msm



Lon: Lat: Alt: msm



Lon: Lat: Alt: msm

Lon: Lat: Alt: msm

6.2 PARTICULARIDADES DEL SISTEMA

El sistema climático de muros de inercia Captador-Acumulador presenta particularidades de adaptación climática en diferentes zonas:

- Baterías térmicas interiores (mediana de adobe)
- Muros ligeros (entramado de madera y barro)
- Alto albedo (muros revocados de cal)

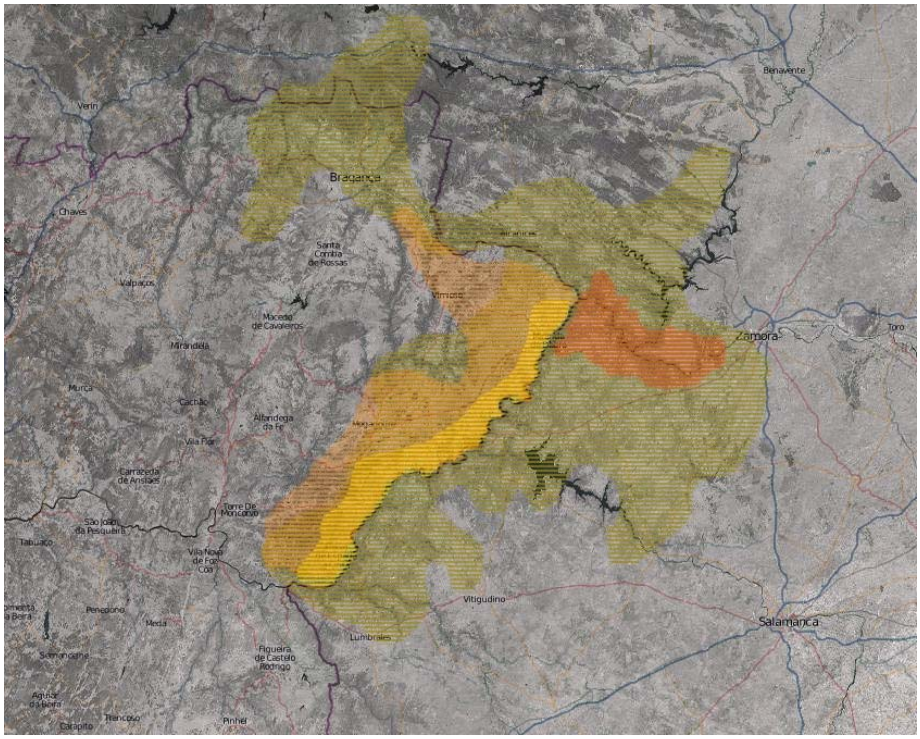


Figura 6 Mapa de implantación –zonas de la solución con muro de inercia-

Baterías térmicas interiores (mediana de adobe)

Se observan separaciones y muros interiores de alta capacidad de acumulación térmica, vinculada a las zonas climáticas más extremas; en concreto la zona del Sayago, con inviernos más rigurosos. Éstas *medianas* funcionan a modo de baterías térmicas.

Figura 7 Mapa de implantación –baterías térmicas interiores-

Lon: 6° 3.89' 0.00" Lat: 41° 27.07' 0.00" Alt: 768.0000 msm

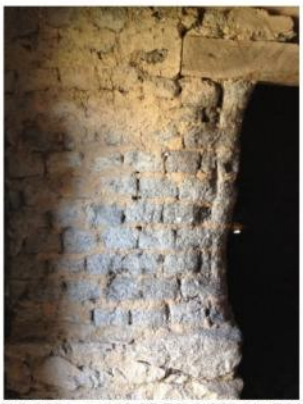
Lon: 6° 3.90' 0.00" Lat: 41° 27.07' 0.00" Alt: 765.0000 msm

Lon: 6° 16.49' 0.00" Lat: 41° 25.22' 0.00" Alt: 723.0000 msm

Lon: 6° 3.71' 0.00" Lat: 41° 26.90' 0.00" Alt: 794.0000 msm

Lon: 6° 6.01' 0.00" Lat: 41° 28.18' 0.00" Alt: 742.0000 msm

Lon: 6° 6.01' 0.00" Lat: 41° 28.41' 0.00" Alt: 710.0000 msm



Lon: 6° 0.58' 0.00" Lat: 41° 25.72' 0.00" Alt: 768.0000 msm

Lon: 6° 0.57' 0.00" Lat: 41° 25.72' 0.00" Alt: 764.0000 msm

Lon: 5° 52.50' 0.00" Lat: 41° 24.97' 0.00" Alt: 770.0000 msm

Lon: 6° 10.73' 0.00" Lat: 41° 32.26' 0.00" Alt: 764.0000 msm

Lon: 6° 11.01' 0.00" Lat: 41° 32.23' 0.00" Alt: 762.0000 msm

Lon: 6° 10.91' 0.00" Lat: 41° 32.20' 0.00" Alt: 758.0000 msm

Lon: 6° 10.99' 0.00" Lat: 41° 32.13' 0.00" Alt: 767.0000 msm

Lon: 6° 43.20' 0.00" Lat: 40° 52.99' 0.00" Alt: 634.0000 msm

Muros ligeros (entramado de madera y barro)

A diferencia de las baterías térmicas interiores, en zonas climáticas de inviernos menos severos, asociadas al clima mediterráneo del Parque Douro Internacional, aparecen particiones interiores y muros de cerramientos ligeros a base de entramados de madera y barro, que se constituyen en muros multicapas con aislamiento resistivo. En situaciones de cerramiento aparecen vinculados a galerías orientadas al sur en plantas altas.

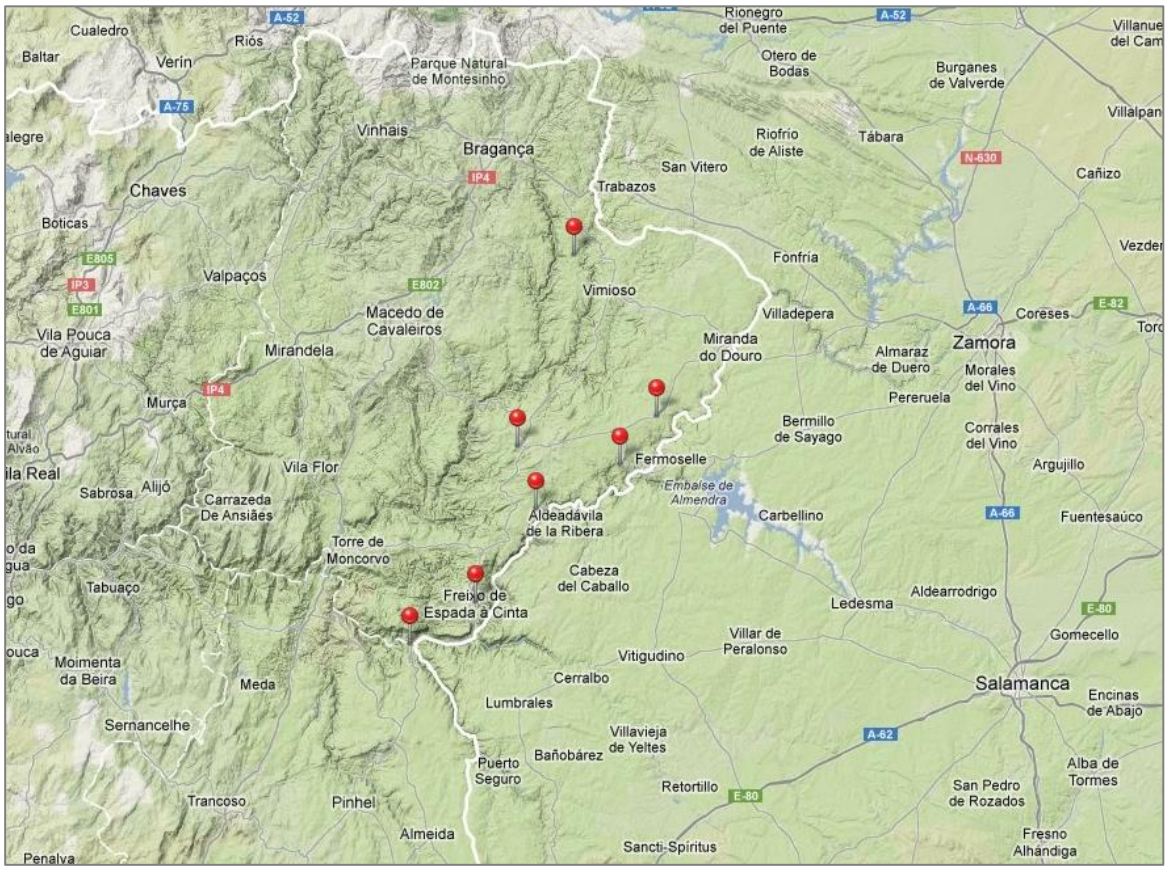


Figura 8 Mapa de implantación –Muros ligeros-

Lon: 6° 43.04' 0.00" Lat: 41° 20.39' 0.00" Alt: 748.0000 msm

Lon: 6° 43.04' 0.00" Lat: 41° 20.39' 0.00" Alt: 748.0000 msm

Lon: 6° 36.06' 0.00" Lat: 41° 38.41' 0.00" Alt: 677.0000 msm

Lon: 6° 36.06' 0.00" Lat: 41° 38.41' 0.00" Alt: 679.0000 msm

Lon: 6° 36.06' 0.00" Lat: 41° 38.41' 0.00" Alt: 679.0000 msm

Lon: 6° 36.05' 0.00" Lat: 41° 38.41' 0.00" Alt: 684.0000 msm

Lon: 6° 30.18' 0.00" Lat: 41° 18.68' 0.00" Alt: 722.0000 msm

Lon: 6° 30.17' 0.00" Lat: 41° 18.68' 0.00" Alt: 720.0000 msm

Lon: 6° 48.31' 0.00" Lat: 41° 5.57' 0.00" Alt: 458.0000 msm

Lon: 6° 48.31' 0.00" Lat: 41° 5.57' 0.00" Alt: 459.0000 msm

Lon: 6° 48.28' 0.00" Lat: 41° 5.52' 0.00" Alt: 467.0000 msm

Lon: 6° 48.29' 0.00" Lat: 41° 5.58' 0.00" Alt: 469.0000 msm

Lon: 6° 48.34' 0.00" Lat: 41° 5.57' 0.00" Alt: 465.0000 msm

Lon: 6° 56.54' 0.00" Lat: 41° 1.65' 0.00" Alt: 143.0000 msm

Lon: 6° 56.54' 0.00" Lat: 41° 1.65' 0.00" Alt: 141.0000 msm

Lon: 6° 25.60' 0.00" Lat: 41° 23.17' 0.00" Alt: 717.0000 msm

Lon: 6° 25.61' 0.00" Lat: 41° 23.18' 0.00" Alt: 729.0000 msm

Lon: 6° 40.73' 0.00" Lat: 41° 14.40' 0.00" Alt: 681.0000 msm

Lon: 6° 40.73' 0.00" Lat: 41° 14.38' 0.00" Alt: 673.0000 msm

Lon: 6° 43.05' 0.00" Lat: 41° 20.38' 0.00" Alt: 749.0000 msm

Alto albedo (muros revocados de cal)

También vinculado a la zona de microclima mediterráneo, esta vez a ambos lados del río Duero (Arribes de Duero y Douro Internacional), se observan soluciones que mayoran el albedo mediante acabados que reflejan la radiación solar.

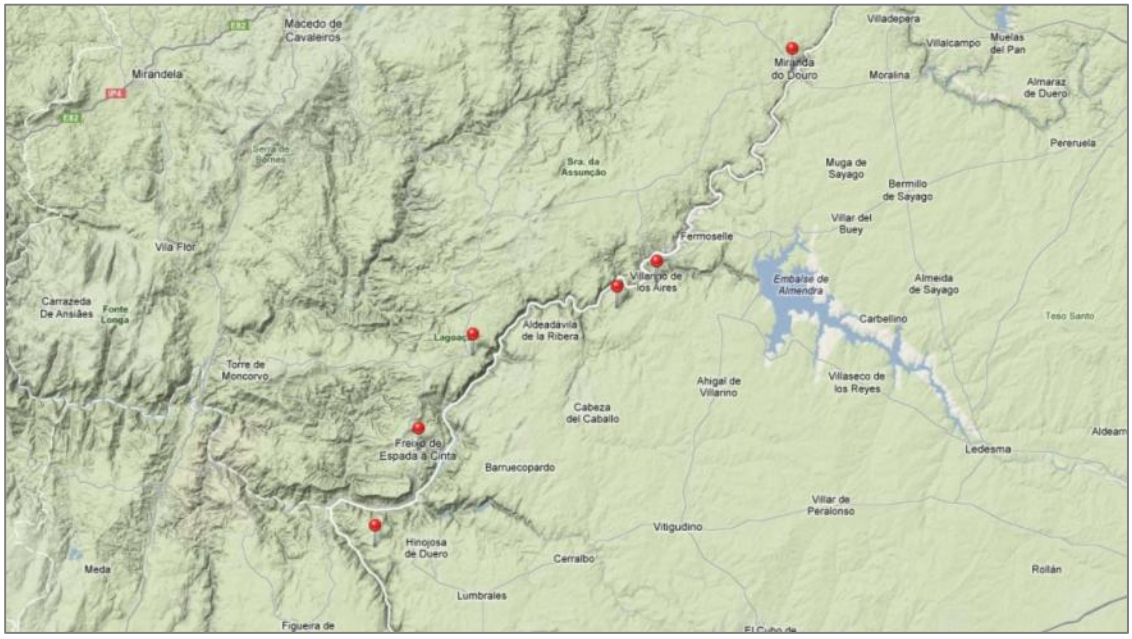


Figura 9 Mapa de implantación –Alto albedo-

Lon: 6° 16.49' 0.00" Lat: 41° 29.61' 0.00" Alt: 684.0000 msm

Lon: 6° 16.51' 0.00" Lat: 41° 29.61' 0.00" Alt: 655.0000 msm

Lon: 6° 16.53' 0.00" Lat: 41° 29.66' 0.00" Alt: 681.0000 msm

Lon: 6° 16.53' 0.00" Lat: 41° 29.67' 0.00" Alt: 667.0000 msm

Lon: 6° 16.53' 0.00" Lat: 41° 29.69' 0.00" Alt: 656.0000 msm

Lon: 6° 43.77' 0.00" Lat: 41° 11.57' 0.00" Alt: 700.0000 msm

Lon: 6° 43.79' 0.00" Lat: 41° 11.57' 0.00" Alt: 701.0000 msm

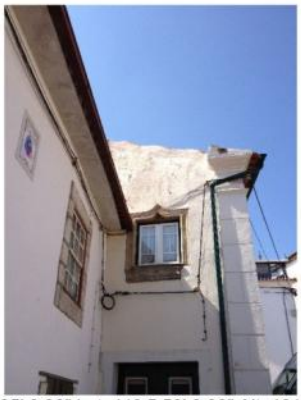
Lon: 6° 43.78' 0.00" Lat: 41° 11.55' 0.00" Alt: 713.0000 msm

Lon: 6° 43.78' 0.00" Lat: 41° 11.53' 0.00" Alt: 722.0000 msm

Lon: 6° 43.76' 0.00" Lat: 41° 11.57' 0.00" Alt: 711.0000 msm

Lon: 6° 43.77' 0.00" Lat: 41° 11.55' 0.00" Alt: 706.0000 msm

Lon: 6° 43.75' 0.00" Lat: 41° 11.62' 0.00" Alt: 710.0000 msm



Lon: 6° 48.35' 0.00" Lat: 41° 5.53' 0.00" Alt: 461.0000 msm

Lon: 6° 48.37' 0.00" Lat: 41° 5.52' 0.00" Alt: 449.0000 msm

Lon: 6° 48.39' 0.00" Lat: 41° 5.49' 0.00" Alt: 454.0000 msm

Lon: 6° 48.39' 0.00" Lat: 41° 5.39' 0.00" Alt: 466.0000 msm

Lon: 6° 48.29' 0.00" Lat: 41° 5.52' 0.00" Alt: 501.0000 msm

Lon: 6° 52.05' 0.00" Lat: 40° 59.30' 0.00" Alt: 549.0000 msm

Lon: 6° 52.07' 0.00" Lat: 40° 59.29' 0.00" Alt: 529.0000 msm

Lon: 6° 28.08' 0.00" Lat: 41° 16.19' 0.00" Alt: 597.0000 msm

Lon: 6° 31.50' 0.00" Lat: 41° 14.56' 0.00" Alt: 698.0000 msm

7. APLICACIÓN EN ARQUITECTURA CONTEMPORÁNEA

Figura 10 Muro de adobe prefabricado de 50 cm en edificio Savatierra, Rennes, Francia

El edificio residencial Salvatierra, situado en Rennes, único proyecto francés del proyecto europeo Cepheus está avalado con el sello de vivienda pasiva Passivhaus y consigue gracias a la inercia de su muro de 50 centímetros de adobe el confort optimo en invierno y en verano.

El arquitecto Jean-Yves Barrier proyectó en la fachada sur este muro de inercia captador que capta y almacena la energía solar de manera pasiva.

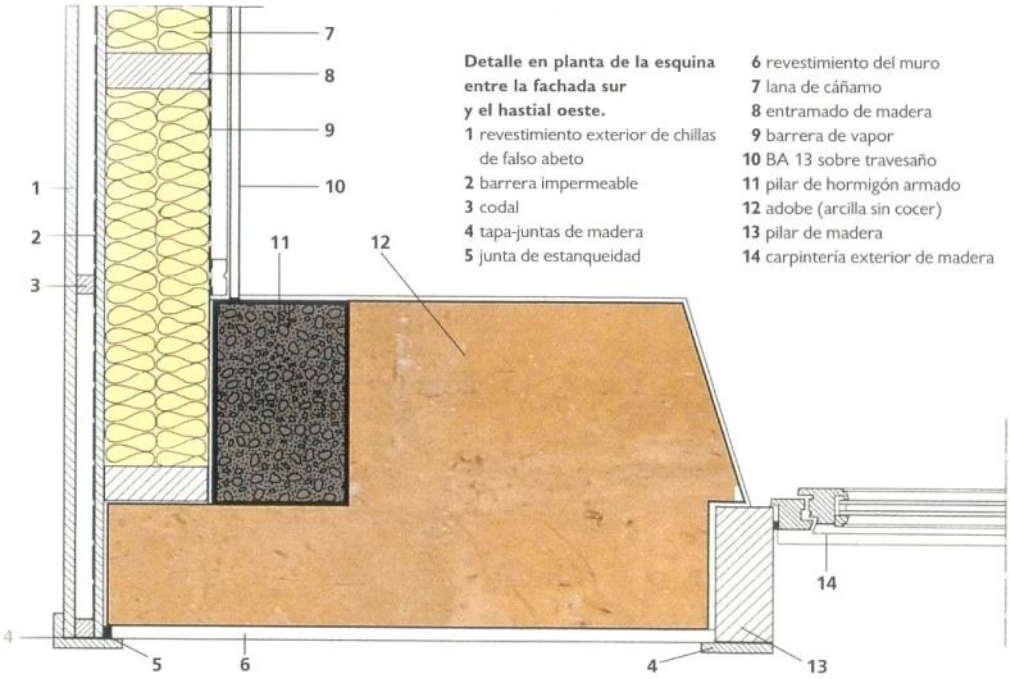


Figura 11 Detalle constructivo de muro de adobe prefabricado de 50 cm en edificio Savatierra, Rennes, Francia

Referencias bibliográficas

Ramón Moliner, Fernando: "*Ropa, sudor y arquitecturas"* H. Blume Ediciones, Barcelona, 1980
Yañez Pararadera, Guillermo: "*Arquitectura Solar. Aspectos pasivos, bioclimatismo e iluminación natural",* Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Madrid, 1988
Yañez Pararadera, Guillermo: "*Arquitectura Solar e iluminación natural",* Munilla-Lería, Madrid, 2008
Neila Gonzalez, F. Javier: *"Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible"* Munilla-Lería, Madrid 2004
Corominas, Jordi: *"Comparativa de las características térmicas de nueve cerramientos"* Ecohabitar nº33 Teruel 2012
Granados Menéndez*,* Helena*: "Principios y estrategias del diseño bioclimático en la arquitectura y el urbanismo. 03. Eficiencia energética"* Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España, 2006*.*
Gauzin-Müller, Dominique: "Arquitectura ecológica" Gustavo Gili, Barcelona, 2002.

Notas

[1] El estándar Passivhaus para el centro de Europa requiere que el edificio cumple con los siguientes requisitos: El edificio debe estar diseñado para tener una demanda anual de calefacción de no más de 15 kWh / m² por año y el consumo total no debe ser superior a 120 kWh / m² por año.

[2] En el marco del porgada europeo Thermie, el proyecto piloto Cepheus realizó, entre 1999 y 2001, 250 viviendas individuales y colectivas pasivas en cinco países europeos.

Cubierta activa

COOPERACIÓN TRANSFRONTERIZA ESPAÑA - PORTUGAL
COOPERAÇÃO TRANSFRONTEIRIÇA

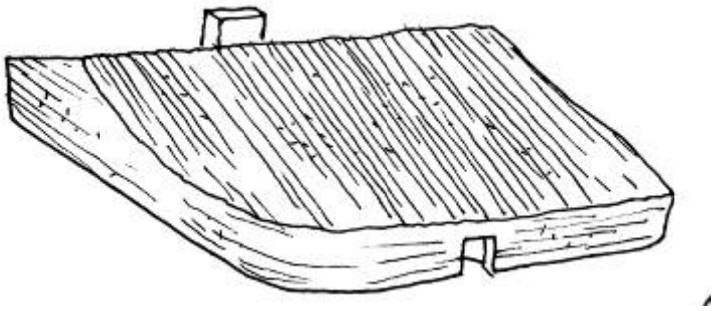
Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

biourb

1. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

"Las cubiertas de teja, tan conocida y apreciada por la arquitectura tradicional [ ] tiene una gran capacidad de acumulación de calor y son permeable al aire, respiran, y pueden considerarse también, desde el punto de vista de la Física Aplicada, que es posible utilizarlas favorablemente como absorbentes solares"

Pierre Robert sabady
Arquitectura Solar, 1981



La mayor parte de la radiación solar en una vivienda incide sobre su cubierta. Se calcula que, de media, alrededor de 1 kWh llega a cada metro cuadrado. La arquitectura tradicional ha creado soluciones para aprovechar esta situación que podemos observar tanto en la forma de la cubierta como en su superficie, inclinación, acabado y espacios regulados bajo ella.

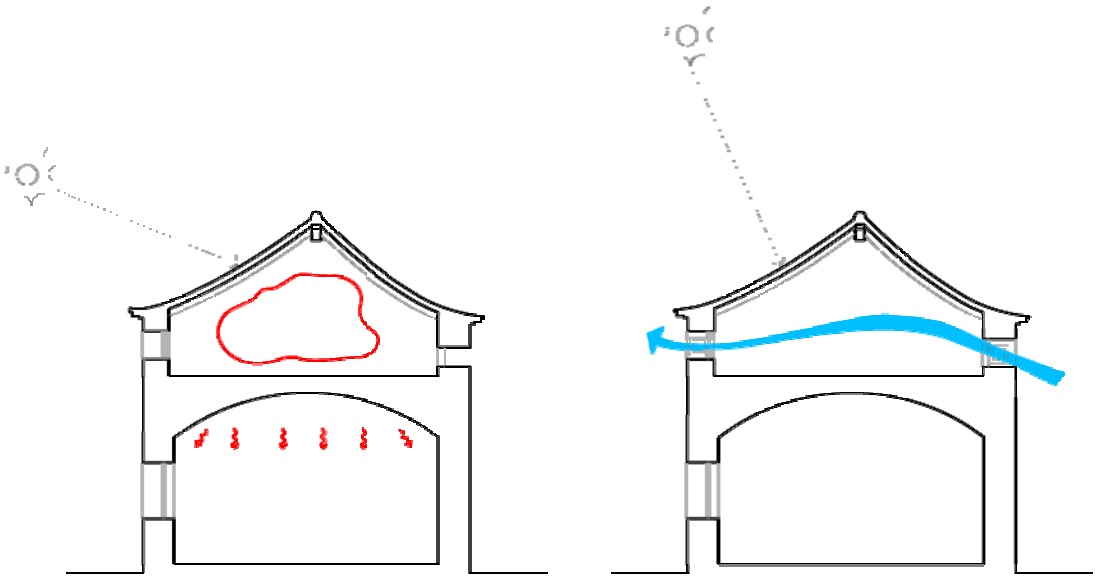
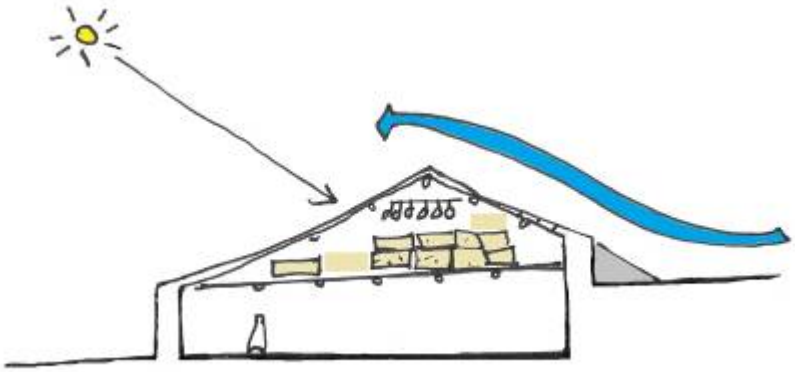
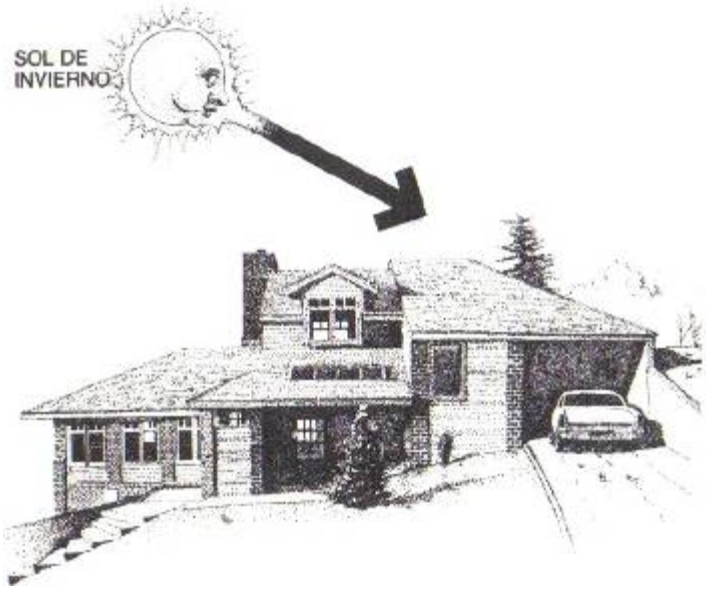
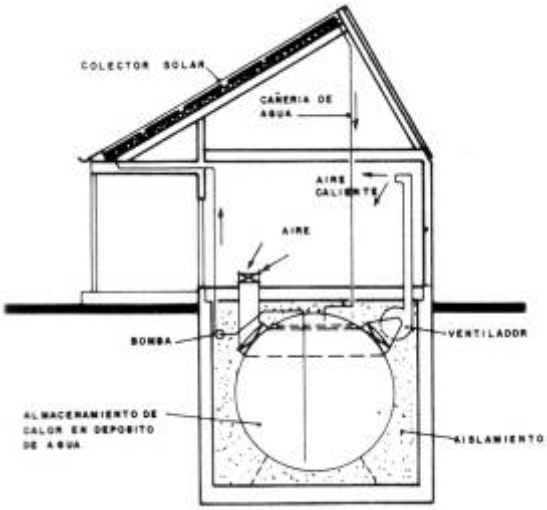


Figura 1 Sección de las cubiertas reversibles que permiten captar en invierno y ventilar en verano







En la arquitectura tradicional de la zona de estudio encontramos una marcada diferenciación en las pendientes de cubiertas según su orientación, con la cumbrera retasada al norte. Esto ofrece una mayor superficie de exposición a la cara sur y una mínima superficie a la sombra.

Esta diferenciación hallada en la arquitectura popular podemos encontrarla en la arquitectura solar contemporánea, así Edward Mazria en su libro El libro de la energía solar pasiva aconseja a los proyectistas:

"El edificio debe conformarse de manera que su cara norte desaparezca bajo la pendiente del techo [ ] Disminuyendo la altura expuesta de la pared norte, se acorta la sombra producida en el invierno por el edificio [ ] Si se inclina la vertiente norte de la cubierta, con un ángulo similar al del sol del mediodía, la sombra proyectada por el edificio en invierno, se reduce.

Figura 2 1. Sección de la cubierta en Abelón de Sayago 2. Ejemplo de vivienda solar Edward Mazria 3. Casa solar nº1 del M.I.T. (1939)

Por lo general, los espacios bajo cubierta encontrados han sido utilizados tradicionalmente para almacenar la paja en invierno, lo que los convierte en volúmenes aislantes que protegen la vivienda.
Al mismo tiempo que captan la radiación solar, el tiro de la chimenea, al atravesar este espacio, lo calienta y el calor vuelve se a distribuir por la casa.
Este espacio, que en Zamora y Salamanca tiene el nombre de "sobrao" sirve de secadero para los embutidos y otros productos agrícolas.
Mientras, en verano, la apertura de las conexiones de la vivienda con el bajo cubierta genera ventilación cruzada y efecto chimenea, creando una corriente que refresca la casa.

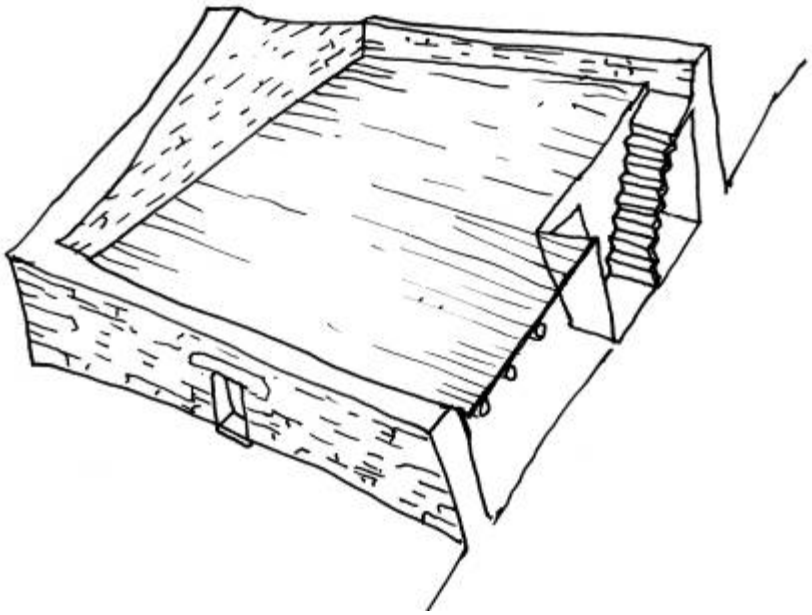


Figura 3 El Sobrao: Espacio bajo cubierta en la vivienda típica del Sayazo que sirve para guardar el alimento del ganado en invierno.

En la actualidad estos mismos principios físicos han llevado a soluciones mejoradas y más eficientes que pueden ser parametrizadas y utilizadas en la arquitectura contemporánea.

Podemos clasificar las cubiertas activas captadoras en dos: de media temperatura (hasta 100º) y de baja temperatura.

Las primeras se basan en el efecto invernadero y funcionan mediante **colectores solares.**

Los colectores solares térmicos (o heliotérmicos) utilizan el principio invernadero para captar radiación (trampas de calor) y consisten básicamente en un vidrio colocado sobre un bastidor que contiene una superficie absorbente, un aislante y un medio portador de calor que puede ser agua, aire, aceite

Los primeros colectores solares por agua se instalan en California en 1929 y el diseño fue de Alexander McNeilledge, mientras que el primer colector por aire lo utilizó George Löf en 1945.

Existen otros colectores cuyo funcionamiento no se basa en el efecto invernadero como los anteriores y no llevan, por tanto, una cobertura transparente. Estos colectores se construyen con gran superficie, como cubiertas o muros exteriores completos.

Estas cubiertas sin protección de vidrio suelen construirse con distintos metales o plásticos. Según el método de fabricación y el material utilizado, los cuerpos absorbentes se pueden dividir en cuatro tipos distintos:

- Chapas en contacto con tuberías de agua.
- Canales conductores del fluido integrados mediante la soldadura de dos chapas. En esta solución, el calor se transmite directamente de la chapa al fluido.
- Cuerpos huecos planos con una superficie exterior captadora de calor y una superficie interior en contacto con el líquido portador.
- Serie de tubos instalados sobre superficies de tejado.

Esta solución de baja temperatura es donde se encuadran las cubiertas tradicionales y para una zona como la estudiada se recomienda que la superficie captadora sea de material de la zona como la pizarra o el granito, en lugar de la chapa.

Cubierta activa

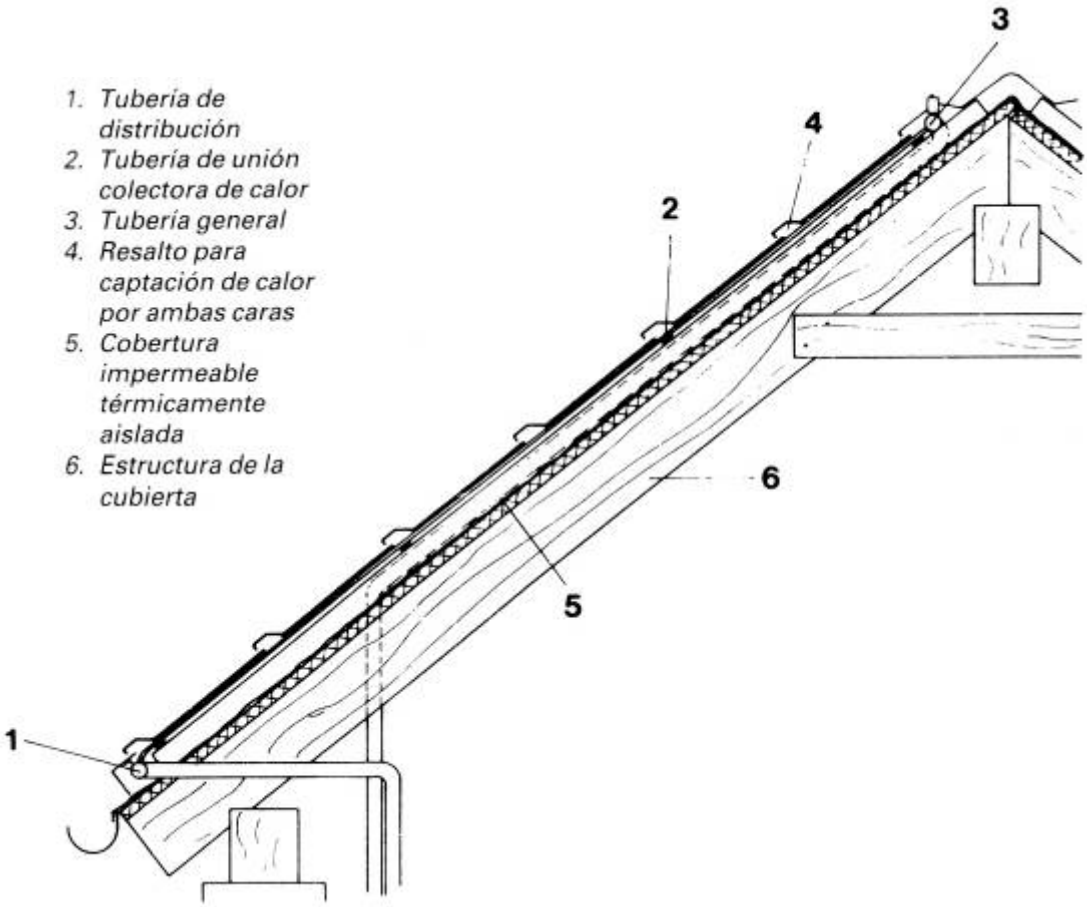
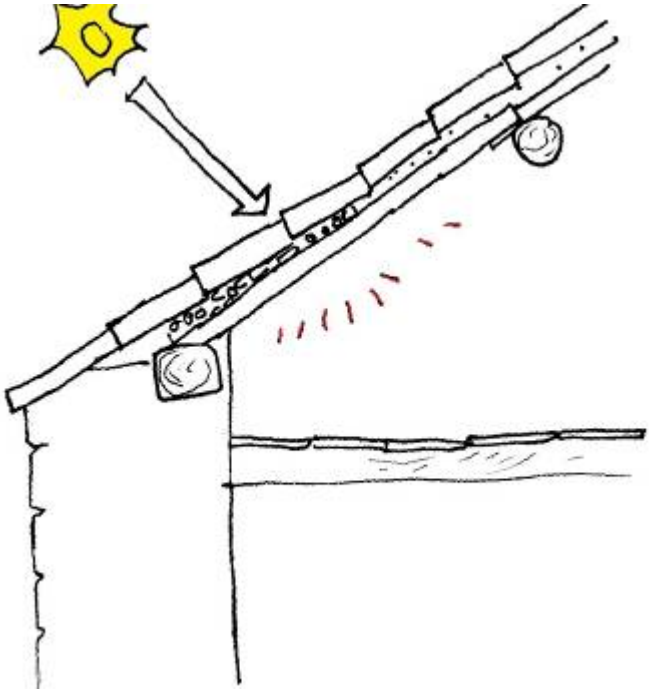


Figura 4 Sección esquemática de una cubierta energética construida como colector de baja temperatura (Doc BBC)



En las edificaciones tradicionales, la cubierta actúa como cubierta captadora con una gran superficie para absorber la mayor cantidad de energía solar posible, también la falta de alero indica la intención de que el muro capte en invierno la mayor radiación posible.

Figura 5 Sección esquemática de cubierta tradicional trabajando como cubierta captadora

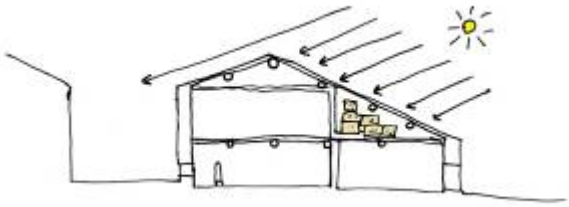
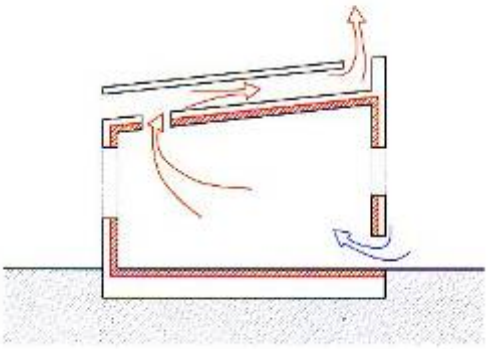


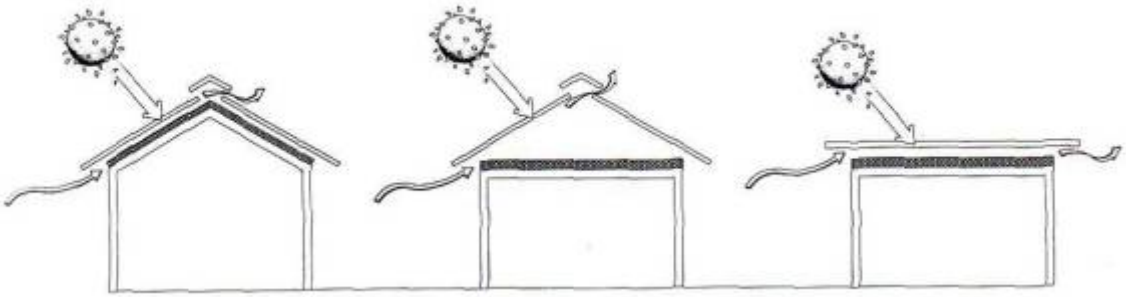
Figura 6 Sección esquemática de cubierta captadora tradicional

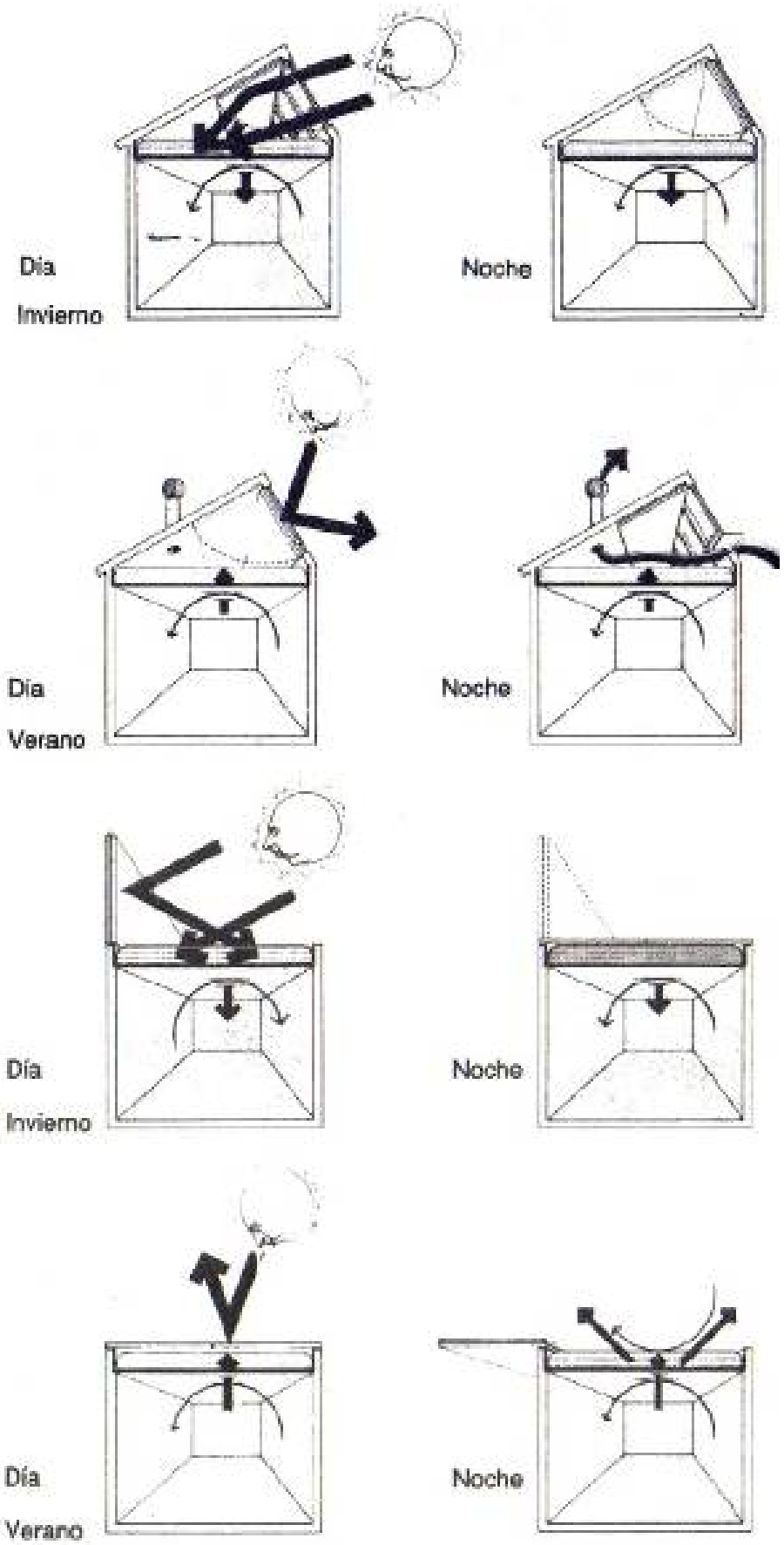
Figura 7 Cubierta captadora en Palazuelo de Sayago

2. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO

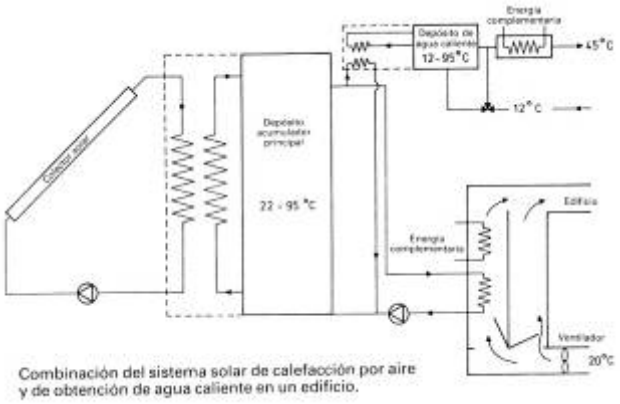
Esquemas de funcionamiento de cubiertas de baja temperatura






Dia
Invierno
Noche
Dia
Verano
Noche
Día
Invierno
Noche
Día
Verano
Noche

Esquemas de funcionamiento con colectores solares



Combinación del sistema solar de calefacción por aire y de obtención de agua caliente en un edificio.

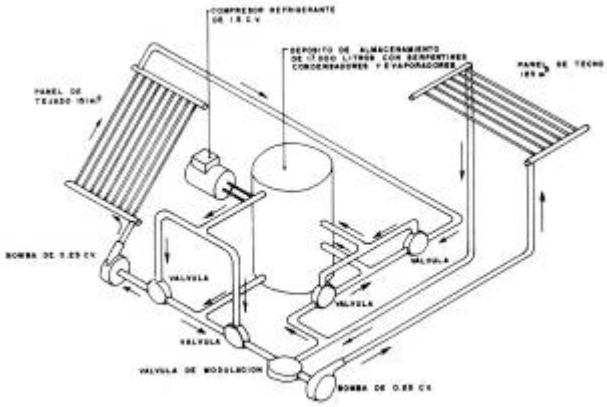
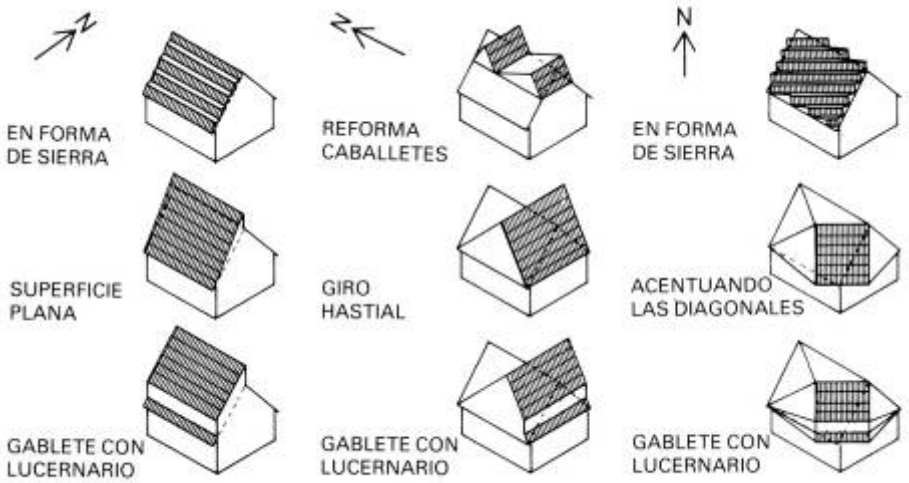


Fig. 1.40. Esquema de instalación del Laboratorio de Energía Solar de la Universidad de Arizona (Ellis).

Esquemas de posibles orientaciones según la planta del edificio



3. PARÁMETROS DE CÁLCULO A ESTUDIAR

"Un buen colector plano para temperaturas hasta 100 ºC debiera tener las propiedades siguientes:

- Debe poder montarse fijo integrado en una estructura de edificación.
- Si sólo se le exige una temperatura útil media, el rendimiento no debe ser inferior al 50 o 60%.
- Para bajas temperaturas debiera poderse alcanzar un rendimiento del 70 al 80% (para temperaturas elevadas, del 20 al 30%).
- Los materiales empleados para el aislamiento y el colector mismo deben tener una inercia térmica lo más pequeña posible para que al cabo de una acción muy corta de las radiaciones solares se alcance lo más rápidamente posible la temperatura de servicio del colector.
- La cara frontal del aislamiento térmico tiene que ser resistente contra todas las acciones atmosféricas.

Las principales causas de pérdidas de los colectores son los siguientes:

- Suciedad
- Sombras de los soportes y piezas del bastidor.
- Pérdidas por reflexión en el vidrio de protección.
- Pérdidas por transmisión a través de vidrio.
- Pérdidas de absorción del cuerpo absorbente.
- Calentamiento del vidrio de protección por la absorción de luz y de radiaciones caloríficas.
- Pérdidas de calor en las tuberías [ ]
- Pérdidas de intensidad hasta la transformación de la luz en calor en la superficie de absorción.
- Pérdidas de radiación térmica. (Aparece como pérdida la diferencia entre la energía transmitida por el colector y la recibida de su entorno).
- Pérdidas de transmisión térmica del cuerpo absorbente al agua de refrigeración.
- Las corrientes térmicas de convección dentro de la capa de aire que se encuentra entre la superficie del colector y el vidrio de protección.

- La conducción de calor a lo largo de los apoyos del vidrio protector o de las juntas y dentro de la capa de aire situada entre el colector y el vidrio protector.
- La radiación de calor entre el colector y el vidrio protector" (**Sábady**, 1982)

El rendimiento es la relación entre la energía solar que llega al captador y la que se convierte en energía térmica aprovechada.

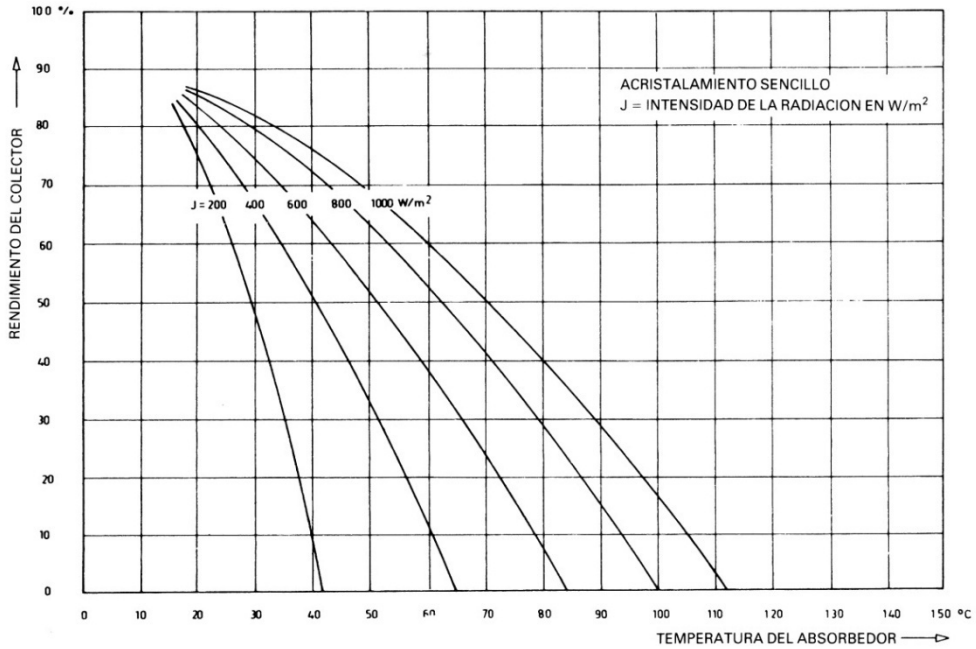


Figura 8 Determinación del rendimiento de los colectores de temperatura media con acristalamiento sencillo para distintas condiciones de incidencia de la radiación solar (Doc. Herget)

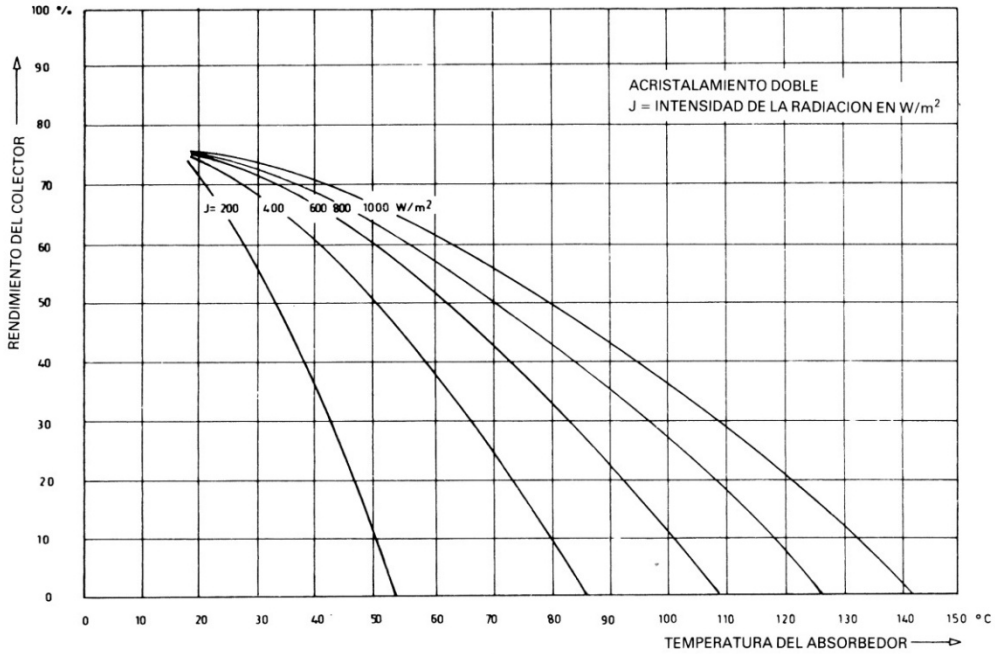


Figura 9 Determinación del rendimiento de los colectores de temperatura media con acristalamiento doble para distintas condiciones de incidencia de la radiación solar (Doc. Herget)

Para captar la mayor cantidad de energía solar es fundamental la inclinación y orientación de los colectores solares. Esta inclinación se calcula normalmente para condiciones invernales.

Pueden tomarse como valores experimentales los siguientes:

Inclinación = latitud geográfica + 10 a 15º

Si los colectores sólo se utilizan en verano, se tiene:

Inclinación = latitud geográfica – 15º

	Colector sencillo Superficie absorbente negra	Colector de 1 solo vidrio Superficie absorbente negra	Colector de doble vidrio Superficie absorbente negra	Colector de 1 solo vidrio Superficie absorbente selectiva	Colector de doble vidrio Superficie absorbente selectiva	Colector de alta temperatura
Rendimiento medio (%)	19	23	27,2	35,6	40,6	62,8
Obtención relativa de energía	0,83	1	1,18	1,55	1,76	2,73
Temperatura en vacío (ºC)	100	130	180	180	200	250

Figura 9 Influencia de la construcción del colector sobre la obtención relativa de energía (según MBB)

Para poder aprovechar convenientemente la energía solar y utilizarla cuando se necesite, es necesario poder almacenarlo en acumuladores. Existen diferentes tipos de acumuladores que se pueden dividir en acumuladores de calor sensible (utilizan el calor específico con aumento de temperatura) y acumuladores de calor latente (utilizan el calor del cambio de estado sin cambio de temperatura).

Como ejemplo, la casa de Georg G. Löf de 1945 en el que se almacenaba el calor en 5 m3 de gravilla; los acumuladores de grava precisan un volumen cuatro veces mayor que uno de agua. Un m3 de grava puede almacenar 400 kcal/ªC.

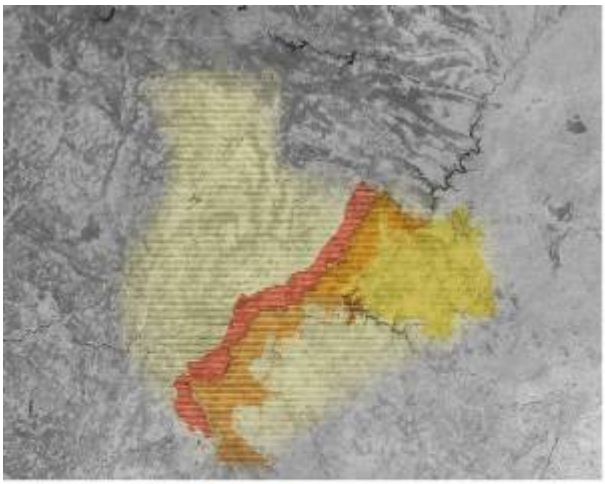
	Coeficiente de conductibilidad térmica λ (W/m · K)	Capacidad calorífica específica c (Wh/kg · K)	Densidad p (kg/m³)	Contenido de agua (% en peso)
Arena seca	0,18	0,2	1500	10
Tierra arcillosa	0,4	0,3	1500	18
Arcilla húmeda	0,7	0,35	1800	30
Humus	0,2	0,5	1400	15

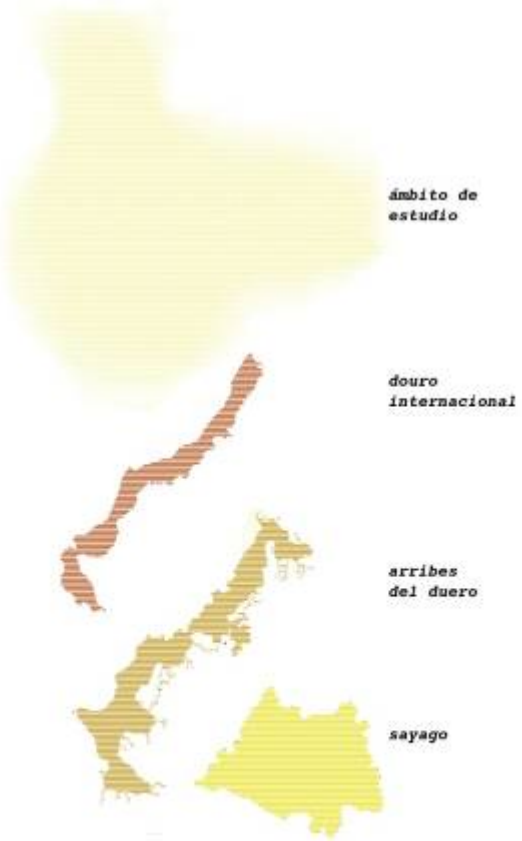
Figura 10 Capacidad de acumulación de calor para distintas masas acumuladoras de tierra.

4. LOCALIZACIONES RECOMENDADAS

Cualquier localización es buena para utilizar cubiertas captadoras y se pueden encontrar ejemplos en todas las latitudes, siempre orientadas al sur en el hemisferio Norte y al norte en el hemisferio Sur.

5. PARTICULARIDADES DE LA ZONA





Para el presente estudio de campo se han visitado **80 poblaciones** dentro de la zona de estudio:

Zona de estudio: zona transfronteriza Parque natural Douro Internacional, Parque Natural Arribes del Duero y Parque Narual de Montesinho.

-Portugal: Braganza, Miranda de Douro, Vimioso y Mogadouro, especialmente la zona de frontera con España

-España: Noroeste Salmantino, en la “Comarca de Vitigudino-Los Arribes”. Suroeste zamorano, en la comarca de “El Sayago”, en especial la zona del parque natural de los Arribes del Duero.

La zona presenta tres climas diferenciados, que corresponden con:
-Microclima Atlántico, correspondiente a la vertiente portuguesa
-Microclima Mediterráneo, zona del Duero
-Microclima Continental, Zonas en Zamora y Salamanca

Figura 11 Ámbito de actuación

5.1 UBICACIÓN DENTRO DE LA ZONA DE ESTUDIO

En la zona de estudio se han localizado diferentes estrategias de cubiertas activas, que van desde la captación directa a la utilización de los espacios bajo cubierta de manera diferenciada en invierno y verano (espacios colchón de regulación estacional). De especial interés resulta la arquitectura del Parque Natural de Montesinho, que aún conserva cubiertas de pizarra de gran poder captador e inercia. También mencionar los palomares encontrados por toda la zona de estudio, cuya orientación de la cubierta y su superficie sirven para climatizar este tipo de arquitectura productiva para aves.

Figura12 Mapa de implantación –Cubierta activa-

A continuación se reproduce el detalle fotográfico geolocalizado correspondiente a las referencias que aparecen en el **Mapa de Implantación** de estas soluciones.

Lon: Lat: Alt: msm

Lon: 6° 3.93' 0.00" Lat: 41° 27.09' 0.00" Alt: 773.0000 msm

Lon: 6° 23.82' 0.00" Lat: 41° 19.06' 0.00" Alt: 695.0000 msm

Lon: 6° 30.18' 0.00" Lat: 41° 23.55' 0.00" Alt: 676.0000 msm

Lon: 6° 22.81' 0.00" Lat: 41° 32.81' 0.00" Alt: 736.0000 msm

Lon: 6° 22.73' 0.00" Lat: 41° 32.73' 0.00" Alt: 747.0000 msm

Lon: 6° 33.86' 0.00" Lat: 41° 19.35' 0.00" Alt: 746.0000 msm

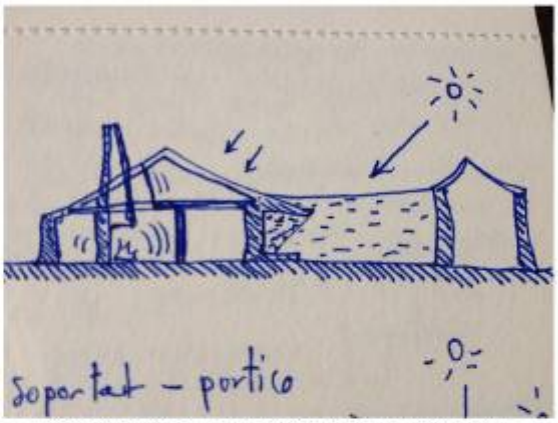
Lon: 6° 33.91' 0.00" Lat: 41° 19.40' 0.00" Alt: 738.0000 msm

C

Lon: 6° 33.95' 0.00" Lat: 41° 19.40' 0.00" Alt: 737.0000 msm

Lon: 6° 33.73' 0.00" Lat: 41° 17.79' 0.00" Alt: 691.0000 msm

Lon: 6° 33.75' 0.00" Lat: 41° 17.80' 0.00" Alt: 687.0000 msm



Lon: 6° 23.83' 0.00" Lat: 41° 19.06' 0.00" Alt: 693.0000 msm

Lon: 6° 52.21' 0.00" Lat: 41° 25.80' 0.00" Alt: 560.0000 msm

Lon: 6° 49.40' 0.00" Lat: 41° 53.34' 0.00" Alt: 853.0000 msm

Lon: 6° 49.37' 0.00" Lat: 41° 53.33' 0.00" Alt: 852.0000 msm

Lon: 6° 50.56' 0.00" Lat: 41° 53.99' 0.00" Alt: 842.0000 msm

Lon: 6° 50.57' 0.00" Lat: 41° 54.05' 0.00" Alt: 853.0000 msm

Lon: 6° 50.56' 0.00" Lat: 41° 54.05' 0.00" Alt: 859.0000 msm

Lon: 6° 50.49' 0.00" Lat: 41° 54.08' 0.00" Alt: 865.0000 msm

Lon: 6° 50.48' 0.00" Lat: 41° 54.08' 0.00" Alt: 864.0000 msm

Lon: 6° 50.40' 0.00" Lat: 41° 53.92' 0.00" Alt: 847.0000 msm

Lon: 6° 47.26' 0.00" Lat: 41° 49.74' 0.00" Alt: 720.0000 msm

Lon: 6° 17.58' 0.00" Lat: 41° 38.74' 0.00" Alt: 828.0000 msm

Lon: 6° 16.36' 0.00" Lat: 41° 37.51' 0.00" Alt: 801.0000 msm

Lon: 6° 14.94' 0.00" Lat: 41° 39.23' 0.00" Alt: 817.0000 msm

Lon: 6° 10.89' 0.00" Lat: 41° 32.21' 0.00" Alt: 762.0000 msm

Lon: 6° 10.70' 0.00" Lat: 41° 31.80' 0.00" Alt: 762.0000 msm

Lon: 6° 10.85' 0.00" Lat: 41° 32.13' 0.00" Alt: 759.0000 msm

Lon: 6° 10.82' 0.00" Lat: 41° 32.21' 0.00" Alt: 763.0000 msm

Lon: 6° 3.03' 0.00" Lat: 41° 31.26' 0.00" Alt: 785.0000 msm

Lon: 6° 10.51' 0.00" Lat: 41° 28.17' 0.00" Alt: 768.0000 msm

Lon: 6° 10.51' 0.00" Lat: 41° 28.17' 0.00" Alt: 765.0000 msm

Lon: 5° 44.77' 0.00" Lat: 40° 57.57' 0.00" Alt: 831.0000 msm

Lon: 6° 45.04' 0.00" Lat: 40° 54.44' 0.00" Alt: 670.0000 msm

Lon: 6° 44.86' 0.00" Lat: 40° 52.37' 0.00" Alt: 660.0000 msm

Lon: 6° 44.95' 0.00" Lat: 40° 54.60' 0.00" Alt: 662.0000 msm

Lon: 6° 47.74' 0.00" Lat: 40° 59.20' 0.00" Alt: 607.0000 msm

Lon: 6° 47.73' 0.00" Lat: 40° 59.20' 0.00" Alt: 608.0000 msm

Lon: 6° 31.43' 0.00" Lat: 41° 14.48' 0.00" Alt: 698.0000 msm

Lon: 6° 16.21' 0.00" Lat: 41° 25.34' 0.00" Alt: 698.0000 msm

Lon: 6° 22.74' 0.00" Lat: 41° 22.43' 0.00" Alt: 671.0000 msm

Lon: 6° 22.85' 0.00" Lat: 41° 22.27' 0.00" Alt: 612.0000 msm

Lon: 6° 22.85' 0.00" Lat: 41° 22.27' 0.00" Alt: 612.0000 msm

Lon: Lat: Alt: msm

6. APLICACIÓN EN ARQUITECTURA CONTEMPORÁNEA

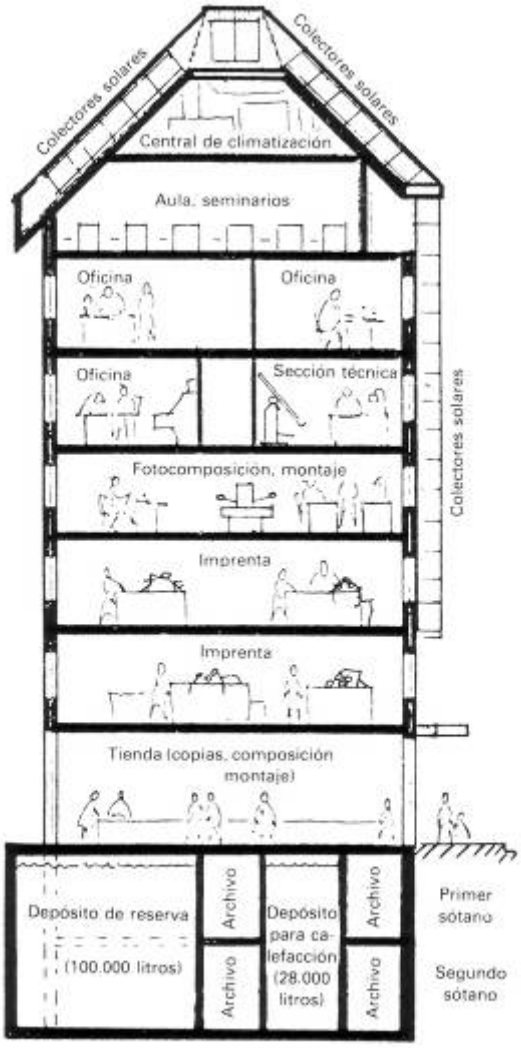
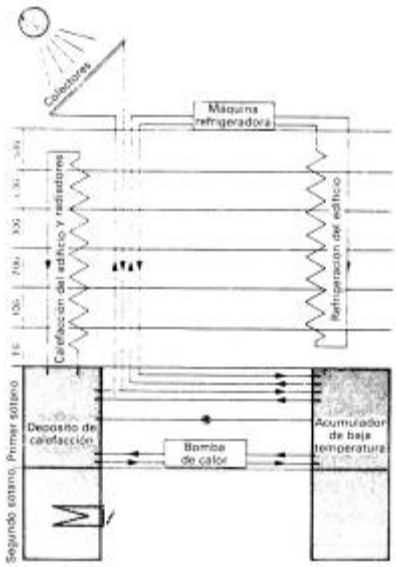


Figura 13 Sección y esquema de instalaciones de edificio solar de Kolb (Zurich)
(Ing. : Ziembra & Hauber)



Edificio de oficinas solar Kolb AG levantando en el centro urbano de Zurich, aplica colectores de agua combinado con bombas de calor. El edificio prueba que incluso en centros urbanos y a una latitud centroeuropea, es posible encontrar edificios solares energéticamente óptimos.

Figura 14 Teja de Cristal Solar para cubierta captadora con reciente patente por parte de la empresa sueca SolTech Energy

Estas tejas pueden instalarse en una cubierta tradicional utilizando métodos convencionales, son muy duraderas y de bajo mantenimiento.

Estas novedosas tejas son especialmente apropiadas en climas fríos donde además consiguen derretir rápidamente la nieve y el hielo acumulados. Recientemente han ganado el premio Hottest New Materials 2010 en la Feria de la Construcción del Norte (North Building Fair, Nordbygg).

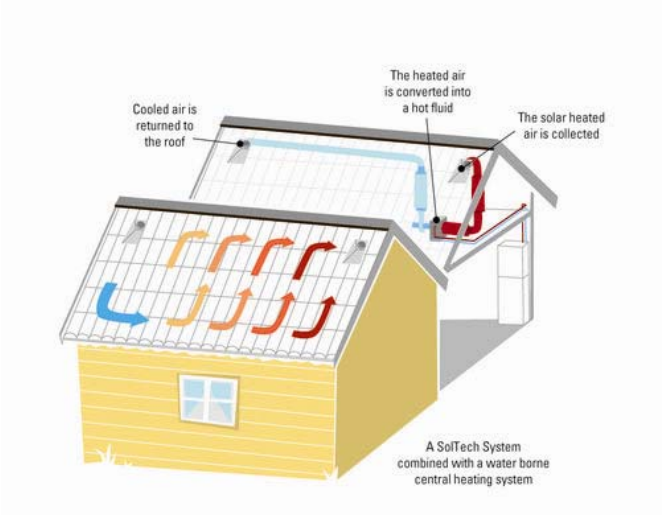


Figura 15 Esquema de funcionamiento sistema SolTech Energy

El aire que circula por debajo de las tejas se calienta con el sol y es redirigido a un sistema de calefacción central

Figura 16 Casa solar NºIV, (MIT, 1958)

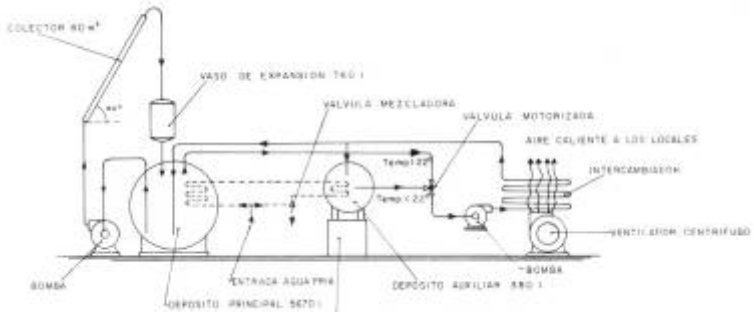


Figura 17 Esquema de funcionamiento.

Esta casa, construida en 1958 por el MIT (Massachusetts Institute of Technology), estaba situada a una latitud de 42ºN con una superficie de 135 m2 y unos colectores que ocupaban 60 m2. El depósito de calor tenía un volumen de 5,67 m3, los colectores eran de agua y se transferían al depósito mediante un intercambiador. El aire caliente posteriormente se distribuía por las diferentes habitaciones a través de conductos.

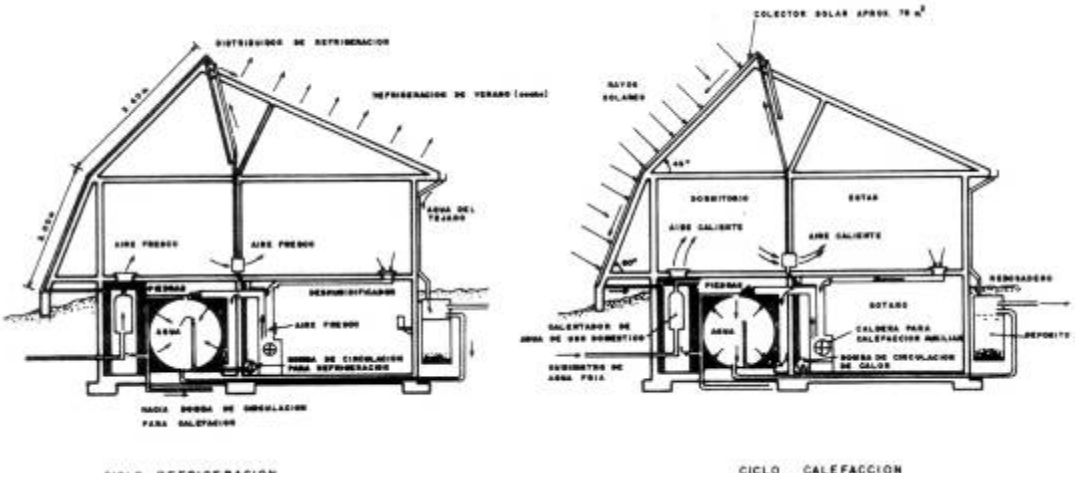


Figura 18 Casa Thomason, Washington (1959)

Esta vivienda unifamiliar, situada en una latitud de 39ºN, contaba con una superficie de 140 m2. La mayor parte de la cubierta la ocupaba la superficie colectora al sur, unos 78 m2. Esta superficie contaba con dos pendientes, de 60º y 45º, para aumentar el aprovechamiento de la radiación solar. El colector consistía en una lámina metálica ondulada cubierta por un vidrio. El agua se caliente y se distribuye por los canales de la placa, se recoge esta agua en un depósito inferior en contacto con grava que la calienta y caldea las estancias. Este sistema también tenía un ciclo de refrigeración para el verano.

Referencias bibliográficas

Sabady, Pierre Robert*: "Arquitectura Solar, concepto, cálculo y ejecución de edificaciones solares"* Ceac, Barcelona, 1982

Neila González, F. Javier: *"Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible"* Munilla-Lería. 2004.

Yañez Pararadera, Guillermo: "*Arquitectura Solar. Aspectos pasivos, bioclimatismo e iluminación natural",* Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Madrid, 1988

Yañez Pararadera, Guillermo: "*Arquitectura Solar e iluminación natural",* Munilla-Lería, Madrid, 2008

Neila Gonzalez, F. Javier: *"Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible"* Munilla-Lería, Madrid 2004

Ramón Moliner, Fernando: "*Ropa, sudor y arquitecturas"* H. Blume Ediciones, Barcelona, 1980

Granados Menéndez*,* Helena*: "Principios y estrategias del diseño bioclimático en la arquitectura y el urbanismo. 03. Eficiencia energética"* Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España, 2006*.*

Espacios de transición orientados

COOPERACIÓN TRANSFRONTERIZA ESPAÑA - PORTUGAL COOPERAÇÃO TRANSFRONTEIRIÇA

Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

biourb diversidad bioconstructiva

1. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

Zaguanes

Son espacios intermedios entre los habitables y el exterior que se encuentran dentro del volumen edificado y que, frecuentemente, son abiertos.

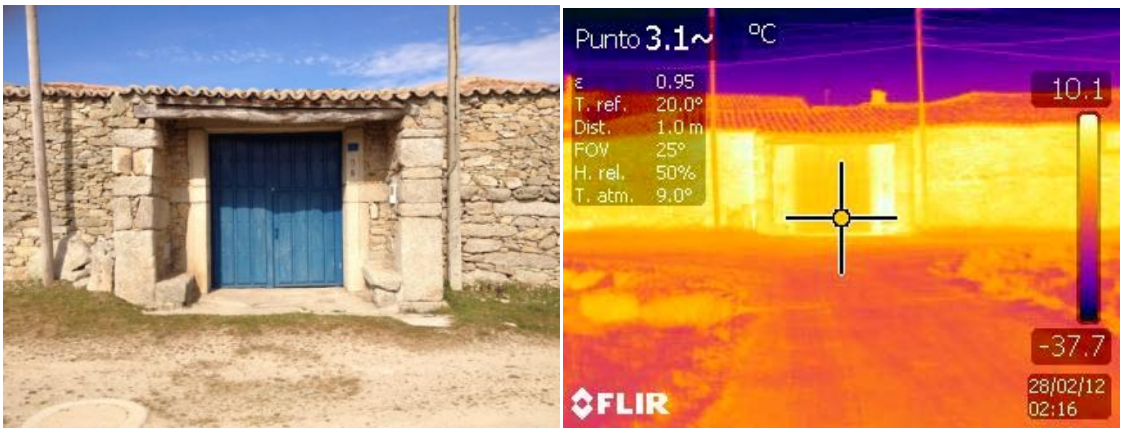


Figura 1 Estudio termogràfico de zaguán en Abelòn

Galerías

Cuerpos adosados a la edificación, generalmente en planta primera que cumplen la doble función de generar un espacio intermedio protegido de vientos y regular estacionalmente el soleamiento de muros y huecos. Se ha observado la adaptación de esta tipología hacia la de invernaderos adosados con el aumento de disponibilidad de vidrios en el siglo XIX

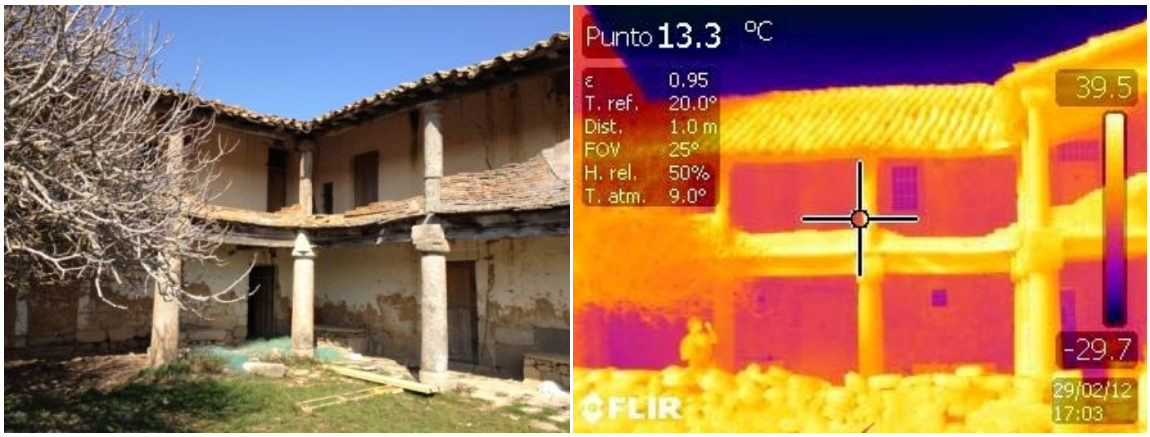


Figura 2 Estudio termogràfico de galería en la Dehesa de la Albañeza

Pórticos/soportales

Son elementos adosados a la edificación o embebidos en ella que se disponen en planta baja previamente a la entrada. Se denominan soportales cuando abarcan dos o más edificaciones.

Otorgan protección a viento y solar de modo homólogo a las galerías, pero vinculado a la cota de acceso y al entorno urbano, creando abrigo también a peatones.

Figura 3 Estudio termogràfico de pòrtico

Otros espacios de transición orientados

Tratados como elementos independientes, las paredes vegetales y las cubiertas activas, se consideran también como espacios de transición al crear ámbitos de condiciones higrotérmicas intermedias entre el exterior y los espacios acondicionados.

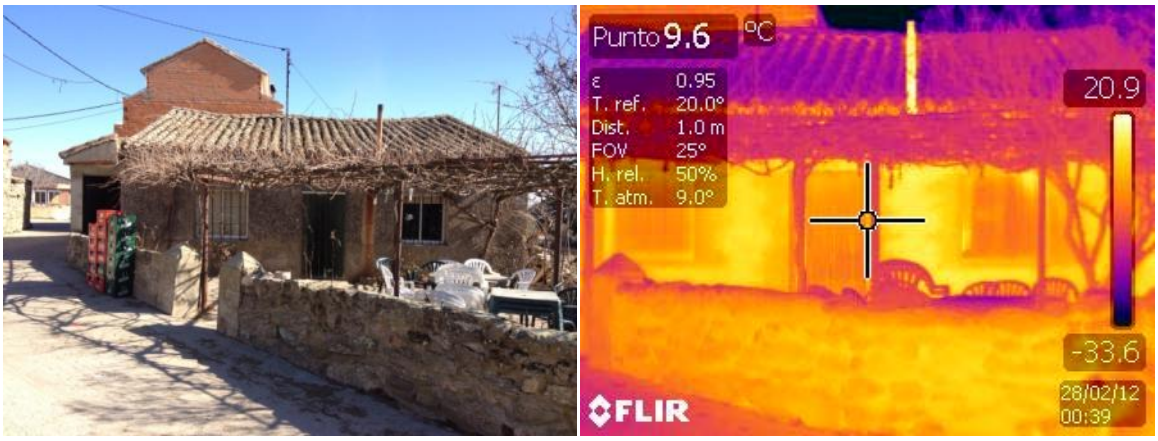


Figura 4 Estudio termogràfico de pòrtico vegetal en Abelòn

2. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO

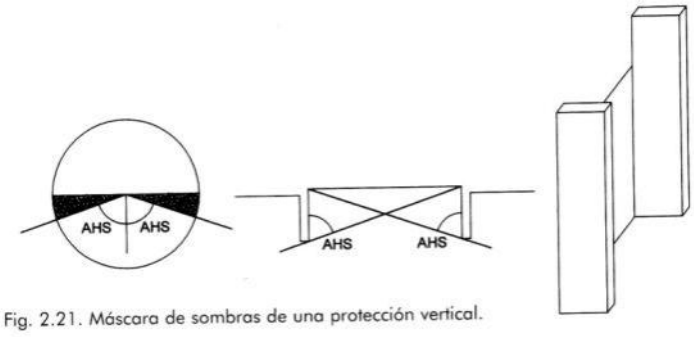


Fig. 2.21. Máscara de sombras de una protección vertical.

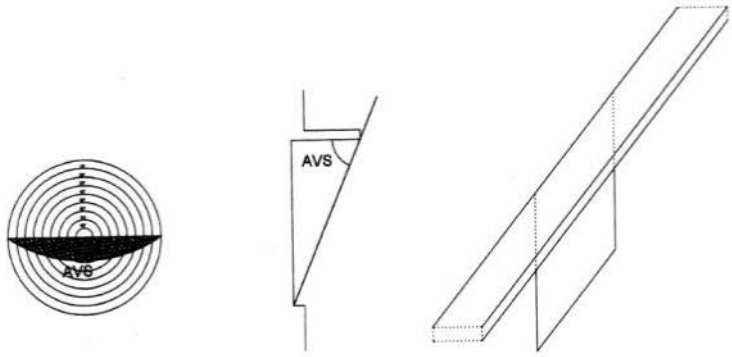


Fig. 2.22. Máscara de sombras de una protección horizontal.

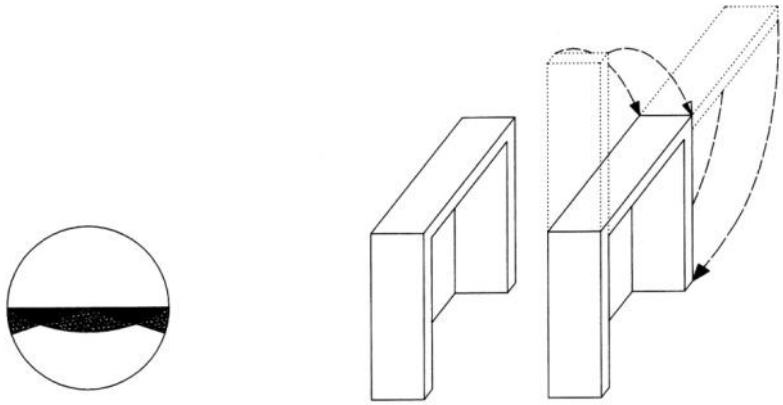


Fig. 2.23. Máscara de sombras de una protección mixta.

Figura 5 Màscaras de sombra según disposición de elementos de protecciòn

El funcionamiento de estos elementos como protección solar implica el estudio diferencial de las condiciones de invierno y verano, tanto para los elementos verticales y horizontales como para la situación en la que aparecen ambos.

3. PRÍNCIPIOS FÍSICOS BIOCLIMÁTICOS

Soleamiento

En las casas orientadas al sur, el sol penetra por el pórtico en invierno, mientras que en verano el arco solar descrito se eleva sobre nuestras cabezas y por encima del tejado, de manera que hay sombra.

Jenofonte citando a Sócrates, *Memorabilia, VIII* y siguientes

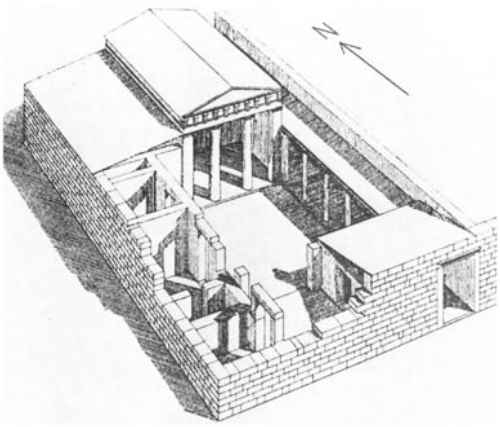
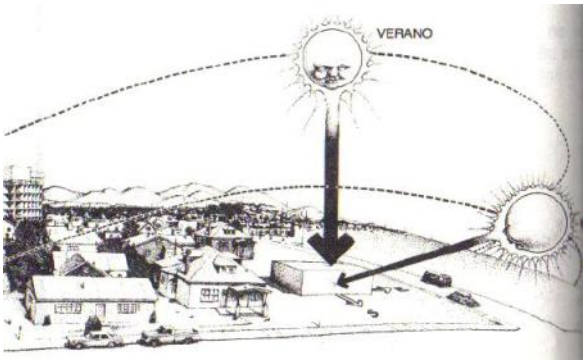


Figura 6 Casa griega clásica, excavaciones en la ciudad de Priene

El sol es la pequeña estrella en torno a la cual gira la Tierra y el resto de planetas del sistema. De ella proviene la energía que permite el desarrollo de la vida sobre la superficie de la tierra. Tiene un radio unas 109 veces superior al de la tierra y un volumen un millón trescientas mil veces mayor. Su distancia a nosotros, 149,6 millones de kilómetros aproximadamente, situa a la Tierra en un punto en el que la radiación que llega no es excesiva, como en el caso de Mercurio, ni insuficiente como en los planetas exteriores. Sin embargo, dado que la trayectoria es elíptica y que el sol està en uno de los focos de la elipse, su distancia es ligeramente variable desde el perihelio, minima distancia, al afelio.
F. Javier Neila Gonzàlez “Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible”



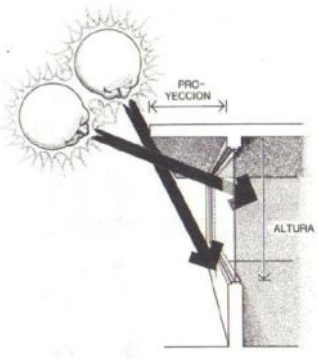


Figura 7 Diferencia estacional de inclinación solar

Viento

El problema pues, consiste en que, de toda la información que los geógrafos puedan proporcionarnos, parte de ella, la relativa a los vientos predominantes, nos resulta, en la práctica, irrelevante y la otra, la relativa a los vientos locales, solo nos resulta relevante en cuanto que habrá que tenerla en cuenta en previsión de sus efector perjudiciales. Según esto, solo la observación directa, la sabiduría vernácula y, excepcionalmente, la existencia de datos estadísticos relevantes, podrían poner al descubierto las características beneficiosas del régimen local de vientos (a no confundir con "viento local")

Fernando Ramòn Moliner "Ropa, sudor, arquitecturas"

En la configuración de la edificación, la eficiencia energética del sistema puede incrementarse mediante espacios intermedios que actúan como modulador o regulador térmico entre la edificación y el exterior y que pueden tener carácter habitacional estacionalmente en función de sus dimensiones. Su temperatura depende de las condiciones climáticas exteriores, su actuación como elemento de captación, conservación o limitación de pérdidas de calor, las características térmicas de los elementos en contacto con el ambiente exterior y las correspondientes a los elementos en contacto con la edificación.

Son elementos que, estando adosados a la edificación, caracterizados térmicamente por poseer una temperatura intermedia entre la temperatura exterior (T_{EXT}) y la temperatura interior (T_{INT}) y cuya función básica es limitar el intercambio térmico entre el edificio y el exterior.

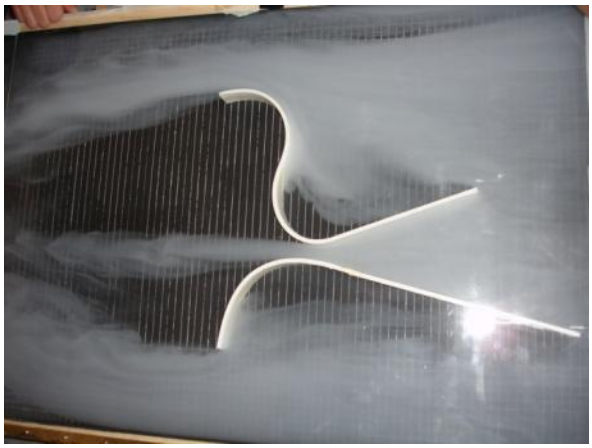


Figura 8 Maqueta de muros en túnel de viento

4. PARÁMETROS DE CÁLCULO A ESTUDIAR

Sombreamiento

En la actualidad, y debido al desarrollo de las herramientas de cálculo, el empleo de cartas solares para la obtención de coordenadas solares es inapropiado por la falta de precisión que proporcionan los sistemas gráficos. Al igual que con las coordenadas, los cálculos analíticos de sombra tienen la gran ventaja de proporcionar una información muy precisa.

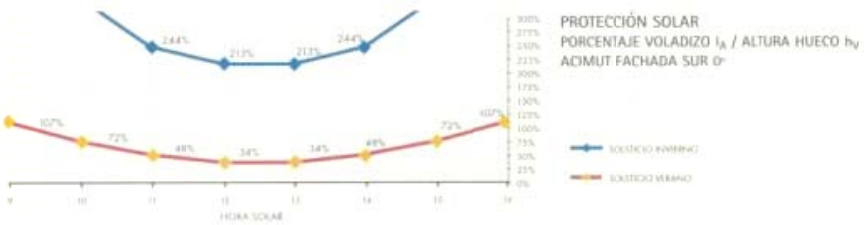
No obstante, los métodos analíticos tienen el inconveniente de que hay que efectuarlos para un momento concreto, lo que quita al resultado la posibilidad de obtener una conclusión general del problema.

Cuando, mediante el empleo de climogramas u otras herramientas de precisión, se haya obtenido el momento crítico para el que se desea el sombreamiento, deberán emplearse métodos analíticos. Sin embargo, cuando lo que se quiere es ver el comportamiento de un hueco o de una protección a lo largo de todo el año es preferible utilizar métodos gráficos. La precisión que se obtendrá no será tan grande como la obtenida con procesos analíticos, pero dará una visión global más que suficiente.

Las cartas estereográficas son las más adecuadas, tanto para representar las sombras arrojadas por el suel por los edificios como para representar las máscaras de sombra producidas sobre la fachada por cuerpos salientes.

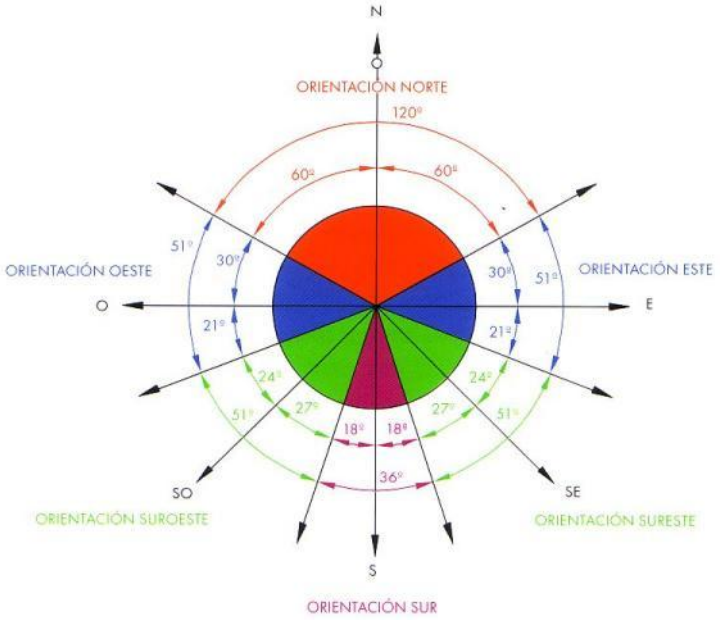
Para poder obtener las máscaras de apantallamiento es necesario contar con la carta estereográfica correspondiente a la latitud del lugar donde se ubica nuestro edificio. Posteriormente, se deberán calcular, de forma gráfica, los ángulos horizontal (AHS) y vertical de sombra (AVS) correspondientes a las protecciones solares, para el rayo solar que pasa por el borde extremo de la obstrucción y por la esquina opuesta de la ventana.

Para una protección vertical, la línea dibujada representa la proyección en planta del rayo solar límite. Los rayos solares que generen un AHS menor solearán parcialmente la ventana, mientras que si el ángulo es superior, permanecerá totalmente en sombra. Para un hueco orientado a sur este ángulo horizontal de sombra coincide con el azimut del sol; si se representa en esta situación el rayo solar sobre una carta estereográfica, los acimutes mayores representarán posiciones del sol en las que el hueco permanece completamente en sombra y acimutes menores posiciones en las que habrá alguna fracción de hueco soleada.



Regulación de vientos

Para el estudio de la influencia del viento y del alcance de la protección efectiva que otorguen estos elementos a la edificación, será preciso estudiar el régimen de vientos locales en cada situación y la minoración de la sustracción térmica que estos provocan sobre la fachada del edificio.

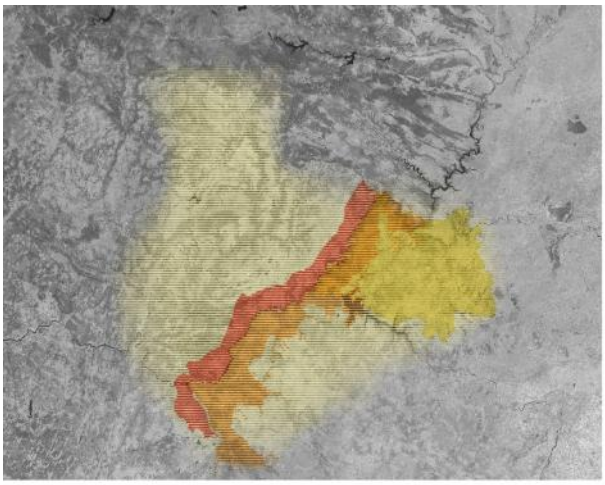


5. LOCALIZACIONES RECOMENDADAS

Como protección solar, la correcta ubicación, dependiendo de la latitud y del régimen de soleamiento que el edificio tenga en función de la orografía y de las edificaciones cercanas, será en orientaciones sur, este y oeste.

Como protección eólica, dependerá del régimen de vientos locales y de las barreras u obstáculos que elementos construidos cercanos otorguen al flujo de aire.

6. PARTICULARIDADES EN LA ZONA



Ejemplos del sistema localizado entre las **80 poblaciones** visitadas dentro de la zona de estudio:

Zona de estudio: zona transfronteriza Parque natural Douro Internacional, Parque Natural Arribes del Duero y Parque Narual de Montesinho.

-Portugal: Braganza, Miranda de Douro, Vimioso y Mogadouro, especialmente la zona de frontera con España

-España: Noroeste Salmantino, en la "Comarca de Vitigudino-Los Arribes". Suroeste zamorano, en la comarca de "El Sayago", en especial la zona del parque natural de los Arribes del Duero.

La zona presenta tres climas diferenciados, que corresponden con:

-Microclima Atlántico, correspondiente a la vertiente portuguesa

-Microclima Mediterráneo, zona del Duero

-Microclima Continental, Zonas en Zamora y Salamanca

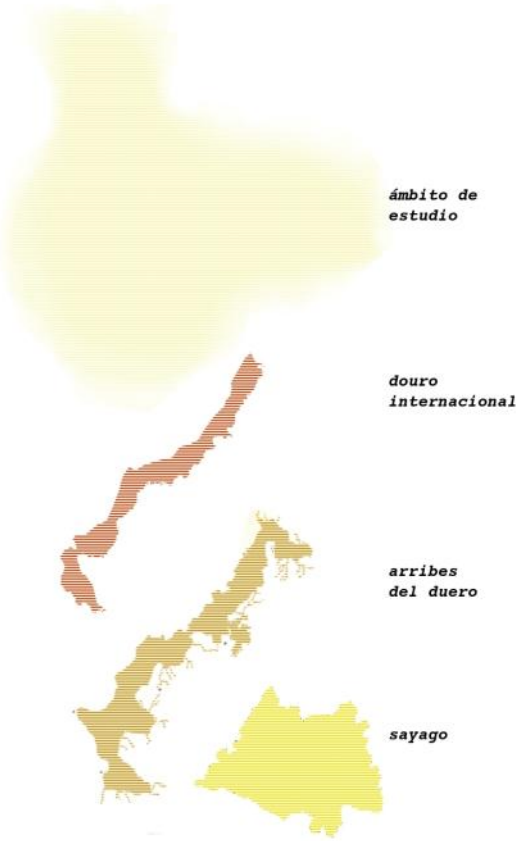


Figura 9 Ámbito de actuación

6.1 UBICACIÓN DENTRO DE LA ZONA DE ESTUDIO

En la zona de estudio se han encontrado tres tipos diferentes de estos tipos de espacios. Estos son: Pórticos, zaguanes y galerías. Se detallan en el siguiente mapa las situaciones relativas de dichas soluciones en el ámbito de estudio.

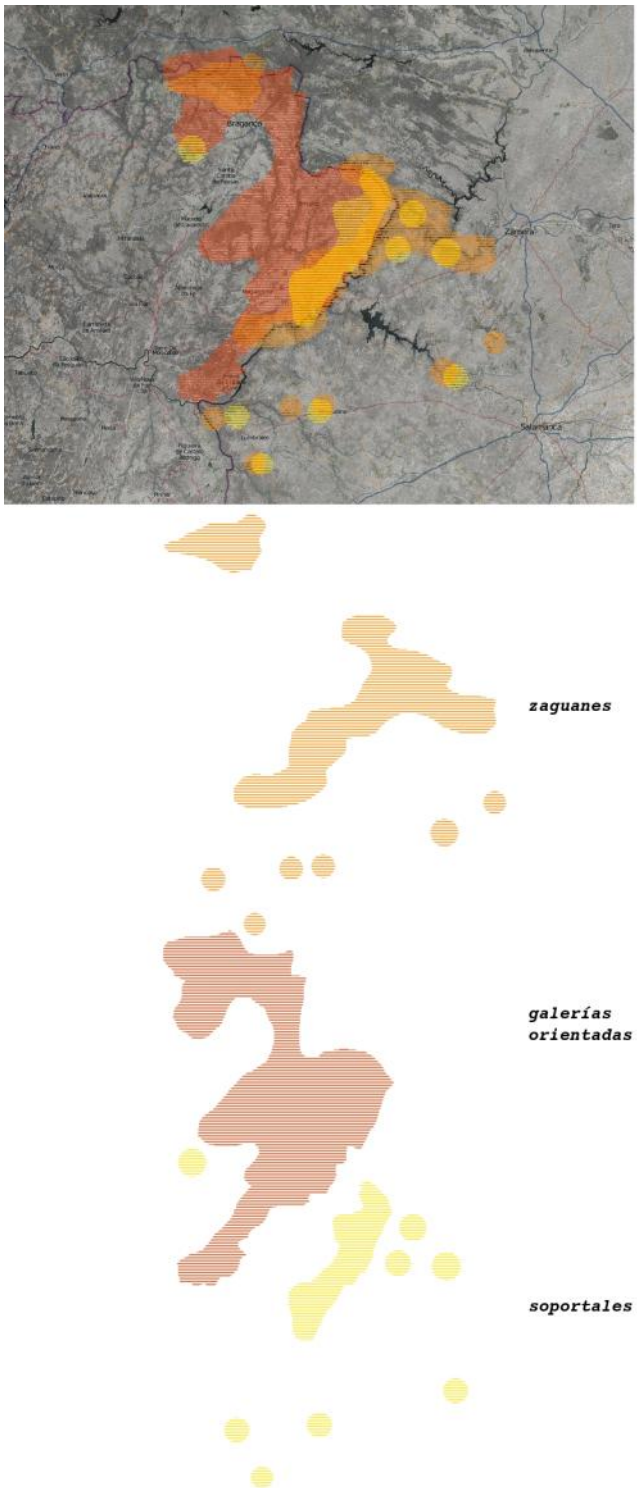


Figura10 Mapa de espacios de transición orientados

A continuación se reproduce el detalle fotográfico geolocalizado correspondiente a las referencias que aparecen en el **Mapa de implantación** de este sistema.

Figura11 Mapa de implantación –zaguanes-

Lon: 6° 3.82' 0.00" Lat: 41° 27.08' 0.00" Alt: 768.0000 msm

Lon: 6° 3.83' 0.00" Lat: 41° 27.07' 0.00" Alt: 762.0000 msm

Lon: 6° 3.93' 0.00" Lat: 41° 27.07' 0.00" Alt: 773.0000 msm

Lon: 6° 3.90' 0.00" Lat: 41° 27.07' 0.00" Alt: 766.0000 msm

Lon: 6° 16.51' 0.00" Lat: 41° 25.22' 0.00" Alt: 721.0000 msm

Lon: 6° 16.55' 0.00" Lat: 41° 25.16' 0.00" Alt: 725.0000 msm

Lon: 6° 16.58' 0.00" Lat: 41° 25.12' 0.00" Alt: 733.0000 msm

Lon: 6° 5.99' 0.00" Lat: 41° 28.16' 0.00" Alt: 684.0000 msm

Lon: 6° 6.03' 0.00" Lat: 41° 28.40' 0.00" Alt: 698.0000 msm

Lon: 6° 3.01' 0.00" Lat: 41° 31.25' 0.00" Alt: 788.0000 msm

Lon: 6° 2.91' 0.00" Lat: 41° 31.24' 0.00" Alt: 782.0000 msm

Lon: 6° 2.94' 0.00" Lat: 41° 31.30' 0.00" Alt: 780.0000 msm

Lon: 6° 30.18' 0.00" Lat: 41° 23.56' 0.00" Alt: 678.0000 msm

Lon: 6° 0.57' 0.00" Lat: 41° 25.75' 0.00" Alt: 745.0000 msm

Lon: 6° 22.00' 0.00" Lat: 41° 23.98' 0.00" Alt: 659.0000 msm

Lon: 6° 29.62' 0.00" Lat: 41° 1.00' 0.00" Alt: 737.0000 msm

Lon: 6° 34.13' 0.00" Lat: 41° 1.58' 0.00" Alt: 682.0000 msm

Lon: 6° 33.84' 0.00" Lat: 41° 19.38' 0.00" Alt: 755.0000 msm

Lon: 6° 33.89' 0.00" Lat: 41° 19.39' 0.00" Alt: 737.0000 msm

Lon: 6° 33.91' 0.00" Lat: 41° 19.40' 0.00" Alt: 739.0000 msm

Lon: 6° 33.68' 0.00" Lat: 41° 17.83' 0.00" Alt: 691.0000 msm

Lon: 6° 33.86' 0.00" Lat: 41° 17.79' 0.00" Alt: 697.0000 msm

Lon: 6° 33.61' 0.00" Lat: 41° 17.83' 0.00" Alt: 697.0000 msm

Lon: 6° 33.38' 0.00" Lat: 41° 16.51' 0.00" Alt: 670.0000 msm

Lon: 6° 33.30' 0.00" Lat: 41° 16.47' 0.00" Alt: 674.0000 msm

Lon: 6° 36.67' 0.00" Lat: 41° 12.98' 0.00" Alt: 676.0000 msm

Lon: 5° 52.50' 0.00" Lat: 41° 24.95' 0.00" Alt: 771.0000 msm

Lon: 5° 52.50' 0.00" Lat: 41° 24.95' 0.00" Alt: 770.0000 msm

Lon: 5° 52.53' 0.00" Lat: 41° 24.96' 0.00" Alt: 788.0000 msm

Lon: 5° 52.62' 0.00" Lat: 41° 24.99' 0.00" Alt: 757.0000 msm

Lon: 6° 25.58' 0.00" Lat: 41° 23.19' 0.00" Alt: 715.0000 msm

Lon: 6° 31.03' 0.00" Lat: 41° 24.52' 0.00" Alt: 600.0000 msm

Lon: 6° 43.79' 0.00" Lat: 41° 11.57' 0.00" Alt: 701.0000 msm

Lon: 6° 52.02' 0.00" Lat: 40° 59.36' 0.00" Alt: 523.0000 msm

Lon: 6° 59.88' 0.00" Lat: 41° 53.54' 0.00" Alt: 1006.0000 msm

Lon: 6° 50.43' 0.00" Lat: 41° 53.95' 0.00" Alt: 846.0000 msm

Lon: 6° 50.56' 0.00" Lat: 41° 53.99' 0.00" Alt: 841.0000 msm

Lon: 6° 50.57' 0.00" Lat: 41° 53.95' 0.00" Alt: 844.0000 msm

Lon: 6° 45.36' 0.00" Lat: 41° 51.21' 0.00" Alt: 688.0000 msm

Lon: 6° 45.93' 0.00" Lat: 41° 56.36' 0.00" Alt: 1025.0000 msm

Lon: 6° 50.56' 0.00" Lat: 41° 53.96' 0.00" Alt: 819.0000 msm

Lon: 6° 50.42' 0.00" Lat: 41° 53.94' 0.00" Alt: 835.0000 msm

Lon: 6° 50.42' 0.00" Lat: 41° 53.94' 0.00" Alt: 836.0000 msm

Lon: 6° 48.03' 0.00" Lat: 41° 51.94' 0.00" Alt: 863.0000 msm

Lon: 6° 20.97' 0.00" Lat: 41° 38.47' 0.00" Alt: 717.0000 msm

Lon: 6° 20.97' 0.00" Lat: 41° 38.47' 0.00" Alt: 715.0000 msm

Lon: 6° 20.94' 0.00" Lat: 41° 38.49' 0.00" Alt: 724.0000 msm

Lon: 6° 14.96' 0.00" Lat: 41° 39.17' 0.00" Alt: 814.0000 msm

Lon: 6° 10.89' 0.00" Lat: 41° 32.23' 0.00" Alt: 765.0000 msm

Lon: 6° 10.90' 0.00" Lat: 41° 32.24' 0.00" Alt: 760.0000 msm

Lon: 6° 10.88' 0.00" Lat: 41° 32.19' 0.00" Alt: 761.0000 msm

Lon: 6° 10.91' 0.00" Lat: 41° 32.21' 0.00" Alt: 762.0000 msm

Lon: 6° 10.79' 0.00" Lat: 41° 32.18' 0.00" Alt: 778.0000 msm

Lon: 6° 10.80' 0.00" Lat: 41° 32.18' 0.00" Alt: 761.0000 msm

Lon: 6° 10.51' 0.00" Lat: 41° 28.17' 0.00" Alt: 766.0000 msm

Lon: 6° 10.51' 0.00" Lat: 41° 28.20' 0.00" Alt: 757.0000 msm

Lon: 6° 10.52' 0.00" Lat: 41° 28.19' 0.00" Alt: 757.0000 msm

Lon: 6° 12.63' 0.00" Lat: 41° 26.56' 0.00" Alt: 749.0000 msm

Lon: 6° 42.50' 0.00" Lat: 40° 50.99' 0.00" Alt: 670.0000 msm

Lon: 5° 49.64' 0.00" Lat: 41° 12.99' 0.00" Alt: msm

Lon: 6° 44.92' 0.00" Lat: 40° 52.31' 0.00" Alt: 640.0000 msm

Lon: 6° 31.46' 0.00" Lat: 41° 14.47' 0.00" Alt: 693.0000 msm

Lon: 6° 16.21' 0.00" Lat: 41° 25.34' 0.00" Alt: 698.0000 msm

Lon: 6° 18.45' 0.00" Lat: 41° 24.13' 0.00" Alt: 641.0000 msm

Lon: 5° 59.89' 0.00" Lat: 41° 5.46' 0.00" Alt: 779.0000 msm

Lon: 6° 15.95' 0.00" Lat: 41° 34.93' 0.00" Alt: 771.0000 msm

Lon: 6° 14.63' 0.00" Lat: 41° 31.67' 0.00" Alt: 703.0000 msm

Lon: 6° 3.04' 0.00" Lat: 41° 31.26' 0.00" Alt: 804.0000 msm

Lon: 6° 2.96' 0.00" Lat: 41° 31.25' 0.00" Alt: 785.0000 msm

Lon: Lat: Alt: msm

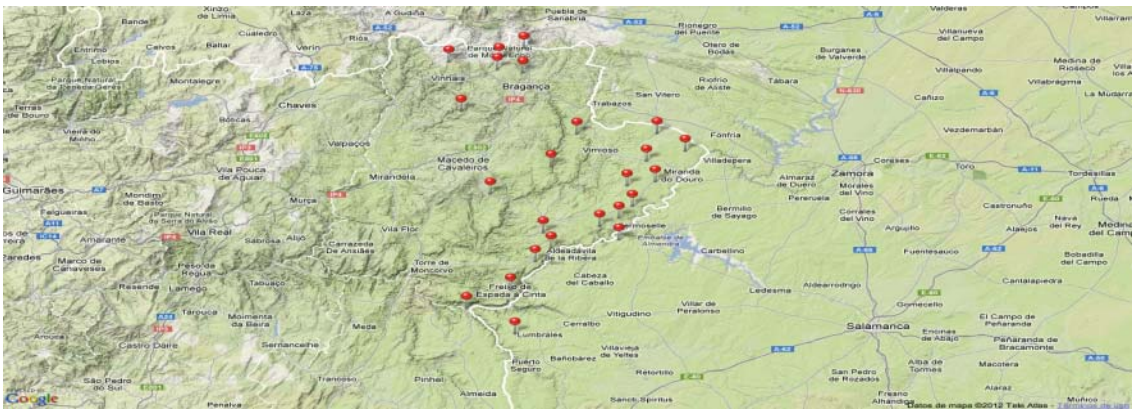


Figura12 Mapa de implantación –galerías orientadas-

Lon: 6° 36.06' 0.00" Lat: 41° 38.42' 0.00" Alt: 685.0000 msm

Lon: 6° 23.06' 0.00" Lat: 41° 32.79' 0.00" Alt: 728.0000 msm

Lon: 6° 18.74' 0.00" Lat: 41° 25.97' 0.00" Alt: 725.0000 msm

Lon: 6° 43.78' 0.00" Lat: 41° 11.55' 0.00" Alt: 713.0000 msm

Lon: 6° 43.78' 0.00" Lat: 41° 11.56' 0.00" Alt: 709.0000 msm

Lon: 6° 43.76' 0.00" Lat: 41° 11.57' 0.00" Alt: 700.0000 msm

Lon: 6° 43.77' 0.00" Lat: 41° 11.55' 0.00" Alt: 706.0000 msm

Lon: 6° 48.37' 0.00" Lat: 41° 5.52' 0.00" Alt: 456.0000 msm

Lon: 6° 48.38' 0.00" Lat: 41° 5.52' 0.00" Alt: 461.0000 msm

Lon: 6° 48.39' 0.00" Lat: 41° 5.40' 0.00" Alt: 464.0000 msm

Lon: 6° 48.31' 0.00" Lat: 41° 5.57' 0.00" Alt: 457.0000 msm

Lon: 6° 48.31' 0.00" Lat: 41° 5.57' 0.00" Alt: 458.0000 msm

Lon: 6° 48.30' 0.00" Lat: 41° 5.57' 0.00" Alt: 473.0000 msm

Lon: 6° 48.29' 0.00" Lat: 41° 5.58' 0.00" Alt: 469.0000 msm

Lon: 6° 48.33' 0.00" Lat: 41° 5.56' 0.00" Alt: 467.0000 msm

Lon: 6° 48.36' 0.00" Lat: 41° 5.54' 0.00" Alt: 452.0000 msm

Lon: 6° 52.21' 0.00" Lat: 41° 25.80' 0.00" Alt: 560.0000 msm

Lon: 6° 57.59' 0.00" Lat: 41° 43.20' 0.00" Alt: 747.0000 msm

Lon: 6° 57.61' 0.00" Lat: 41° 43.25' 0.00" Alt: 728.0000 msm

Lon: 6° 57.51' 0.00" Lat: 41° 43.24' 0.00" Alt: 704.0000 msm

Lon: 6° 57.50' 0.00" Lat: 41° 43.24' 0.00" Alt: 698.0000 msm

Lon: 6° 59.91' 0.00" Lat: 41° 53.54' 0.00" Alt: 1000.0000 msm

Lon: 6° 59.90' 0.00" Lat: 41° 53.54' 0.00" Alt: 1004.0000 msm

Lon: 6° 59.90' 0.00" Lat: 41° 53.53' 0.00" Alt: 1011.0000 msm

Lon: 6° 50.57' 0.00" Lat: 41° 53.95' 0.00" Alt: 851.0000 msm

Lon: 6° 50.43' 0.00" Lat: 41° 53.90' 0.00" Alt: 839.0000 msm

Lon: 6° 46.26' 0.00" Lat: 41° 51.13' 0.00" Alt: 743.0000 msm

Lon: 6° 46.24' 0.00" Lat: 41° 51.12' 0.00" Alt: 746.0000 msm

Lon: 6° 46.13' 0.00" Lat: 41° 51.16' 0.00" Alt: 740.0000 msm

Lon: 6° 45.94' 0.00" Lat: 41° 56.36' 0.00" Alt: 1017.0000 msm

Lon: 6° 45.94' 0.00" Lat: 41° 56.35' 0.00" Alt: 1015.0000 msm

Lon: 6° 45.93' 0.00" Lat: 41° 56.35' 0.00" Alt: 1017.0000 msm

Lon: 6° 50.52' 0.00" Lat: 41° 53.99' 0.00" Alt: 813.0000 msm

Lon: 6° 50.56' 0.00" Lat: 41° 53.96' 0.00" Alt: 822.0000 msm

Lon: 6° 28.09' 0.00" Lat: 41° 16.22' 0.00" Alt: 607.0000 msm

Lon: 6° 28.08' 0.00" Lat: 41° 16.21' 0.00" Alt: 593.0000 msm

Lon: 6° 28.12' 0.00" Lat: 41° 16.16' 0.00" Alt: 633.0000 msm

Lon: 6° 28.08' 0.00" Lat: 41° 16.19' 0.00" Alt: 597.0000 msm

Lon: 6° 25.60' 0.00" Lat: 41° 23.17' 0.00" Alt: 717.0000 msm

Lon: 6° 28.05' 0.00" Lat: 41° 20.79' 0.00" Alt: 703.0000 msm

Lon: 6° 28.04' 0.00" Lat: 41° 20.79' 0.00" Alt: 696.0000 msm

Lon: 6° 26.60' 0.00" Lat: 41° 27.58' 0.00" Alt: 717.0000 msm

Lon: 6° 21.27' 0.00" Lat: 41° 28.37' 0.00" Alt: 698.0000 msm

Lon: 6° 21.26' 0.00" Lat: 41° 28.37' 0.00" Alt: 704.0000 msm

Lon: 6° 31.65' 0.00" Lat: 41° 18.98' 0.00" Alt: 699.0000 msm

Lon: 6° 37.56' 0.00" Lat: 41° 15.85' 0.00" Alt: 640.0000 msm

Lon: 6° 40.74' 0.00" Lat: 41° 14.41' 0.00" Alt: 636.0000 msm

Lon: 6° 40.73' 0.00" Lat: 41° 14.40' 0.00" Alt: 681.0000 msm

Lon: 6° 40.37' 0.00" Lat: 41° 14.17' 0.00" Alt: 669.0000 msm

Lon: 6° 40.41' 0.00" Lat: 41° 14.21' 0.00" Alt: 686.0000 msm

Lon: 6° 40.73' 0.00" Lat: 41° 14.38' 0.00" Alt: 673.0000 msm

Lon: 6° 40.39' 0.00" Lat: 41° 18.41' 0.00" Alt: 768.0000 msm

Lon: 6° 15.78' 0.00" Lat: 41° 34.83' 0.00" Alt: 770.0000 msm

Lon: 6° 43.15' 0.00" Lat: 41° 20.34' 0.00" Alt: 755.0000 msm

Lon: 6° 43.22' 0.00" Lat: 41° 20.24' 0.00" Alt: 743.0000 msm

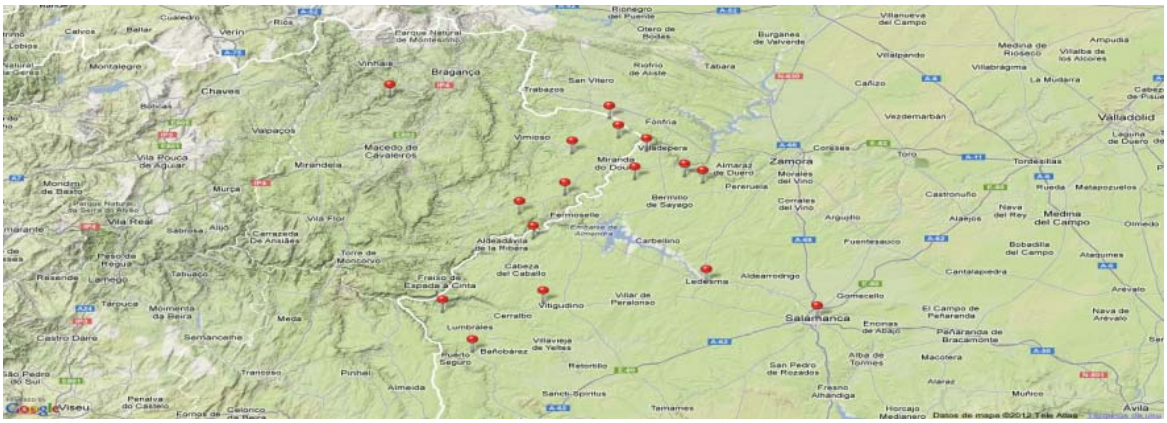
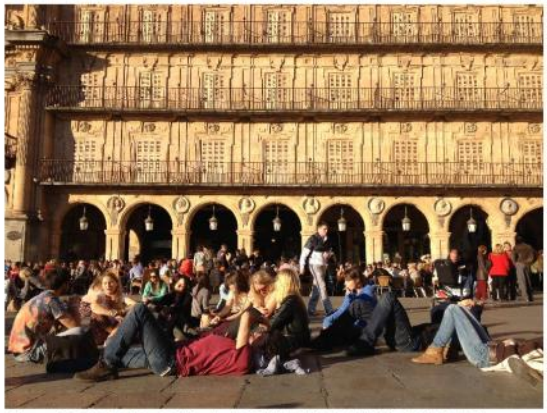


Figura13 Mapa de implantación –pórticos y soportales-

Lon: 6° 3.91' 0.00" Lat: 41° 27.08' 0.00" Alt: 772.0000 msm

Lon: 6° 16.25' 0.00" Lat: 41° 25.25' 0.00" Alt: 726.0000 msm



Lon: 5° 39.83' 0.00" Lat: 40° 57.91' 0.00" Alt: 828.0000 msm

Lon: 6° 3.90' 0.00" Lat: 41° 27.08' 0.00" Alt: 751.0000 msm

Lon: 6° 3.66' 0.00" Lat: 41° 26.91' 0.00" Alt: 787.0000 msm

Lon: 6° 6.05' 0.00" Lat: 41° 28.39' 0.00" Alt: 638.0000 msm

Lon: 6° 6.24' 0.00" Lat: 41° 28.15' 0.00" Alt: 762.0000 msm

Lon: 6° 0.59' 0.00" Lat: 41° 25.73' 0.00" Alt: 763.0000 msm

Lon: 6° 0.59' 0.00" Lat: 41° 25.73' 0.00" Alt: 765.0000 msm

Lon: 6° 24.32' 0.00" Lat: 41° 31.69' 0.00" Alt: 731.0000 msm

Lon: 6° 29.65' 0.00" Lat: 41° 0.99' 0.00" Alt: 728.0000 msm

Lon: 6° 33.84' 0.00" Lat: 41° 19.38' 0.00" Alt: 755.0000 msm

Lon: 6° 25.59' 0.00" Lat: 41° 23.23' 0.00" Alt: 713.0000 msm

Lon: 6° 57.49' 0.00" Lat: 41° 43.24' 0.00" Alt: 710.0000 msm

Lon: 6° 17.53' 0.00" Lat: 41° 38.86' 0.00" Alt: 826.0000 msm

Lon: 6° 10.79' 0.00" Lat: 41° 32.20' 0.00" Alt: 765.0000 msm

Lon: 6° 12.90' 0.00" Lat: 41° 26.43' 0.00" Alt: 745.0000 msm

Lon: 6° 42.38' 0.00" Lat: 40° 50.94' 0.00" Alt: 675.0000 msm

Lon: 6° 42.52' 0.00" Lat: 40° 51.00' 0.00" Alt: 668.0000 msm

Lon: 6° 47.79' 0.00" Lat: 40° 59.13' 0.00" Alt: 580.0000 msm

Lon: 6° 31.38' 0.00" Lat: 41° 14.37' 0.00" Alt: 690.0000 msm

Lon: 5° 59.92' 0.00" Lat: 41° 5.42' 0.00" Alt: 794.0000 msm

Lon: 6° 15.90' 0.00" Lat: 41° 34.97' 0.00" Alt: 776.0000 msm

7. EJEMPLOS EN ARQUITECTURA CONTEMPORÀNEA

Figura 14 Casa Oliveira. Eduardo Souto de Moura

Figura 15 Casas en Affoltern-an-Albis, Suiza. Metron Architekturbûro

Figura 16 Edificio en Dornbirn, Austria. Hermann Kaufmann

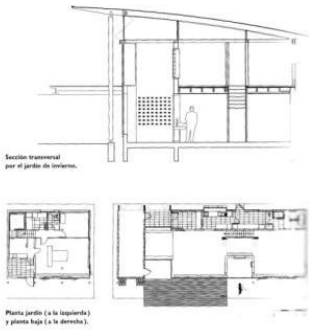


Figura 17 Pórtico Casa Perche de Sonia Cortesse

Referencias bibliográficas

Jenofonte, *Memorabilia, VIII*
Yañez Pararadera, Guillermo: "*Arquitectura Solar. Aspectos pasivos, bioclimatismo e iluminación natural",* Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Madrid, 1988.
Yañez Pararadera, Guillermo: "*Arquitectura Solar e iluminación natural",* Munilla-Lería, Madrid, 2008.
Mazria, Edward: "El libro de la energía solar pasiva" Gustavo Gili, México, 1983.
Granados Menéndez, Helena*: "Principios y estrategias del diseño bioclimático en la arquitectura y el urbanismo. 03. Eficiencia energética"* Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España, 2006.
Neila González, F. Javier: *"Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible"* Munilla-Lería. 2004.
Gauzin-Müller, Dominique: "Arquitectura ecológica" Gustavo Gili, Barcelona, 2002.

Invernadero Adosado

Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

1. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

Los miradores adosados, las galerías acristaladas son sistemas de captación solar basados en el efecto invernadero.

Estos sistemas adosados a las fachadas de los edificios requieren de una serie de mecanismos que regulen esta aportación de calor así como una orientación determinada para su uso correcto.

2. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO

Figura 1 Funcionamiento en invierno y en verano de mirador

El invernadero adosado y la galería crean un espacio invernadero de que capta radiación y acumula calor en el muro de la fachada que se transmite a la zona a calefactar a través de los siguientes mecanismos.

- Muro de conexión de gran masa térmica
- Intercambio de aire a través de huecos de paso

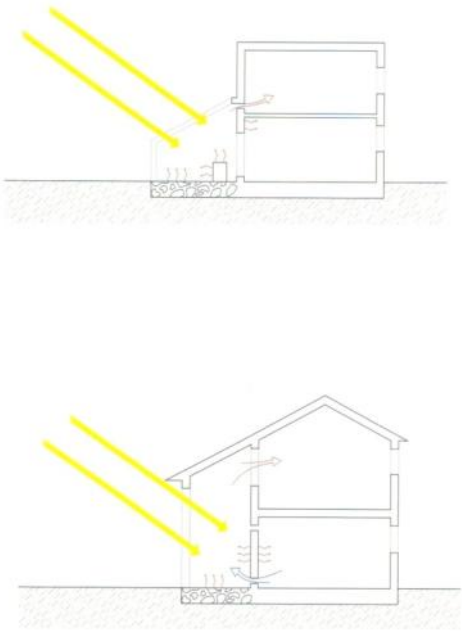


Figura 2 Diferentes sistemas de transmisión de calor

Para latitudes templadas de alta radiación estacional es necesario contar con mecanismos (voladizos, contraventanas, cortinas, persianas o vegetación) que eviten el sobrecalentamiento así como con sistemas de control de los huecos de paso que eviten perder energía en las noches de invierno.

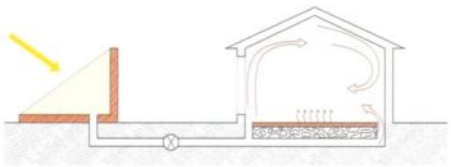


Figura 3 Sistema de captación remota

Estos acristalamientos han de ser practicables para permitir la ventilación directa.

3. PRINCIPIOS FÍSICOS BIOCLIMÁTICOS

- **Efecto invernadero**

La longitud de onda de la radiación solar que llega a la tierra se encuentra entre 300 y 3500 nm. A su vez el vidrio es permeable a la radiación de onda corta (menor de 2500 nm) que llega a ser el 97% de esta. Parte de esta radiación es reflejada, el 7% aproximadamente, otra parte, entorno al 10% es absorbida por el vidrio y transmitida al interior y al exterior según las condiciones de estos.

El resto de la energía penetra calentando los cuerpos en los que incide. Estos cuerpos emiten de vuelta esa energía por radiación infrarroja de longitud de onda 11.000 nm, una longitud de onda para la que el vidrio es opaco, quedando por tanto atrapada y calentando el aire.

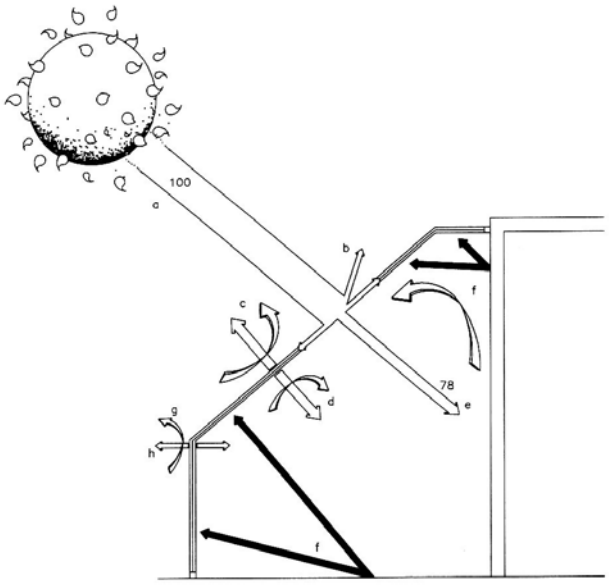


Figura 4 Efecto invernadero

- **Inercia Térmica**

Almacenamiento de calor gracias a la capacidad térmica de los materiales de alta masa y alta densidad y su posterior devolución al ambiente (retardo).

- **Albedo**

Capacidad de reflexión o absorción de la radiación electromagnética de un material dependiendo del color de la superficie de ésta.

4. PARÁMETROS DE CÁLCULO A ESTUDIAR

El muro trombe es una adaptación de este sistema bioclimático tradicional llevado a la práctica por el ingeniero Felix Trombe [1] en una vivienda experimental situada en los Pirineos franceses en 1967. Consiste en la reducción del invernadero a una cámara de dimensiones mínimas entre un vidrio exterior orientado al sur y una pared de alta inercia térmica (gran espesor y alta densidad) que dispone de huecos controlables colocados arriba y debajo de manera que permiten la distribución del calor mediante un lazo convectivo.

Hay que tener en cuenta que la superficie exterior del muro ha de ser oscura (de bajo albedo) para evitar pérdidas por reflexión y el tipo de vidrio ha de ser adecuado (doble acristalamiento, grado de reflexión), así como la protección exterior de este para que no se enfríe por la noche.

Planteamos como solución de captación de radiación solar pasiva de bajo coste este método, tanto para construcciones existentes (rehabilitación energética) como para nueva edificación.
Estos serían los parámetros a calcular según F. Javier Neila:

- Dimensionado del espesor del muro y su composición para calcular el retardo que permita seguir calentando durante la noche.
- Superficie del vidrio: Entre 0,25 y 0,80 m2 por cada metro cuadrado de superficie a acondicionar.
- La superficie de aberturas para permitir la correcta circulación del aire que será de 100 cm2 por metro cuadrado de muro.

- El espesor de la cámara de aire: Aproximadamente 10 cm.
- Para una Latitud de 40ºN:

  - Edificios bien aislados: 0,44 $m^2\, vidrio/m^2\ de\ local$
  - Edificios med. aislados: 0,60 $m^2\, vidrio/m^2\ de\ local$
  - Edificios mal aislados: 0,74 $m^2\, vidrio/m^2\ de\ local$

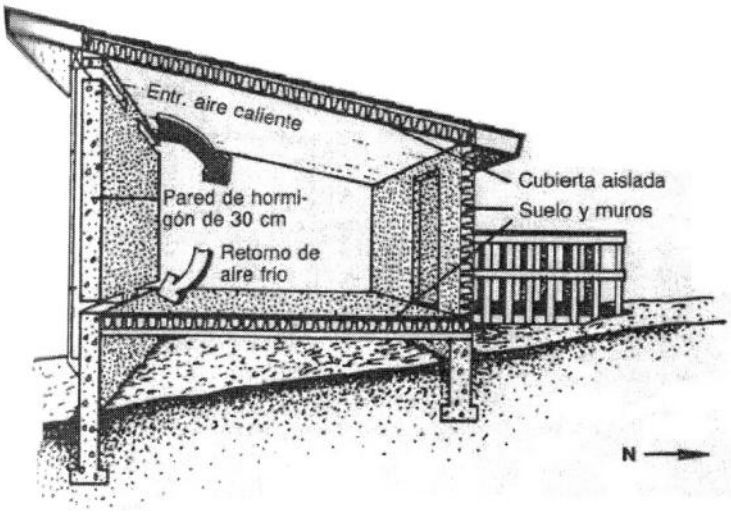
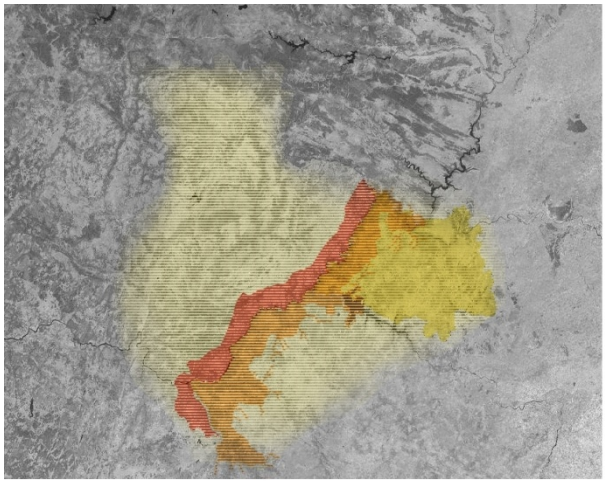


Figura 5 Sección de la vivienda Trombe en Odeillo, Francia. [1]

5. LOCALIZACIONES RECOMENDADAS

Los invernaderos adosados se colocan en las fachadas sur y en cualquier clima dentro de la península mientras que las galerías no son recomendables en climas con veranos muy calurosos porque pueden llegar a producir sobre calentamiento por lo cual en esas latitudes quedarían reducidos a lugares de paso y no de estancia.

6. PARTICULARIDADES EN LA ZONA



Ejemplos del sistema localizado entre las **80 poblaciones** visitadas dentro de la zona de estudio:

Zona de estudio: zona transfronteriza Parque natural Douro Internacional, Parque Natural Arribes del Duero y Parque Narual de Montesinho.

-Portugal: Braganza, Miranda de Douro, Vimioso y Mogadouro, especialmente la zona de frontera con España

-España: Noroeste Salmantino, en la “Comarca de Vitigudino-Los Arribes”. Suroeste zamorano, en la comarca de “El Sayago”, en especial la zona del parque natural de los Arribes del Duero.

La zona presenta tres climas diferenciados, que corresponden con:

-Clima Atlántico, correspondiente a la vertiente portuguesa

-Microclima Mediterráneo, zona del Duero

-Clima Continental, Zonas en Zamora y Salamanca

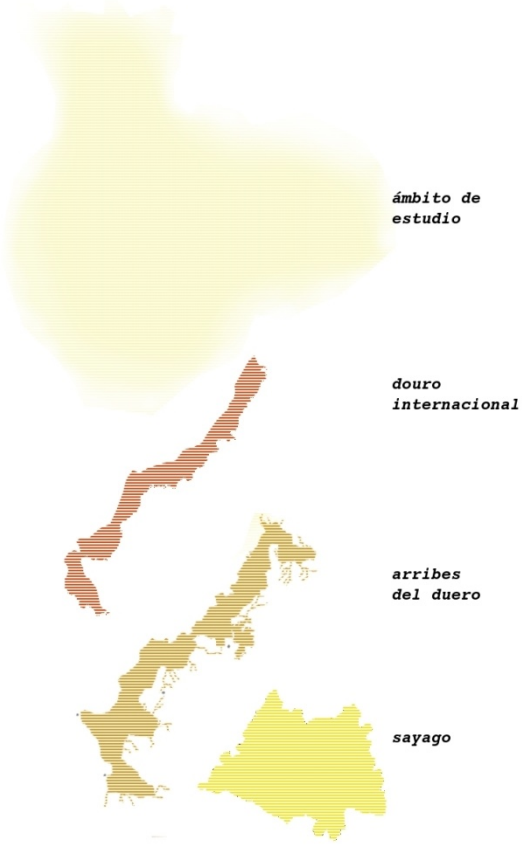


Figura 6 Ámbito de aplicación

6.1 UBICACIÓN DENTRO DE LA ZONA DE ESTUDIO

En la zona de estudio se han encontrado invernaderos adosados orientados al sur en las zonas indicadas en el mapa. Los ejemplos hallados son relativamente recientes en comparación con otras soluciones. Este sistema es la evolución de la galería adosada que se encuentra extendida en la zona de Tras-os Montes tal y como se indica en mapa correspondiente.

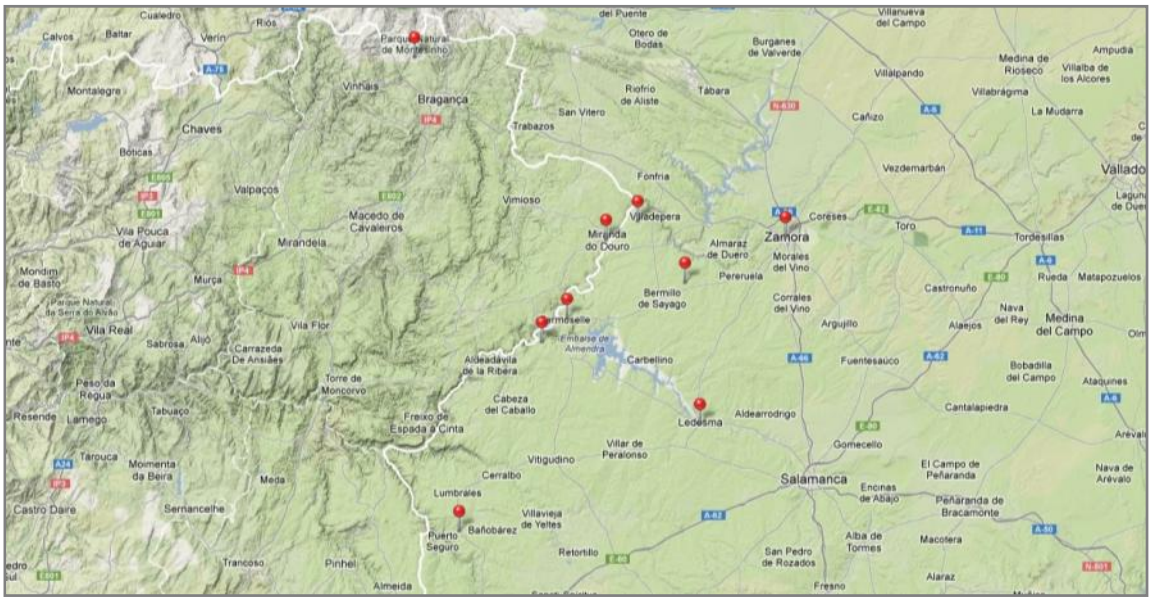


Figura7 Mapa de implantación –Invernadero adosado-

A continuación se reproduce el detalle fotográfico geolocalizado correspondiente a las referencias que aparecen en el **Mapa de Implantación** de este sistema.

Lon: 6° 16.48' 0.00" Lat: 41° 29.77' 0.00" Alt: 680.7795 msm

Lon: 6° 23.92' 0.00" Lat: 41° 19.06' 0.00" Alt: 683.6374 msm

Lon: 6° 2.53' 0.00" Lat: 41° 24.09' 0.00" Alt: 770.0000 msm

Lon: 6° 50.44' 0.00" Lat: 41° 53.93' 0.00" Alt: 802.0000 msm

Lon: 6° 10.88' 0.00" Lat: 41° 32.19' 0.00" Alt: 761.0000 msm

Lon: 6° 10.91' 0.00" Lat: 41° 32.20' 0.00" Alt: 757.0000 msm

Lon: 6° 10.90' 0.00" Lat: 41° 32.20' 0.00" Alt: 771.0000 msm

Lon: 5° 44.77' 0.00" Lat: 41° 30.19' 0.00" Alt: 659.3008 msm

Lon: 5° 44.77' 0.00" Lat: 41° 30.17' 0.00" Alt: 661.0000 msm

Lon: 5° 44.77' 0.00" Lat: 41° 30.17' 0.00" Alt: 658.0000 msm

Lon: 5° 44.76' 0.00" Lat: 41° 30.16' 0.00" Alt: 658.0000 msm

Lon: 5° 44.78' 0.00" Lat: 41° 30.20' 0.00" Alt: 660.6108 msm

Lon: 5° 44.77' 0.00" Lat: 41° 30.19' 0.00" Alt: 662.0000 msm

Lon: 5° 44.77' 0.00" Lat: 41° 30.19' 0.00" Alt: 664.0000 msm

Lon: 5° 44.77' 0.00" Lat: 41° 30.20' 0.00" Alt: 661.0000 msm

Lon: 5° 44.77' 0.00" Lat: 41° 30.20' 0.00" Alt: 666.0000 msm

Lon: 5° 44.77' 0.00" Lat: 41° 30.24' 0.00" Alt: 714.0000 msm

Lon: 5° 44.75' 0.00" Lat: 41° 30.23' 0.00" Alt: 658.0000 msm

Lon: 5° 44.62' 0.00" Lat: 41° 30.29' 0.00" Alt: 653.0000 msm

Lon: 6° 23.43' 0.00" Lat: 41° 19.25' 0.00" Alt: 677.0000 msm

Lon: 6° 27.88' 0.00" Lat: 41° 16.13' 0.00" Alt: 610.0000 msm

Lon: 5° 59.99' 0.00" Lat: 41° 5.28' 0.00" Alt: 752.8165 msm

Lon: 6° 42.50' 0.00" Lat: 40° 50.99' 0.00" Alt: 670.0000 msm

Lon: 6° 42.54' 0.00" Lat: 40° 51.01' 0.00" Alt: 678.0000 msm

Lon: 5° 59.93' 0.00" Lat: 41° 5.29' 0.00" Alt: 757.0000 msm

Lon: 5° 59.92' 0.00" Lat: 41° 5.42' 0.00" Alt: 788.0000 msm

Lon: 5° 59.99' 0.00" Lat: 41° 5.37' 0.00" Alt: 781.0000 msm

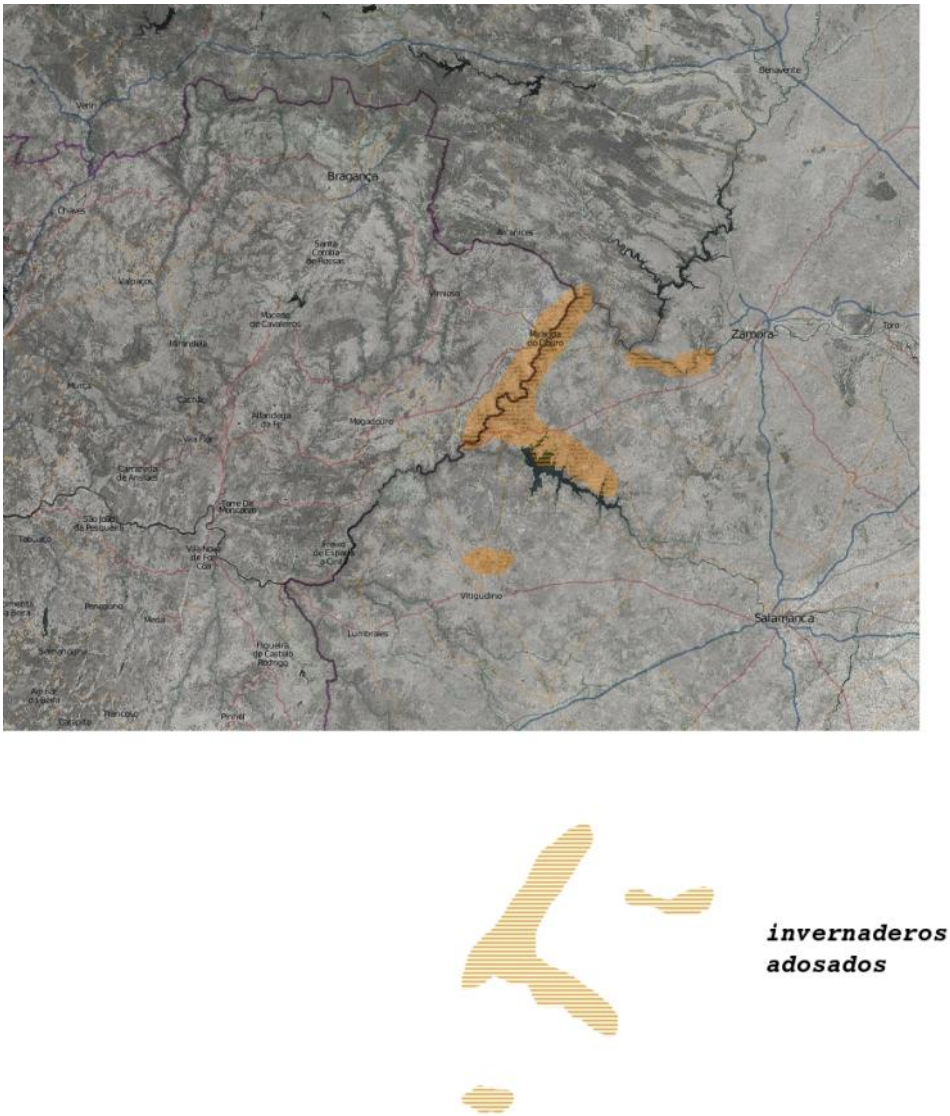
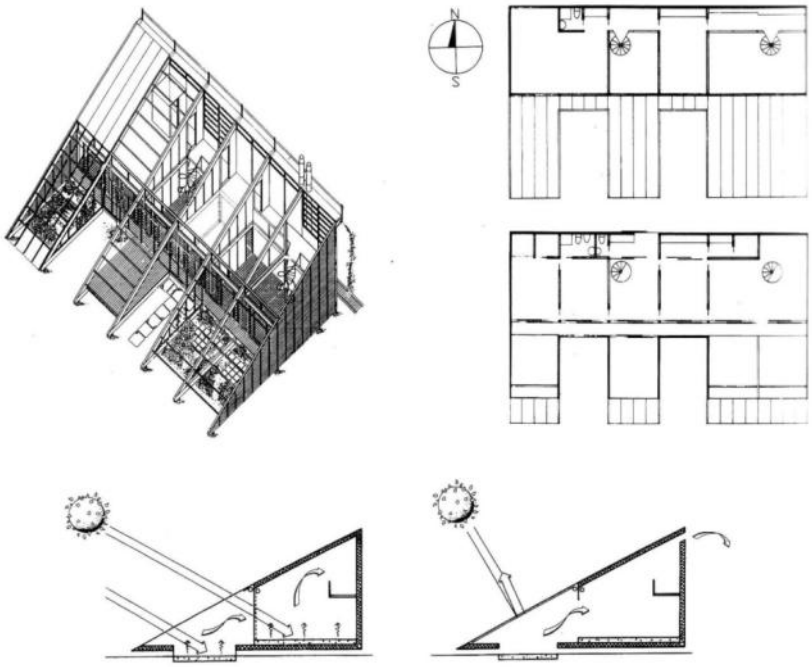


Figura 8 Mapa de implantación –zonas de la solución con invernaderos y galerías adosados.

7. APLICACIÓN EN ARQUITECTURA CONTEMPORÁNEA



Invernaderos al sur para la captación solar, con una gran cubierta inclinada y continua que permite que el aire caliente llegue hasta las estancias más alejadas de los invernaderos.

Figura 9 Vivienda unifamiliar en Ratisbona, Munich (Thomas Herzog 1979)

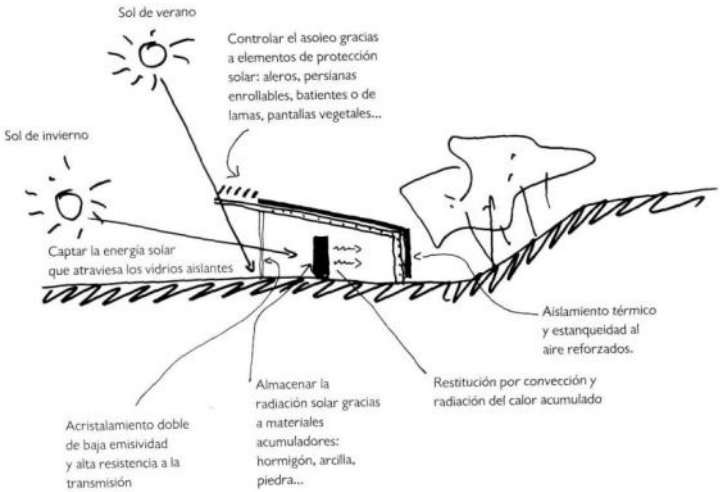


Figura 10 Casa domótica en Chambray-lés-Tours,. (Arquitecto: Jean-Yves Barrier, 1990)

Referencias bibliográficas

Yañez Pararadera, Guillermo: "*Arquitectura Solar. Aspectos pasivos, bioclimatismo e iluminación natural",* Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Madrid, 1988.
Yañez Pararadera, Guillermo: "*Arquitectura Solar e iluminación natural",* Munilla-Lería, Madrid, 2008.
Mazria, Edward: "El libro de la energía solar pasiva" Gustavo Gili, México, 1983.
Granados Menéndez*,* Helena*: "Principios y estrategias del diseño bioclimático en la arquitectura y el urbanismo. 03. Eficiencia energética"* Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España, 2006*.*
Neila González, F. Javier: *"Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible"* Munilla-Lería. 2004.
Gauzin-Müller, Dominique: "Arquitectura ecológica" Gustavo Gili, Barcelona, 2002.

Notas

[1] Vivienda construida en 1967 según el proyecto de Felix Trombe y el arquitecto Jacques Michel. Utiliza un grueso muro de 60 cm. de hormigón pintado de negro para absorber la radiación solar que entra por el vidrio.

Pared Vegetal

COOPERACIÓN TRANSFRONTERIZA ESPAÑA - PORTUGAL COOPERAÇÃO TRANSFRONTEIRIÇA

Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

biourb diversidad bioconstructiva

1. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

"Diversos estudios sobre el comportamiento de cubiertas han sido ya desarrollados. Sin embargo, ***en lo referido a los estudios sobre fachadas vegetales, aún queda un amplio campo por investigar****, más aún si se considera el potencial tan significativo de estos sistemas constructivos, considerando su mayor superficie de ocupación en edificios en altura que un cerramiento horizontal. Es importante ampliar su aplicación a la restauración, tanto de edificios como de espacios exteriores, y llevar a cabo estudios referidos al coste-beneficio de este tipo de soluciones.*

Las envolventes vegetales constituyen un sistema de protección de las edificaciones; evitando en verano el sobrecalentamiento de los espacios interiores y en invierno, las pérdidas energéticas. Al mismo tiempo, se consigue un descenso de la temperatura de las brisas próximas a los cerramientos, además de aumentar la humedad ambiental debido al proceso de evapotranspiración que realizan las plantas."

"Sistemas vegetales que mejoran la calidad de las ciudades"

Grupo de Investigación de la UPM ABIO, Arquitecturara Bioclimática en un Entorno Sostenible, 2009

La solución tradicional arquetípica en el ámbito de estudio se conforma con dos elementos arquitectónicos sencillos. Estos son las denominadas ménsulas guía y la disposición de suelos blandos a modo de arriate bajo los muros.

Figura 1 Integración arquitectónica de paredes vegetales

Estos elementos posibilitan el crecimiento de vida vegetal afectando positivamente a la edificación en términos climáticos y evitando al mismo tiempo las patologías que pudiera provocar el indebido enraizamiento de las plantas en los muros.

2. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO

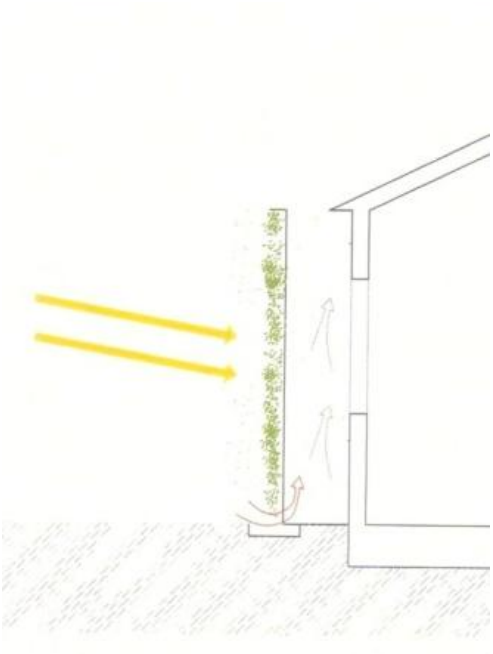
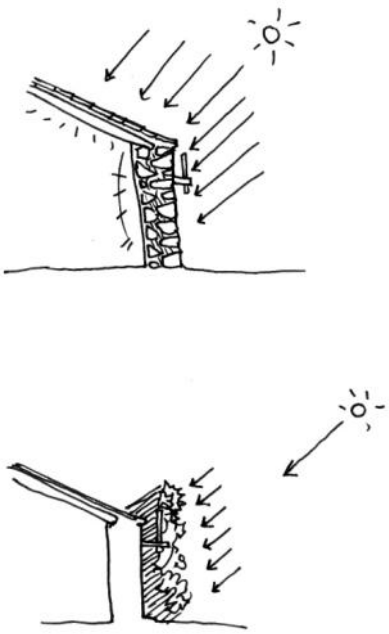


Figura 2 Preacondicionamiento gracias a pared vegetal separada del cerramiento

Las paredes vegetales dispuestas a una determinada distancia del paramento genera un espacio intermedio con condiciones higrotérmicas mas cercanas a niveles de confort que el exterior.
También suponen, mediante alteración de sombreamiento y albedo, una solución para la regulación estacional.
Vegetación como elemento de control solar de los muros de inercia captadores-acumuladores

3. PRINCIPIOS FÍSICOS BIOCLIMÁTICOS



El empleo de vegetación para refrigeración resulta adecuado no solo por la capacidad evaporativa de la superficie de las hojas, sino que, incluso, el metabolismo de la planta se encarga de trasegar el agua desde sus raíces evitando sistemas de bombeo.

Una planta es capaz de evaporar 500 Kg al año por cada metro cuadrado de superficie exterior (según especies), lo que supone 1212 MJ/m2 al año que equivale a una potencia de enfriamiento de 40 W/m2 de superficie vegetal. (Datos extraídos de Neila, 2004)

Figura 3 Adaptación estacional

4. PARÁMETROS DE CÁLCULO A ESTUDIAR

El ahorro energético conseguido es favorecido por mecanismos como la intercepción de la radiación solar, el enfriamiento evaporativo y el aislamiento. Sin embargo, existen parámetros condicionantes como los citados a continuación: índice del área foliar, humedad y grosor del sustrato, densidad del follaje, color y textura de las hojas, condiciones y adversidades climáticas del lugar y comportamiento de la especie en función de la altura.

El sombreamiento que genera la vegetación evita que materiales como la piedra o el hormigón absorban la radiación y la cedan al medio en forma de energía calorífica. También se incrementa la humedad relativa como consecuencia de la evaporación. Las plantas pierden agua hacia el medio. En ese cambio de fase se utiliza el calor del aire del entorno, de modo que, además de aumentar la humedad ambiental, se disminuye la temperatura del aire.

La presencia de vegetación en entornos cálidos puede refrescar la temperatura exterior en 5ºC, con la que se calcula cerca de un 50% en ahorros de refrigeración, disminuyendo el incremento de temperatura en las ciudades por el efecto de la isla de calor.

- Capacidad de evaporación por metro cuadrado en función de la especie vegetal, la época del año y las aportaciones hídricas.

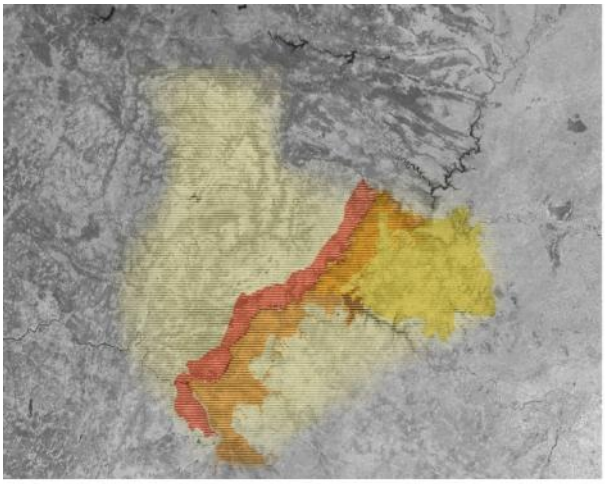
- En función de lo anterior, la potencia de refrigeración por m2.

- Condiciones higrotérmicas del espacio intersticial en función de la anchura de este, la altura de la pared vegetal y las condiciones exteriores.

5. LOCALIZACIONES RECOMENDADAS

Dentro de una localización concreta, las orientaciones apropiadas para la implementación de paredes vegetales son, en el hemisferio norte, las orientaciones sur y oeste al ser las más afectadas por la radiación solar.
El sistema es recomendable para climas de contraste, en los que la regulación estacional del sistema amortigüe las diferencias verano-invierno.

6. PARTICULARIDADES EN LA ZONA



Ejemplos del sistema localizado entre las **80 poblaciones** visitadas dentro de la zona de estudio:

Zona de estudio: zona transfronteriza Parque natural Douro Internacional, Parque Natural Arribes del Duero y Parque Narual de Montesinho.

-Portugal: Braganza, Miranda de Douro, Vimioso y Mogadouro, especialmente la zona de frontera con España

-España: Noroeste Salmantino, en la "Comarca de Vitigudino-Los Arribes". Suroeste zamorano, en la comarca de "El Sayago", en especial la zona del parque natural de los Arribes del Duero.

La zona presenta tres climas diferenciados, que corresponden con:

-Microclima Atlántico, correspondiente a la vertiente portuguesa

-Microclima Mediterráneo, zona del Duero

-Microclima Continental, Zonas en Zamora y Salamanca

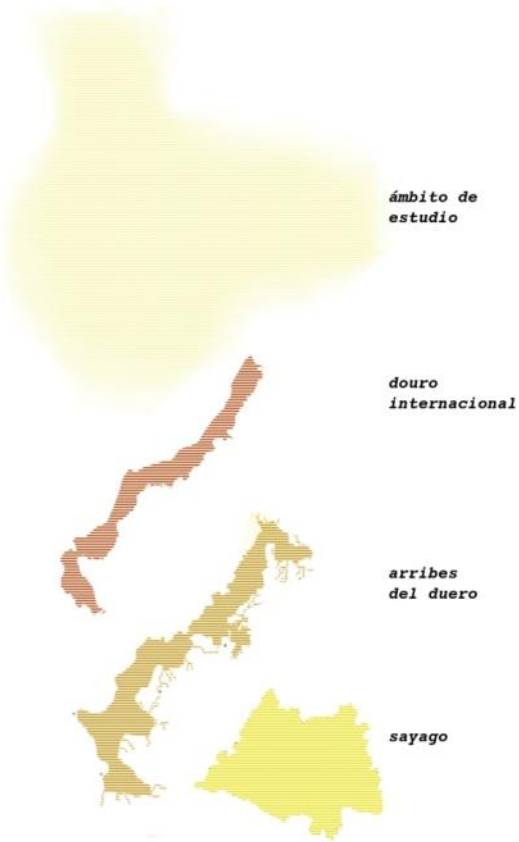


Figura 4 Ámbito de actuación

6.1 UBICACIÓN DENTRO DE LA ZONA DE ESTUDIO

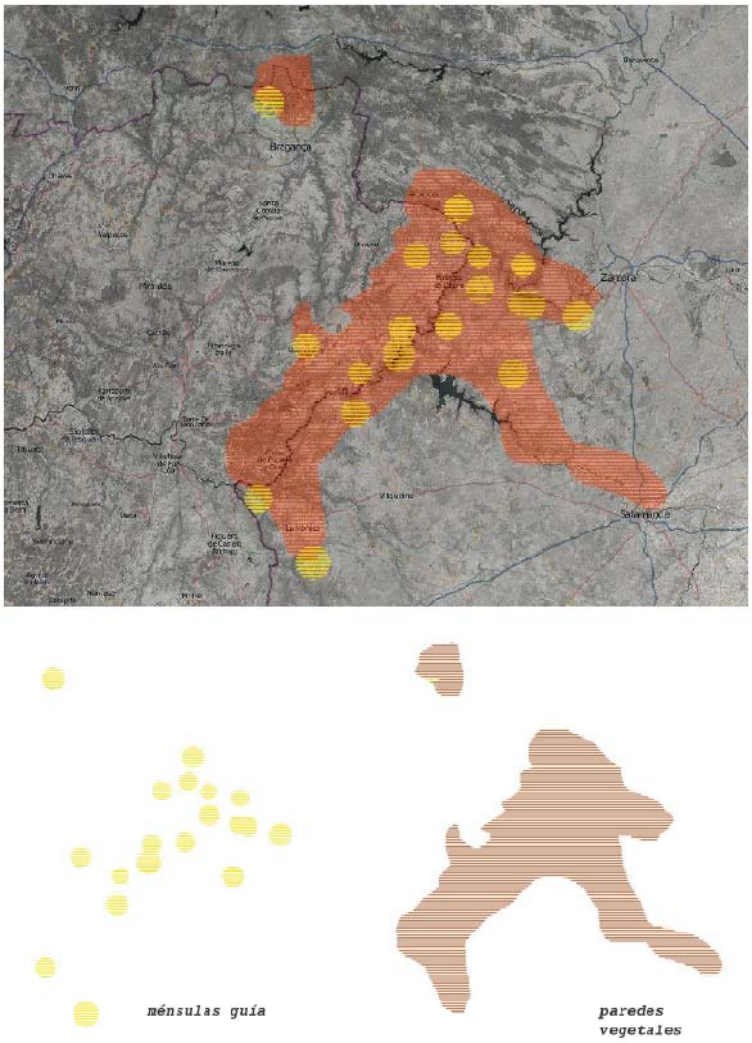


Figura 5 Paredes vegetales en el ámbito de estudio

En la zona de estudio se han encontrado paredes vegetales de forma sistemática en la mayoría de poblaciones del ámbito de estudio en orientaciones sur y oeste.

Se ha observado un sistema integrado en la arquitectura que da soporte a emparrados elevándolos por encima de la linea de cornisa y separándolos de los muros al que hemos denominado “ménsula guía”. En el esquema adjunto puede observarse la pervivencia de este sistema solo en algunos puntos, a veces desprovisto de emparrado, otras en uso activo.

En las siguientes páginas se detalla la ubicación de las paredes vegetales observadas y de la presencia de ménsulas guía.

A continuación se reproduce el detalle fotográfico geolocalizado correspondiente a las referencias que aparecen en el **Mapa de Implantación** del mencionado sistema de las ménsulas guía.

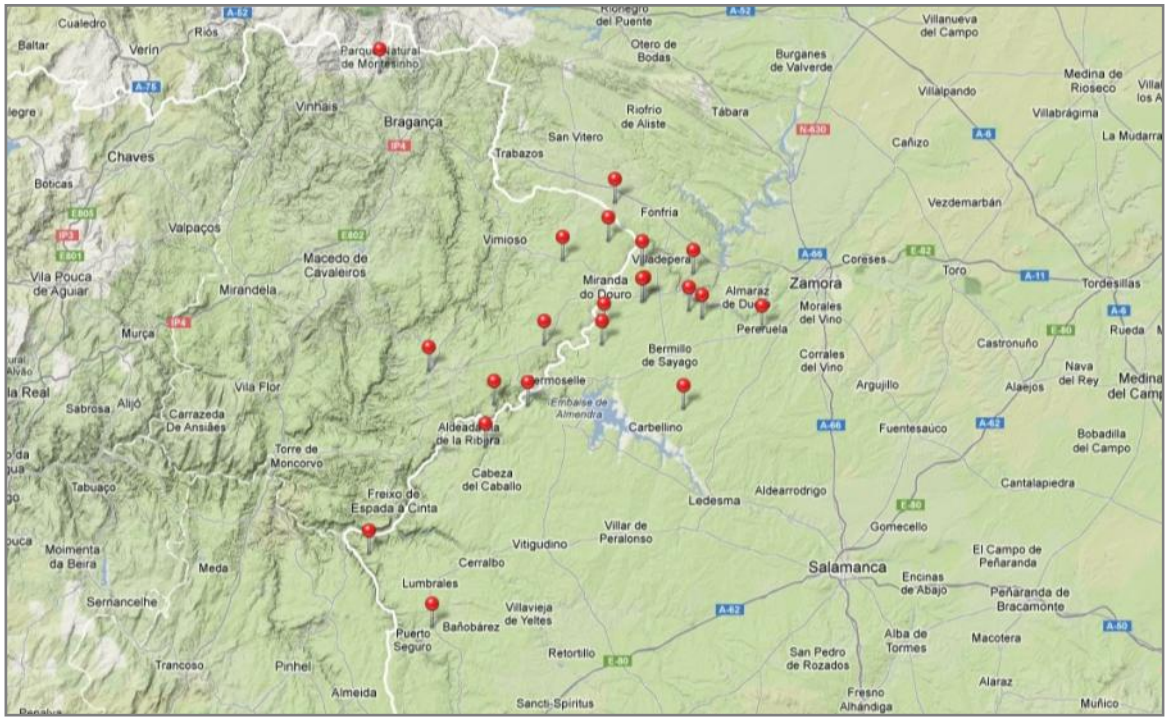
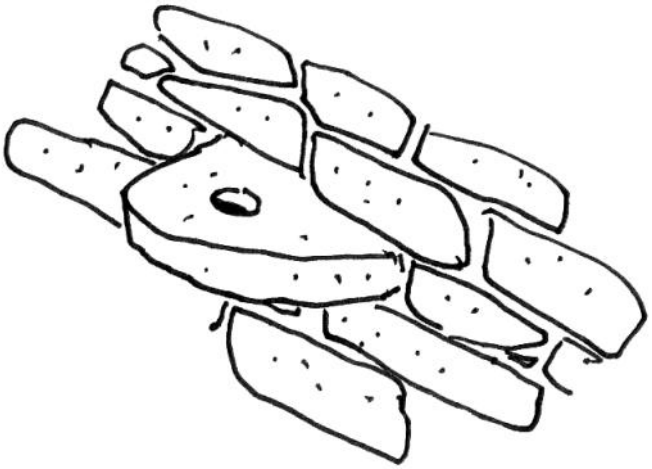
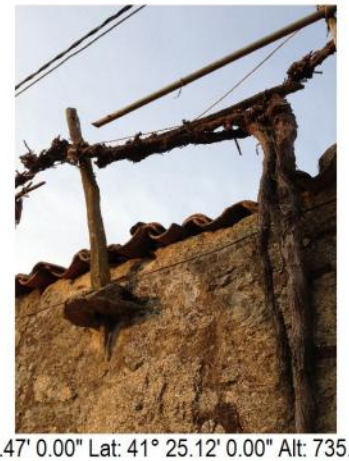


Figura 6 Mapa de implantación -Ménsulas guía-

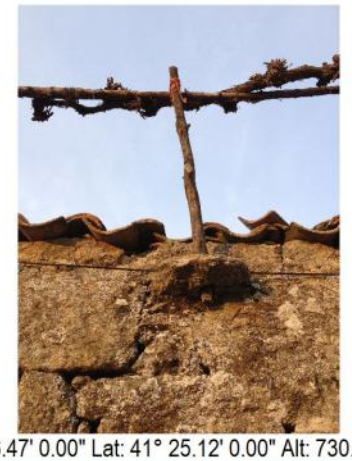


Lon: 6° 16.48' 0.00" Lat: 41° 25.12' 0.00" Alt: 735.0000 msm

Lon: 6° 16.47' 0.00" Lat: 41° 25.11' 0.00" Alt: 738.0000 msm



Lon: 6° 16.47' 0.00" Lat: 41° 25.12' 0.00" Alt: 735.0000 msm



Lon: 6° 16.47' 0.00" Lat: 41° 25.12' 0.00" Alt: 730.0000 msm

Lon: 6° 16.48' 0.00" Lat: 41° 25.12' 0.00" Alt: 724.0000 msm

Lon: 6° 16.54' 0.00" Lat: 41° 25.17' 0.00" Alt: 724.0000 msm

Lon: 6° 16.28' 0.00" Lat: 41° 25.18' 0.00" Alt: 714.0000 msm

Lon: 6° 3.78' 0.00" Lat: 41° 27.12' 0.00" Alt: 774.0000 msm

Lon: 6° 3.78' 0.00" Lat: 41° 27.11' 0.00" Alt: 775.0000 msm

Lon: 6° 3.77' 0.00" Lat: 41° 27.12' 0.00" Alt: 772.0000 msm

Lon: 6° 6.03' 0.00" Lat: 41° 28.17' 0.00" Alt: 717.0000 msm

Lon: 6° 6.25' 0.00" Lat: 41° 28.16' 0.00" Alt: 762.0000 msm

Lon: 6° 22.80' 0.00" Lat: 41° 32.83' 0.00" Alt: 737.0000 msm

Lon: 6° 34.53' 0.00" Lat: 41° 11.57' 0.00" Alt: 679.0000 msm

Lon: 6° 50.44' 0.00" Lat: 41° 53.96' 0.00" Alt: 828.0000 msm

Lon: 6° 10.80' 0.00" Lat: 41° 32.23' 0.00" Alt: 778.0000 msm

Lon: 6° 10.80' 0.00" Lat: 41° 32.23' 0.00" Alt: 779.0000 msm

Lon: 6° 10.78' 0.00" Lat: 41° 32.25' 0.00" Alt: 784.0000 msm

Lon: 6° 10.78' 0.00" Lat: 41° 32.25' 0.00" Alt: 783.0000 msm

Lon: 6° 10.77' 0.00" Lat: 41° 32.25' 0.00" Alt: 778.0000 msm

Lon: 6° 10.77' 0.00" Lat: 41° 32.25' 0.00" Alt: 762.0000 msm

Lon: 6° 10.82' 0.00" Lat: 41° 32.21' 0.00" Alt: 763.0000 msm

Lon: 6° 28.04' 0.00" Lat: 41° 16.33' 0.00" Alt: 583.0000 msm

Lon: 6° 10.79' 0.00" Lat: 41° 28.10' 0.00" Alt: 753.0000 msm

Lon: 6° 10.79' 0.00" Lat: 41° 28.10' 0.00" Alt: 740.0000 msm

Lon: 6° 10.80' 0.00" Lat: 41° 28.10' 0.00" Alt: 758.0000 msm

Lon: 6° 10.61' 0.00" Lat: 41° 28.18' 0.00" Alt: 774.0000 msm

Lon: 6° 10.50' 0.00" Lat: 41° 28.15' 0.00" Alt: 781.0000 msm

Lon: 6° 10.50' 0.00" Lat: 41° 28.17' 0.00" Alt: 773.0000 msm

Lon: 6° 10.75' 0.00" Lat: 41° 28.05' 0.00" Alt: 758.0000 msm

Lon: 6° 12.63' 0.00" Lat: 41° 26.55' 0.00" Alt: 740.0000 msm

Lon: 6° 12.64' 0.00" Lat: 41° 26.55' 0.00" Alt: 745.0000 msm

Lon: 6° 12.62' 0.00" Lat: 41° 26.55' 0.00" Alt: 747.0000 msm

Lon: 6° 42.57' 0.00" Lat: 40° 51.05' 0.00" Alt: 671.0000 msm

Lon: 6° 44.87' 0.00" Lat: 40° 52.40' 0.00" Alt: 642.0000 msm

Lon: 6° 16.28' 0.00" Lat: 41° 25.18' 0.00" Alt: 694.0000 msm

Lon: 6° 16.94' 0.00" Lat: 41° 23.23' 0.00" Alt: 687.0000 msm

Lon: 6° 19.86' 0.00" Lat: 41° 21.65' 0.00" Alt: 714.0000 msm

Lon: 6° 15.92' 0.00" Lat: 41° 34.91' 0.00" Alt: 768.0000 msm

Además de con el sistema constructivo descrito, aparecen múltiples soluciones para adosar emparrados, hiedras y un variado repertorio de especies y adaptaciones. Reproducimos a continuación la geolocalización de todos estos sistemas.

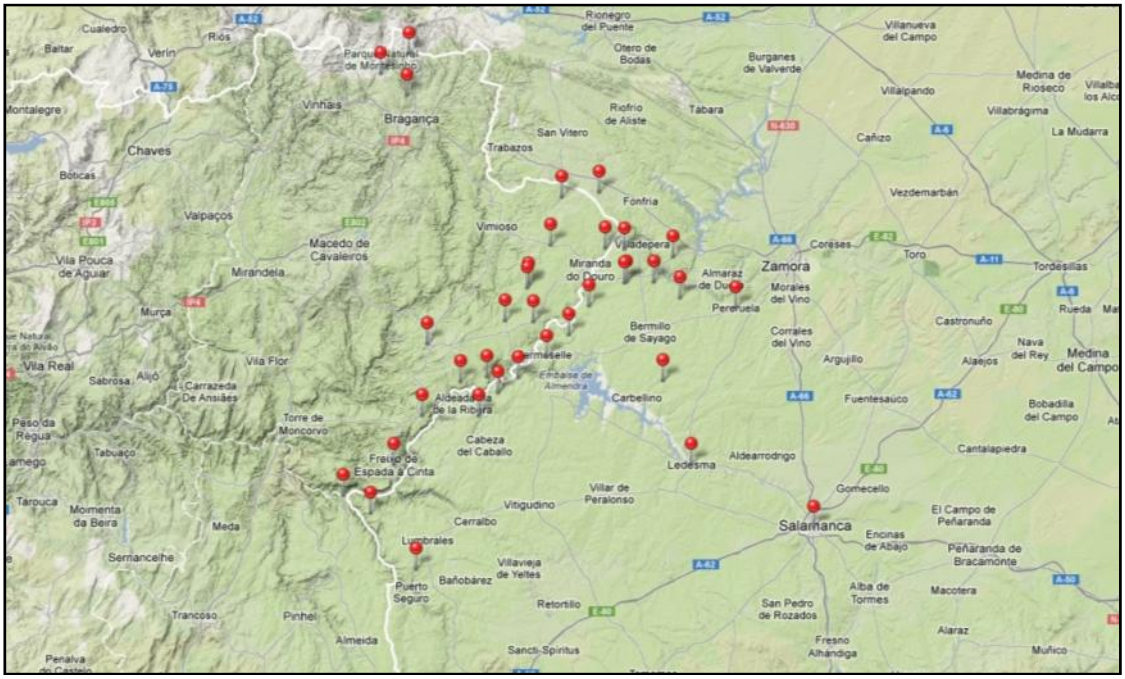


Figura 7 Mapa de implantación -Paredes vegetales-

Lon: 6° 43.12' 0.00" Lat: 41° 20.30' 0.00" Alt: 749.0000 msm

Lon: 6° 3.78' 0.00" Lat: 41° 27.12' 0.00" Alt: 771.0000 msm

Lon: 6° 16.50' 0.00" Lat: 41° 25.23' 0.00" Alt: 724.0000 msm

Lon: 6° 16.50' 0.00" Lat: 41° 25.12' 0.00" Alt: 723.0000 msm

Lon: 6° 16.51' 0.00" Lat: 41° 25.12' 0.00" Alt: 744.0000 msm

Lon: 6° 16.58' 0.00" Lat: 41° 25.11' 0.00" Alt: 728.0000 msm

Lon: 6° 16.53' 0.00" Lat: 41° 25.18' 0.00" Alt: 715.0000 msm

Lon: 5° 40.04' 0.00" Lat: 40° 57.67' 0.00" Alt: 791.0000 msm

Lon: 6° 1.76' 0.00" Lat: 41° 26.22' 0.00" Alt: 760.0000 msm

Lon: 6° 6.02' 0.00" Lat: 41° 28.19' 0.00" Alt: 741.0000 msm

Lon: 6° 2.94' 0.00" Lat: 41° 31.28' 0.00" Alt: 774.0000 msm

Lon: 6° 30.18' 0.00" Lat: 41° 23.39' 0.00" Alt: 691.0000 msm

Lon: 6° 23.08' 0.00" Lat: 41° 32.85' 0.00" Alt: 731.0000 msm

Lon: 6° 22.83' 0.00" Lat: 41° 32.79' 0.00" Alt: 732.0000 msm

Lon: 6° 30.17' 0.00" Lat: 41° 18.68' 0.00" Alt: 722.0000 msm

Lon: 6° 50.44' 0.00" Lat: 41° 53.93' 0.00" Alt: 790.0000 msm

Lon: 6° 50.59' 0.00" Lat: 41° 53.90' 0.00" Alt: 822.0000 msm

Lon: 6° 50.59' 0.00" Lat: 41° 53.91' 0.00" Alt: 830.0000 msm

Lon: 6° 10.95' 0.00" Lat: 41° 32.18' 0.00" Alt: 761.0000 msm

Lon: 6° 11.03' 0.00" Lat: 41° 32.25' 0.00" Alt: 0.0000 msm

Lon: 6° 10.95' 0.00" Lat: 41° 32.20' 0.00" Alt: 777.0000 msm

Lon: 6° 25.60' 0.00" Lat: 41° 23.17' 0.00" Alt: 700.0000 msm

Lon: 6° 25.60' 0.00" Lat: 41° 23.17' 0.00" Alt: 712.0000 msm

Lon: 6° 26.70' 0.00" Lat: 41° 27.58' 0.00" Alt: 722.0000 msm

Lon: 6° 26.67' 0.00" Lat: 41° 27.45' 0.00" Alt: 715.0000 msm

Lon: 6° 26.42' 0.00" Lat: 41° 27.98' 0.00" Alt: 719.0000 msm

Lon: 6° 18.38' 0.00" Lat: 41° 24.05' 0.00" Alt: 650.0000 msm

Lon: 6° 22.78' 0.00" Lat: 41° 22.28' 0.00" Alt: 627.0000 msm

Lon: 6° 40.90' 0.00" Lat: 41° 14.35' 0.00" Alt: 664.0000 msm

Lon: 5° 59.91' 0.00" Lat: 41° 5.45' 0.00" Alt: 773.0000 msm

Lon: 6° 13.88' 0.00" Lat: 41° 32.31' 0.00" Alt: 722.0000 msm

Lon: Lat: Alt: msm

7. APLICACIÓN EN ARQUITECTURA CONTEMPORÁNEA

Figura 8 Jardín vertical en barrio de Las Delicias (Zaragoza)

Figura 9 Jardín vertical en Avignon. Patrick Blanc

Figura 10 Casa Hundert-wasser, Viena

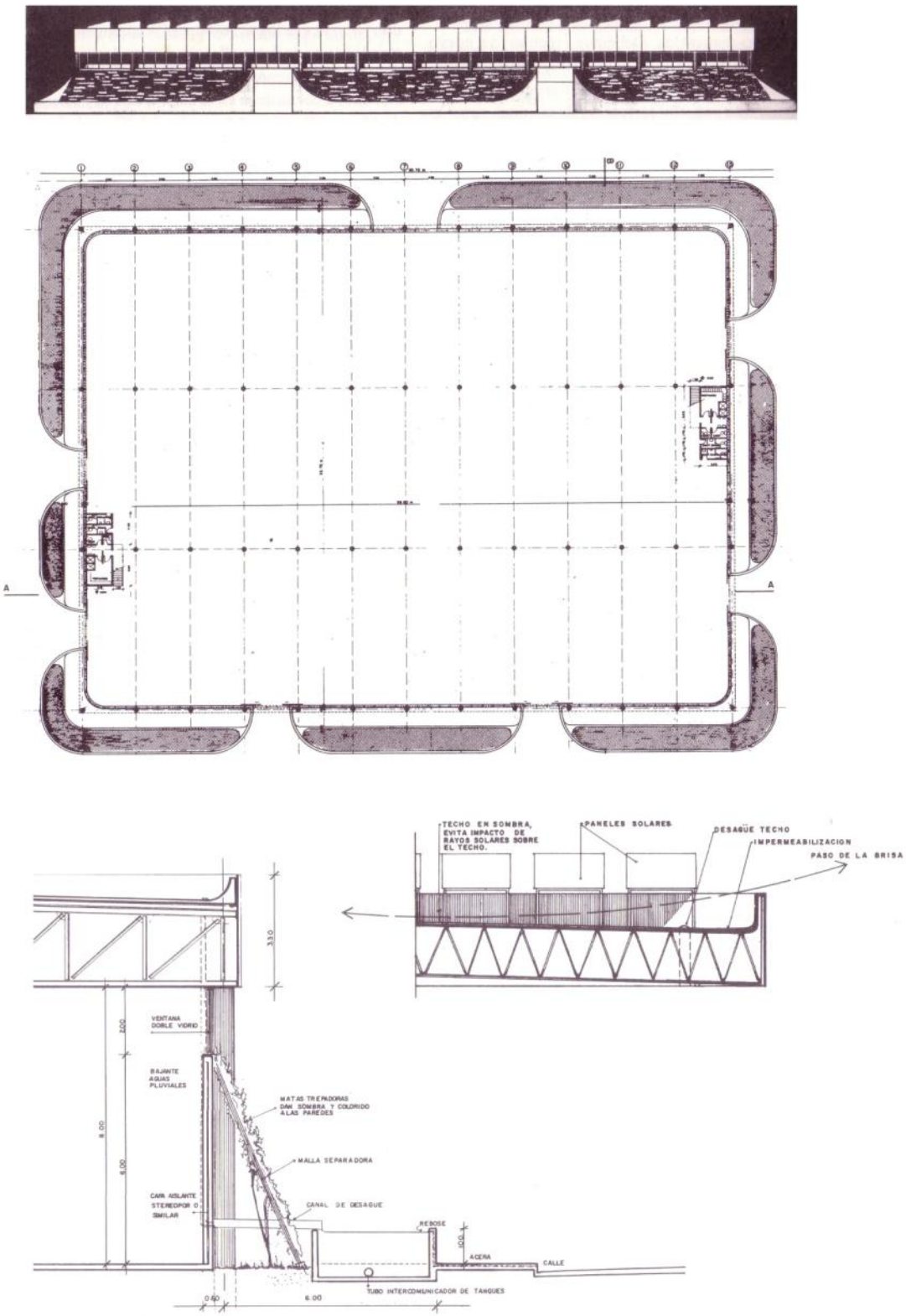
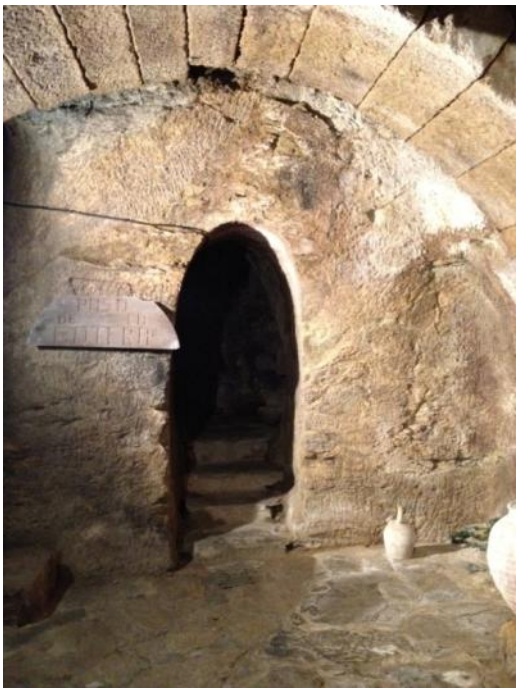


Figura 11 Edificio experimental Comercio-Industrial enfriado por energía solar y paredes vegetales. Din Bornhorst con el "Georgia Institute of Technology" 1978

Referencias bibliográficas

Ramón Moliner, Fernando: *"Ropa, sudor y arquitecturas"* H. Blume Ediciones, Barcelona, 1980.
Yañez Pararadera, Guillermo: *"Arquitectura Solar. Aspectos pasivos, bioclimatismo e iluminación natural ",* Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Madrid, 1988
Yañez Pararadera, Guillermo: *"Arquitectura Solar e iluminación natural"* Munilla-Lería, Madrid, 2008
Neila Gonzalez, F. Javier: *"Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible"* Munilla-Lería.2004.
Granados* Menéndez*, *Helena: "Principios y estrategias del diseño bioclimático en la arquitectura y el urbanismo.03. Eficiencia energética" Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España*, *2006.*
Gauzin-Müller, Dominique, "Arquitectura ecológica" Gustavo Gili, Barcelona, 2002.
Mazria, Edward, "Arquitectura solar pasiva" Gustavo Gili, México, 1983.
Bornhorst, Dirk: "Arquitectura, ciencia y Tao" Ediciones Ecología y arquitectura, Caracas 1991.
Restany, Pierre, "Hundertwasser" Taschen, Suiza, 1998.

Refrigeración evaporativa



COOPERACIÓN TRANSFRONTERIZA ESPAÑA - PORTUGAL COOPERAÇÃO TRANSFRONTEIRIÇA

Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

bi urb diversidad bioconstructiva

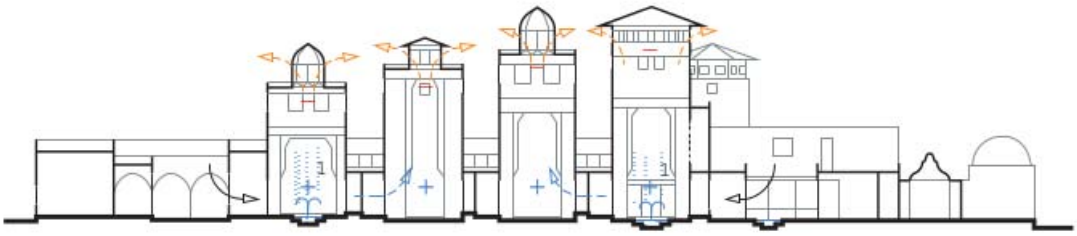
1. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

La refrigeración evaporativa aparece en el ámbito de estudio de manera transversal a varias soluciones bioclimáticas.

El **enfriamiento por evaporación** se basa en proporcionar agua al ambiente para disminuir la temperatura del aire seco, esta pérdida de calor del ambiente es invertida en el cambio de estado del agua, que al pasar de líquido a gas absorbe calor (calor latente) a razón de 2424 julios por cada gramo de agua evaporada, energía suficiente para disminuir 2,2ºC la temperatura de un metro cúbico de aire (**Neila**, 2004).

Al mismo tiempo **la transpiración** es el proceso físico-biológico por el cual el agua cambia de estado líquido a gaseoso a través del metabolismo de los animales y las plantas, pasando este a la atmósfera. Esencialmente es el mismo proceso físico que la **evaporación**, excepto por que la superficie desde la cual se escapan las moléculas del líquido no es de agua libre sino que es la superficie de las hojas, la piel o la boca de los animales.

Este cambio de fase del agua se puede producir por medios **mecánicos** como las fuentes o los pulverizadores o mediante **sistemas pasivos** utilizando el proceso natural del viento que incide sobre la vegetación, los suelos transpirables láminas de agua o superficies humectadas.



Ventilación por efecto chimenea. Instituto de antropología social y arte popular. Luxor. Egipto. Hassan Fathy. 1965

Figura 1 Refrigeración evaporativa mediante irrigación por fuentes. Instituto de antropología social y arte popular. Luxor. Hassan Fathy 1965

Analizamos brevemente los sistemas encontrados en la zona de estudio.

-Suelos transpirables

Los suelos transpirables en calles y plazas mejoran el microclima urbano de tal suerte que regulan la estabilidad higro-térmica mejor que soluciones estancas e impermeables. El crecimiento de pequeñas plantas entre los adoquines y la evaporación de aguas del terreno mejora considerablemente las condiciones de verano. Por otro lado, permiten el enraizamiento directo de emparrados y otras paredes vegetales.

-Paredes vegetales y techos verdes

Tal y como se describe en las soluciones específicas, las paredes vegetales y los techos verdes suman la refrigeración evaporativa en periodo de verano a la regulación estacional por sombra de las plantas caducifolias.

-Albañales higro-intercambiadores

En Fermoselle de Sayazo, Zamora, inserto bajo la trama urbana, existe un sistema interconectado de bodegas, bien excavadas en la roca, bien aprovechando cuevas naturales. Estas bodegas están conectadas por una serie de conductos que, a modo de albañales, permiten el drenaje de aguas, tanto las que se filtran del terreno, como las que manan modo de fuentes, como las necesarias para el mantenimiento, labores y limpieza de las mismas bodegas. Estos albañales sirven al mismo tiempo como sistema de ventilación de los espacios. Hasta tal punto funciona como un sistema conjunto que las aberturas de los albañales así como su camino al desagüe tiene servidumbres registradas en las escrituras de cada bodega. Cada bodega a su vez dispone también de otras aberturas hacia la calle llamadas **zarceras**, con objeto de introducir la uva en la bodega y de evacuar los gases (*vahos*) que se producen durante la fermentación del vino en invierno y de producir ventilación cruzada en verano.

Los albañales son los espacios en los que el aire, que circula en sentido contrario al agua, se humecta, refrigerándose así de modo evaporativo. Las zarceras funcionan como admisión de aire exterior, que acaba en las casas a través de huecos de escalera y otras oquedades a tal efecto.

El resultado es un sistema urbano de refrigeración evaporativa apoyado en el intercambio geotérmico

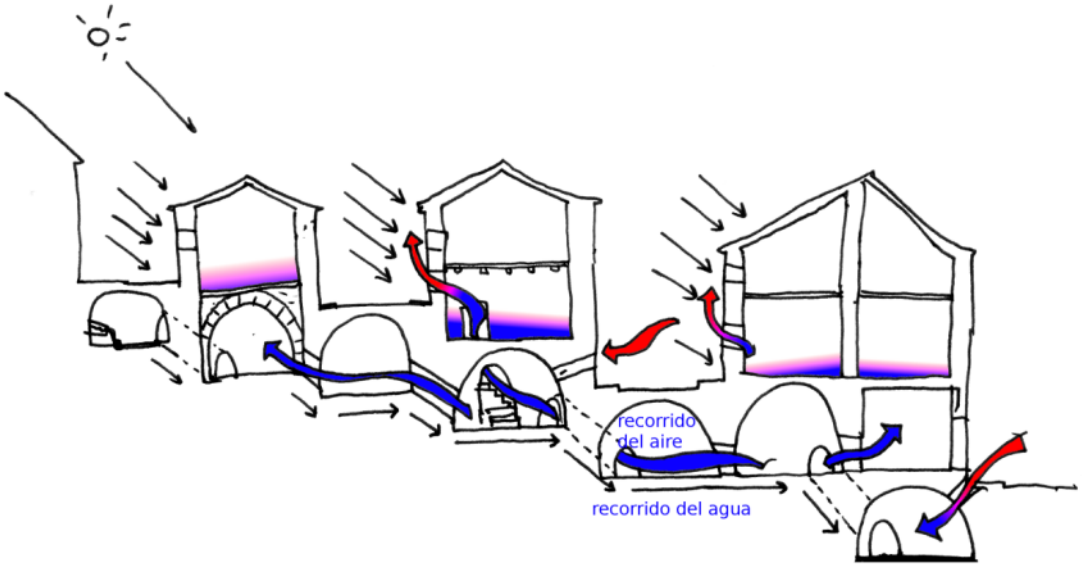


Figura 2 Refrigeración evaporativa mediante circulación conducida de aire en los albañales de Fermoselle.

Con el fin de explicar mejor este sistema y buscar una solución singular que modelar y adaptar a la arquitectura contemporánea vamos a profundizar en algunos aspectos.

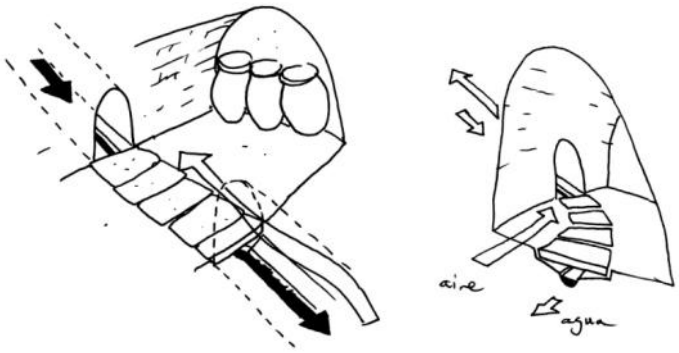


Figura 3 Refrigeración evaporativa mediante circulación cruzada de flujos de aire y agua en los albañales de Fermoselle.

En el mundo animal aparecen estructuras urbanas que utilizan sistemas de refrigeración evaporativa.

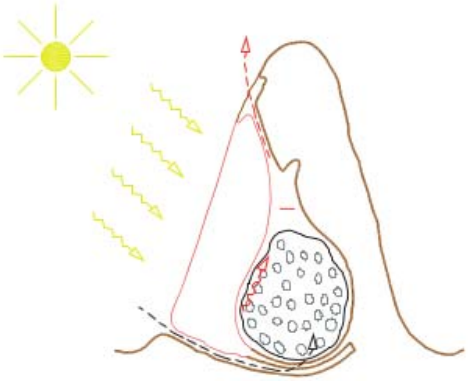


Figura 4 Sección de un termitero África e interior de uno de ellos, en la foto se aprecian las láminas de fango húmedo por donde circula el aire a refrigerar.

En el **sistema de refrigeración y extracción de aire de un termitero,** las termitas africanas usan fango húmedo al que hacen incidir aire seco conducido a través tubos de barro, de esta manera consiguen bajar unos 15 º la temperatura del interior del termitero. Son un ejemplo en la naturaleza de utilización de refrigeración evaporativa combinada con efecto chimenea.

Otro ejemplo que utiliza estos principios físicos es el tradicional botijo

El funcionamiento bioclimático del Botijo

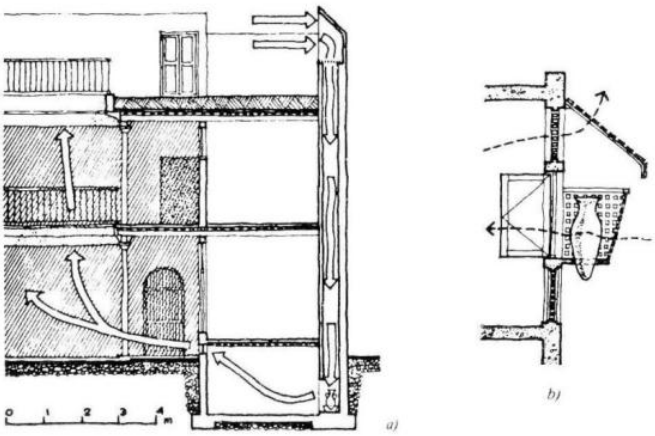
El enfriamiento por evaporación se da gracias a la porosidad de la cerámica, que exuda agua, y esta al evaporarse toma el calor del recipiente y del aire que lo envuelve, consiguiendo que el agua del interior se enfríe. La temperatura más baja a la que puede llegar el aire de evaporización del agua en su seno o temperatura de bulbo húmedo, determinará la temperatura mínima teórica a la que puede llegar el agua por evaporización, de esta manera, para que un botijo sea eficiente, requiere transpirar el agua y encontrarse en un ambiente seco.
En el ámbito de estudio hemos encontrado ejemplos de recipientes con estrategias evaporativas consistentes en fundas de fibras vegetales (esparto).

Figura 5 Botijo de arcilla blanca y fresquera ecológica Pot-in-pot

Utilizando este principio físico se ha mejorado el problema de la conservación de los alimentos en zonas de África, donde gracias al invento del profesor Mohammed Bah Abba, que utiliza dos cuencos cerámicos y arena humectada, se consigue mantener alimentos frescos de tres días a tres semanas.

Existen también precedentes en la arquitectura tradicional que basan la refrigeración en este mismo principio, así en Oriente Medio encontramos torres refrigeradoras que conducen el aire de admisión a través de elementos cerámicos porosos llenos de agua.

.



2. ESQUEMAS DE FUNCIONAMIENTO

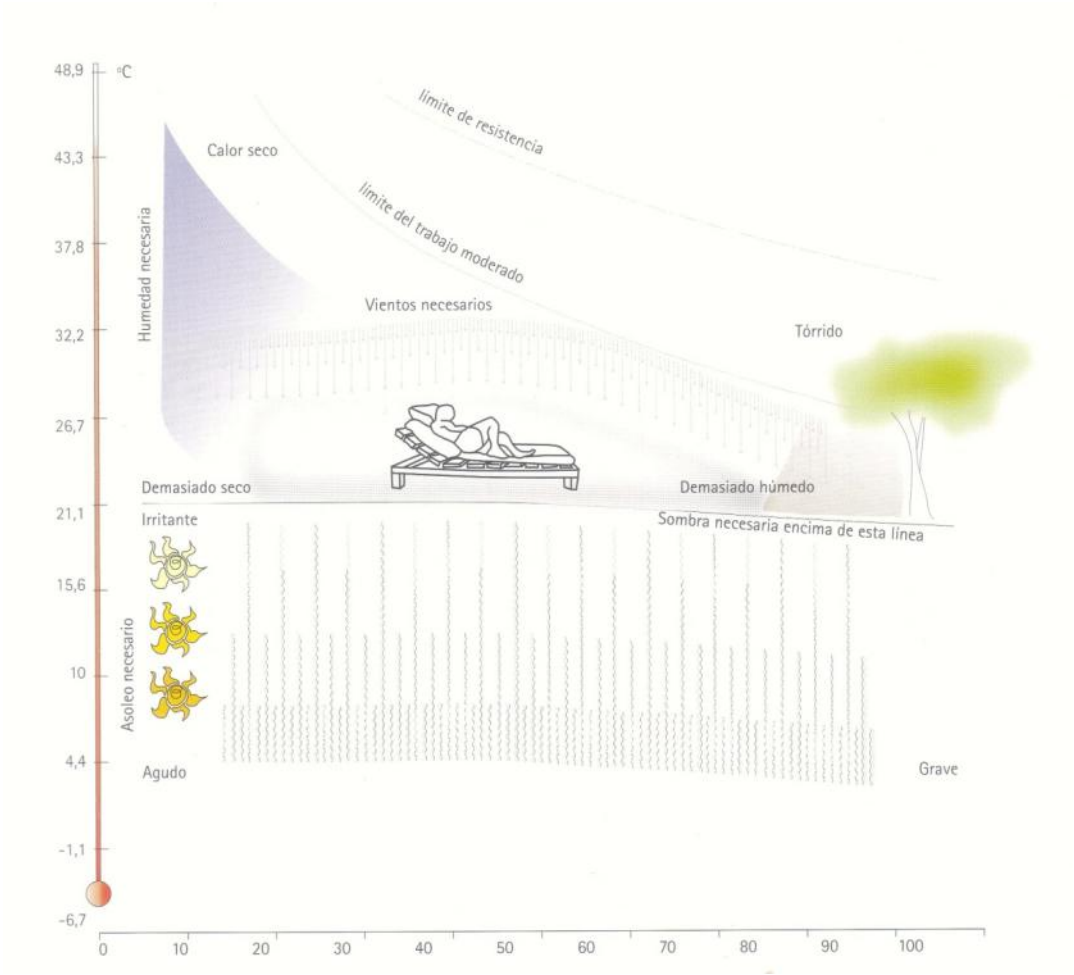


Figura 6 Estrategias bioclimáticas aplicables según Diagrama de Olgyay

En climas secos o que tienden a seco en época estival, un aumento controlado de la humedad relativa del aire permite capturar energía del ambiente para mejorar los niveles de confort.

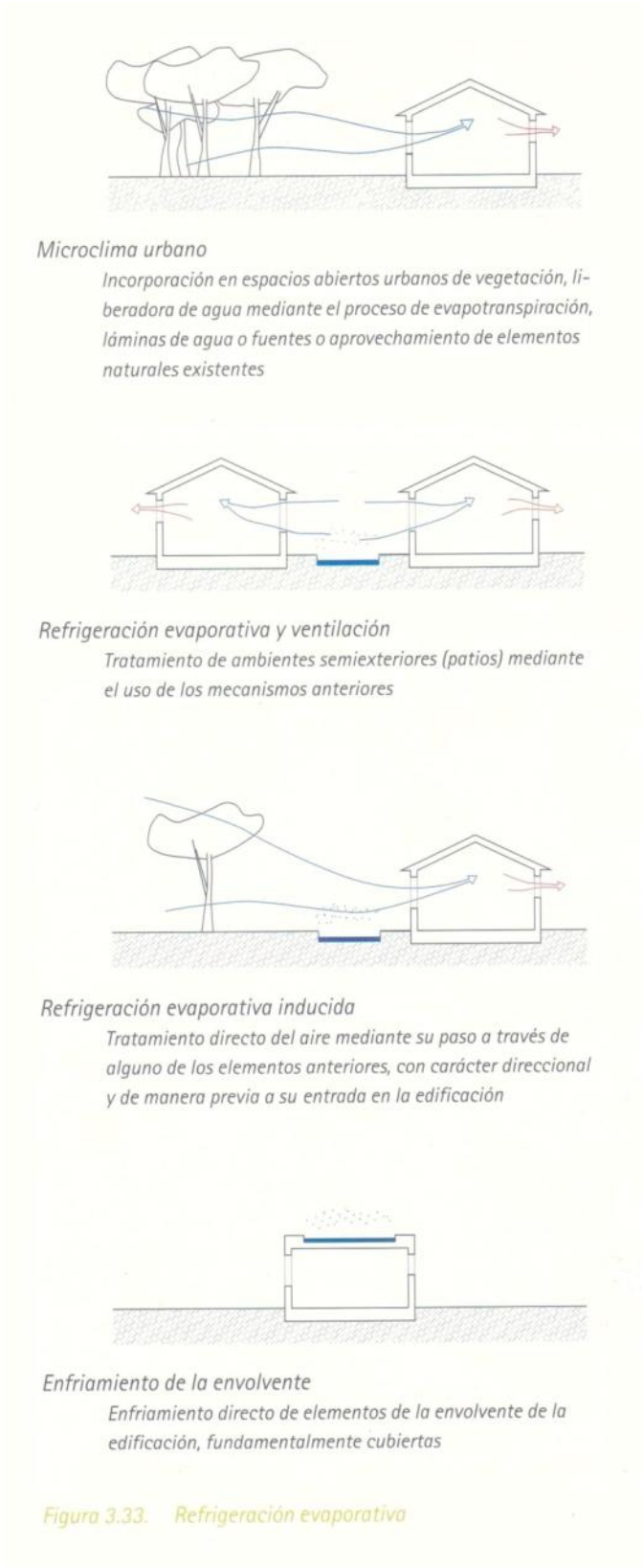


Figura 7 Estrategias de refrigeración pasiva

3. PRINCIPIOS FÍSICOS BIOCLIMÁTICOS

Primer principio de la termodinámica, principio de la conservación de la energía: A cada estado del sistema le corresponde una energía interna. Cuando el sistema pasa del estado A al estado B, su energía interna cambia.

La evaporación de agua supone una captación energética vinculada al cambio de fase (calor latente de vaporización) de 2,219 Kilojulios/gramo de agua evaporada, lo que supone una reducción, en condiciones higroscópicas adecuadas de 2,2º C la temperatura de un metro cúbico de aire.

Por otro lado, el metabolismo humano también se refrigera mediante evo-transpiración, eso hace que si la humedad relativa es demasiado alta el propio cuerpo no podrá refrigerarse produciéndose situaciones de disconford.

Como explica el profesor Ramón Moliner:

"En casos extremos el cuerpo humano puede llegar a sudar a un ritmo de hasta 2,5 litros/h (Givoni, 1963). Si no fuera por la cantidad de sudor que se pierde goteando y la cantidad de calor que, en su evaporación, el sudor extrae del aire, y no del cuerpo, ello supondría una dispersión (a raíz de 0,67 Wh/g de agua) de hasta 1.700 W; nada menos. Frente al calor, el sudor es nuestro mecanismo fisiológico fundamental de defensa" (**Ramón Moliner**, 1980)

4. PARÁMETROS DE CÁLCULO A ESTUDIAR

Según Neila el enfriamiento evaporativo *"tradicionalmente se ha utilizado en los climas cálido-secos de Andalucía y del norte de África; ( ) Madrid no está muy lejos de ese tipo de climas, ya que en verano se pueden alcanzar humedades relativas de menos 30%"* (**Neila**, 2004)

Por todo lo expuesto se ve interesante estudiar como solución singular bioclimática un sistema de refrigeración mediante tratamiento de aire basado en estos principios.

Actualmente se están realizando estudios, monitorizaciones y prototipos con muy buenos resultados. Se adjuntan anexos dos estudios recientes que investigan en este sentido, en el primero ha participado la Universidad de Valladolid (Anexo I) y el segundo (Anexo IV), con una monitorización de una rehabilitación energética en Sevilla, fue presentado en el 21º Congreso de Arquitectura Pasiva y de Baja Energía celebrado en Eindhoven.

Anexo I "Acondicionamiento de Espacios con Enfriamiento Evaporativo mediante Ladrillos Cerámicos"
Departamento de Ingeniería Energética y Fluidomecánica, Universidad de Valladolid, España,
Departamento de Ingeniería, Universidad de Quintana Roo, México

Anexo IV The 21th Conference on Passive and Low Energy Architecture. Eindhoven, The Netherlands, September 2004

"The Development of Passive Downdraught
Evaporative Cooling Systems Using Porous Ceramic
Evaporators and their application in residential
buildings"
School of Architecture, Environment and Energy Programme, Architectural Association, London, UK

Parámetros a calcular:

- Selección de cerámicas en función de su grado de porosidad y capilaridad favoreciendo la máxima evaporación.
- Optimización de irrigación de agua en elementos cerámicos.
- Caudal de aire tangente a piezas cerámicas y cuantificación de evaporación efectiva.
- Control higro-térmico de espacios acondicionados.

La condición porosa de las cerámicas depende de la procedencia de las materias primas y de los procesos de cocción y mecanización.

Los sistemas de control han de medir las condiciones termo-higrométricas interiores y exteriores y han de actuar sobre la irrigación de los elementos del sistema y sobre el caudal de aire en circulación. (1)Ventilación Adiabática
La ventilación adiabática se basa en la corriente descendente que provoca la refrigeración del aire mediante la evaporación de agua en la parte superior de un espacio confinado.

El aumento de densidad del aire induce su descenso hacia las zonas ocupadas, en donde es almacenado o evacuado por las aberturas inferiores. La succión de aire exterior que se genera en la parte superior del canal de ventilación, asegura la continuidad del proceso.

La ventilación generada por diferenciales de densidad que tienden a equilibrarse mediante el transporte de masas de aire desde zonas con sobrepresión hasta zonas depresionarias en función de las siguientes ecuaciones:

$$Ps= 9{,}8 \times(\rho\ ext-\rho\ int)\times H$$

$$\rho\ ext \times Text =\rho\ int \times Tint$$

Siendo:

Ps: diferencia de presiones provocada (N/m2)

H: altura relativa entre los dos puntos a analizar en metros

ρ: densidad del aire en el interior y el exterior de temperatura entre el aire de los dos puntos señalados expresada
en ºK.

Presión de vapor, pvp
Es la presión parcial del vapor en el aire de la mezcla. Puede determinarse a partir de la ecuación:

$p_{vp}V = RT\ m_{vp}/M_w$

Donde mvp es la masa del vapor de agua contenida en un volumen (V) para una temperatura

dada (T), Mw es la masa molar del agua y R es la constante universal de los gases.

Presión del vapor en saturación, psat
Es una magnitud que se define como la presión parcial que ejerce el vapor sobre el agua líquida cuando se alcanza el equilibrio termodinámico entre ambos, y coincide con la presión parcial del vapor de agua en el aire saturado en humedad.
$p_{sat}V =RTm_{vp\ ,\ sat}/M_w$

Siendo mvp,sat la masa del vapor de agua en el aire saturado en humedad. La presión de saturación depende de la temperatura a la que se alcanza el equilibrio, y su valor se determina experimentalmente. Para calcularla existen diversas expresiones matemáticas de ajuste mediante valores experimentales

Humedad absoluta, θ_{vp}
Es la masa de vapor de agua por unidad de volumen de aire.

Matemáticamente se expresa como:

$\theta_{vp} = m_{vp} / V$

Razón de humedad de la mezcla, w
Es un parámetro adimensional que indica la masa de vapor de agua por unidad de masa de aire seco, m_a.

$w = m_{vp}/m_a$

Humedad específica, X
Es la masa de vapor por unidad de masa de aire húmedo, mah.

$X = m_{vp}/m_{ah} = m_{vp}/m_a + m_{vp}$

Humedad relativa, HR
Se define como el cociente entre la masa de vapor de agua contenida en un volumen dado de aire, y la que debería contener para estar saturado en humedad a la misma temperatura mvp,sat . Se expresa como:

$HR = m_{vp}/m_{vp\,,\,sat}$

La humedad relativa también puede escribirse en términos de la presión de vapor. Dividiendo miembro a miembro las ecuaciones, se obtiene:

$HR = m_{vp}/m_{vp\,,\,sat} = pvp/psat$

Variables Energéticas.
Las principales variables energéticas que caracterizan el aire húmedo son:

Calor específico del aire húmedo a presión constante, c p
$c^* = c_p (1 + w) = c_p + c_{pv} w$

Siendo c_p y c_{pv} los calores específicos del aire y del vapor de agua respectivamente.

Entalpía específica del aire húmedo, h.
Puede expresarse como:

$h = h_a (1 + w) = h_a + w\, h_w$

Donde h_a es la entalpía específica del aire seco y h_w es la entalpía específica del agua que incluye los términos de calor sensible y de calor latente de vaporización (Lv)

ha = c p T (3.11)

hw = c pwT + Lv (3.12)

El calor sensible es la cantidad de calor que recibe o pierde un cuerpo, provocando un aumento o disminución en su temperatura, mientras que el calor latente es el que se aplica o elimina en los procesos donde tiene lugar un cambio de estado.

Si se sustituye la entalpía específica del aire seco y del agua, la entalpía especifica del aire húmedo será:

h = c p T + w(c pwT + Lv)

Temperaturas de bulbo seco, de saturación adiabática y de rocío.
A la hora de analizar las propiedades del aire húmedo en los procesos psicrométricos, se utilizan diferentes medidas de la temperatura, según las condiciones en que se efectúa la medida. Estas temperaturas son:

Temperatura de bulbo seco, T
Es la temperatura del aire sin tener en cuenta los efectos de la humedad, los movimientos del aire o la radiación emitida por los objetos.

Temperatura de rocío, Tr
Es la temperatura a la que habría que enfriar el aire, manteniendo constante la presión total y su contenido en humedad, para que su humedad específica fuera la de saturación. Si el enfriamiento continuara, el exceso de vapor de agua condensaría en forma de rocío (si Tr>0 oC) o escarcha (si Tr<0 oC).

Temperatura de saturación adiabática, T sat
Si en un sistema térmicamente aislado como el que se muestra en el esquema de la Figura 3.2, un caudal de aire seco entra en contacto con agua líquida, la entalpía del conjunto permanece constante, mientras que parte del agua se evapora extrayendo calor del aire. Si el recorrido es suficientemente largo, el aire se enfría y se satura en humedad a la temperatura del líquido. En este proceso de refrigeración evaporativa adiabática, la temperatura de equilibrio termodinámico entre el aire saturado en humedad y el agua líquida, se conoce como Temperatura de saturación adiabática.

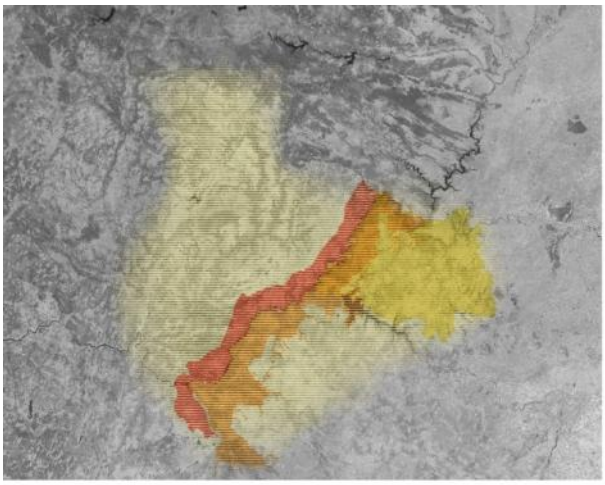
Temperatura de depresión de Bulbo Húmedo
La diferencia entre las temperaturas de bulbo seco y húmedo se conoce como y es empleado como indicador del potencial evaporativo del aire ambiente[1].

1 Cálculos y datos extraídos de “Evaluación teórica y experimental de una torre de viento evaporativa para acondicionamiento térmico de espacios abiertos” Silvia Soutullo Castro

5. LOCALIZACIONES RECOMENDADAS

El sistema se recomienda para climas cálidos o con verano cálido que no presenten humedades relativas ambientales altas, para permitir así aprovechar la situación de cambio de estado del agua. En climas con mayores humedades se pueden complementar los sistemas con filtros desecadores que, gracias al empleo de materiales de alta higroscopicidad, desecan el aire de admisión.

6. PARTICULARIDADES EN LA ZONA



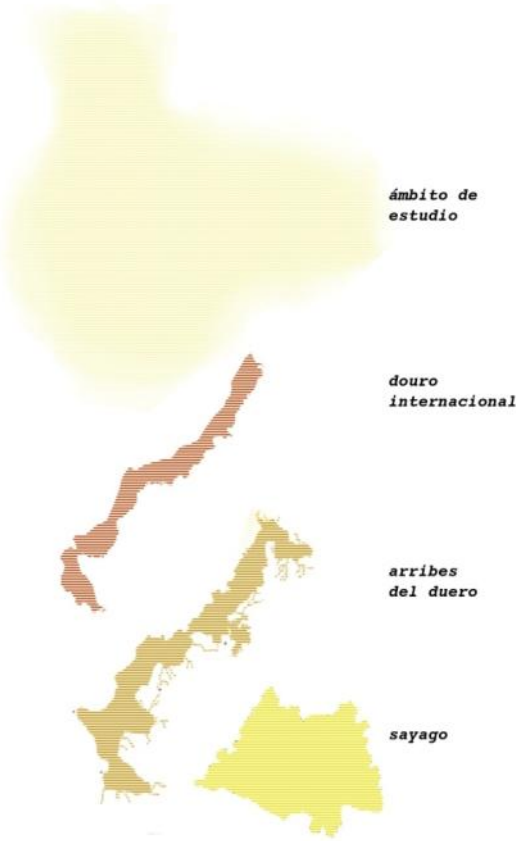


Figura 8 Ámbito de actuación

Se han localizado ejemplos de refrigeración por evaporación en las **80 poblaciones** visitadas dentro de la zona de estudio, teniendo en cuenta que este principio se encuentra, combinado con otros, en varias de las soluciones descritas :

Zona de estudio: zona transfronteriza Parque natural Douro Internacional, Parque Natural Arribes del Duero y Parque Narual de Montesinho.

-Portugal: Braganza, Miranda de Douro, Vimioso y Mogadouro, especialmente la zona de frontera con España

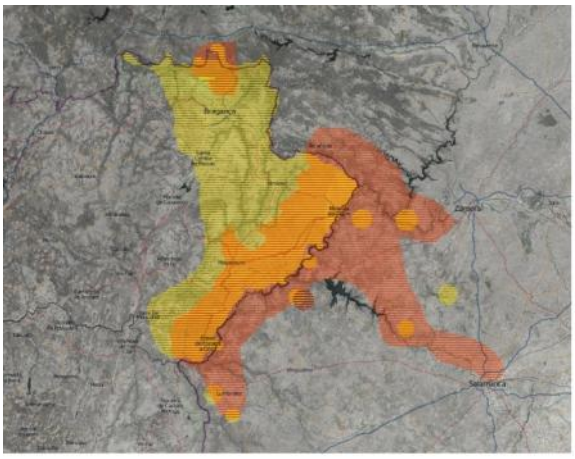
-España: Noroeste Salmantino, en la “Comarca de Vitigudino-Los Arribes”. Suroeste zamorano, en la comarca de “El Sayago”, en especial la zona del parque natural de los Arribes del Duero.

La zona presenta tres climas diferenciados, que corresponden con:
-Microclima Atlántico, correspondiente a la vertiente portuguesa
-Microclima Mediterráneo, zona del Duero
-Microclima Continental, Zonas

6.1 UBICACIÓN DENTRO DE LA ZONA DE ESTUDIO

En la zona de estudio se han encontrado tres sistemas vinculados a la arquitectura y urbanismo tradicionales que funcionan mejorando las condiciones climáticas utilizando refrigeración evaporativa. Estos son:

- Suelos transpirables
- Paredes vegetales
- Techos verdes
- Albañales higrointercambiadores



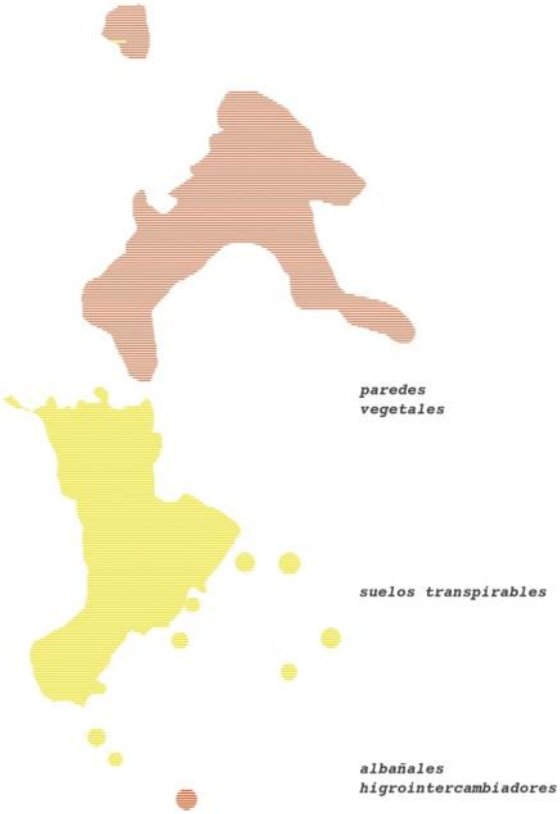


Figura 9 Sistemas que implican refrigeración evaporativa en el ámbito de estudio

Tanto las paredes vegetales como los techos verdes están descritos como soluciones singulares con documento propio, en este capítulo se adjuntan las fotos geolocalizadas de las poblaciones que mantienen o han recuperado los suelos tradicionales transpirables, una práctica bioclimática mucho más habitual en la zona portuguesa que en la española.

Figura 10 Mapa de implantación -Refrigeración evaporativa por suelos transpirables-

Lon: 6° 48.30' 0.00" Lat: 41° 5.52' 0.00" Alt: 458.0000 msm

Lon: 6° 48.34' 0.00" Lat: 41° 5.48' 0.00" Alt: 459.0000 msm

Lon: 6° 50.45' 0.00" Lat: 41° 53.94' 0.00" Alt: 821.0000 msm

Lon: 6° 49.40' 0.00" Lat: 41° 53.34' 0.00" Alt: 853.0000 msm

Lon: 6° 50.56' 0.00" Lat: 41° 53.93' 0.00" Alt: 829.0000 msm

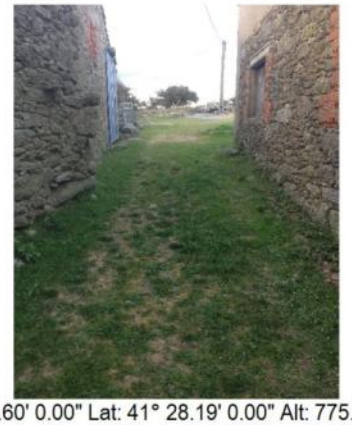
Lon: 6° 50.47' 0.00" Lat: 41° 53.95' 0.00" Alt: 849.0000 msm

Lon: 6° 45.93' 0.00" Lat: 41° 56.36' 0.00" Alt: 1022.0000 msm

Lon: 6° 45.93' 0.00" Lat: 41° 56.35' 0.00" Alt: 1014.0000 msm

Lon: 6° 45.94' 0.00" Lat: 41° 56.36' 0.00" Alt: 1009.0000 msm

Lon: 6° 26.67' 0.00" Lat: 41° 27.45' 0.00" Alt: 715.0000 msm



Lon: 6° 10.60' 0.00" Lat: 41° 28.19' 0.00" Alt: 775.0000 msm

Lon: 6° 42.55' 0.00" Lat: 40° 51.01' 0.00" Alt: 659.0000 msm

Lon: 6° 42.56' 0.00" Lat: 40° 51.02' 0.00" Alt: 673.0000 msm

Lon: 6° 42.56' 0.00" Lat: 40° 51.02' 0.00" Alt: 672.0000 msm

Lon: 6° 42.60' 0.00" Lat: 40° 51.04' 0.00" Alt: 685.0000 msm

Lon: 6° 42.60' 0.00" Lat: 40° 51.04' 0.00" Alt: 687.0000 msm

Lon: 6° 42.68' 0.00" Lat: 40° 51.03' 0.00" Alt: 672.0000 msm

Lon: 6° 44.87' 0.00" Lat: 40° 52.41' 0.00" Alt: 630.0000 msm

Lon: 6° 47.97' 0.00" Lat: 40° 55.06' 0.00" Alt: 648.0000 msm

Lon: 6° 26.29' 0.00" Lat: 41° 12.96' 0.00" Alt: 756.0000 msm

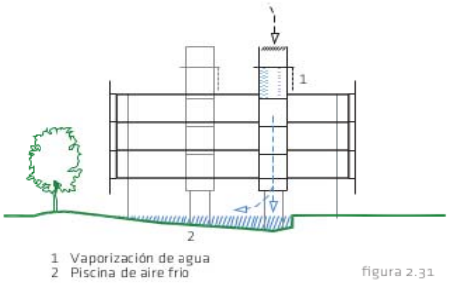
Lon: 6° 37.53' 0.00" Lat: 41° 15.87' 0.00" Alt: 630.0000 msm

Lon: 6° 23.59' 0.00" Lat: 41° 19.07' 0.00" Alt: 687.0000 msm

Lon: 6° 23.46' 0.00" Lat: 41° 19.23' 0.00" Alt: 687.0000 msm

Lon: 6° 23.83' 0.00" Lat: 41° 18.80' 0.00" Alt: 692.0000 msm

7. APLICACIÓN EN ARQUITECTURA CONTEMPORÁNEA



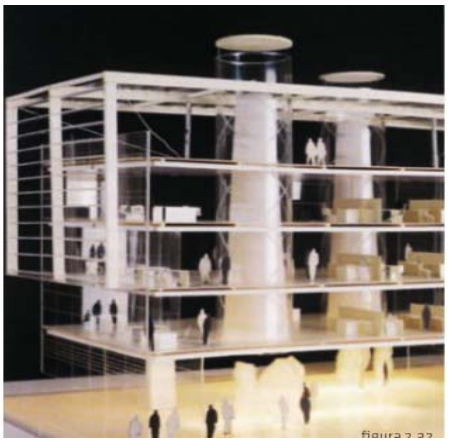


Figura 11 Torres de refrigeración adiabática para iluminación y ventilación. Edificio administrativo. Catania. Italia. M. Cucinella. 1999

Figura 12 Pabellón de Países Bajos (Expo Sevilla 1992). (Arq: Fred Temme, Moshe Zwarts y Rein Jansha

Este pabellón disponía de una fachada de malla abierta por la que discurría agua, unos ventiladores ayudaban a succionar el aire caliente de Sevilla

Figura 13 Prototipo de botijo de refrigeración. Casa Urcomante. Solar Decathlon Europe. Universidad de Valladolid. (www.urcomante.uva.es)

La Casa Urcomante participó en el Congreso Internacional de Arquitrectura Sostenible Solar Decathlon 2012, su sistema prototipo de refrigeración evaporativa dio muy buenos resultados que fueron monitorizados.

Referencias bibliográficas

Ramón Moliner, Fernando: "*Ropa, sudor y arquitecturas"* H. Blume Ediciones, Barcelona, 1980

Yañez Pararadera, Guillermo: "*Arquitectura Solar. Aspectos pasivos, bioclimatismo e iluminación natural",* Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Madrid, 1988

Yañez Pararadera, Guillermo: "*Arquitectura Solar e iluminación natural",* Munilla-Lería, Madrid, 2008

Neila Gonzalez, F. Javier: *"Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible"* Munilla-Lería, Madrid 2004

Granados Menéndez*,* Helena*: "Principios y estrategias del diseño bioclimático en la arquitectura y el urbanismo. 03. Eficiencia energética"* Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España, 2006.

Gauzin-Müller, Dominique: "Arquitectura ecológica" Gustavo Gili, Barcelona, 2002.

Mazria, Edward: "Arquitectura solar pasiva" Gustavo Gili, México 1983

Bornhorst, Dirk: "Arquitectura, ciencia y Tao" Ediciones Ecología y artitectura, Caracas 1991.

Restany, Pierre: "Hundertwasser" Taschen, Suiza, 1998.

Soutullo castro, Silvia: "evaluación teórica y experimental de una torre de viento evaporativa para acondicionamiento térmico de espacios abiertos" Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Ciencias Físicas, Departamento de Física Atómica, Molecular y Nuclear, Madrid 2012

Velasco Roldán , Luis: "El movimiento del aire condicionante de diseño arquitectónico " Ministerio de Fomento, Madrid 2011

F. Flores M., J. Hernández R., F. Rey M., E. Velasco G., A. Tejero G. : "Acondicionamiento de Espacios con Enfriamiento Evaporativo mediante Ladrillos Cerámicos " Departmento de Ingeniería, Universidad de Quintana Roo, México Departmento de Ingeniería Energética y Fluidomecánica, Universidad de Valladolid, España 2011