



D06.3_CONSTRUCTION IMPROVEMENTS SELECTION CRITERIA

This document explains the main criteria of the construction improvements selection in the refurbished dwellings of EDEA-Renov project. This file explains the materials and the construction systems selected and their technical features to simulate them properly.

GOBIERNO DE EXTREMADURA

Consejería de Fomento, Vivienda,
Ordenación del Territorio y Turismo

Dirección General de Arquitectura y Vivienda



Proyecto Cofinanciado por el Programa **Life** de la Comunidad Europea





ÍNDICE

1.	FACHADA.....	3
2.	CUBIERTA.....	7
3.	HUECOS.....	10
4.	SUELOS.....	14
5.	OTROS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS.....	16
6.	BIBLIOGRAFÍA E INFORMES CONSULTADOS.....	18

1. **FACHADAS**

1.1. **Aislamiento en fachadas.**

1.1.1. **S.A.T.E.**

El aislamiento térmico por el exterior es la solución constructiva más conveniente para mejoras energéticas. Aprovecha la inercia térmica del cerramiento preexistente, no disminuye la superficie interior del edificio y mejora el aspecto exterior del edificio.

Actualmente se llevan a cabo rehabilitaciones energéticas mediante aislamiento térmico exterior en fachada con varios materiales de aislamiento térmico.

- a. Poliestireno extrusionado (XPS) $[\lambda = 0.036 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}]$
- b. Poliestireno expandido (EPS) $[\lambda = 0.04 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}]$
- c. Poliuretano proyectado (PUR) $[\lambda = 0.035 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}]$
- d. Lana Mineral Rígida (MW) $[\lambda = 0.04 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}]$

Debido a la similitud en los valores de transmitancia térmica de los materiales de construcción actuales se ha optado elegir un material sólo. De estos materiales el único que tiene procedencia 100% natural es la lana mineral, no procede de hidrocarburos y es reciclable. Debido a esto y a los nuevos avances que los fabricantes han realizado en la mejora de su densidad y comportamiento mecánico al exterior se ha optado por la lana mineral frente a las otras soluciones.

1.1.2. **Aislamiento por el interior.**

Cuando no es posible realizar el aislamiento térmico por el exterior (medianeras,...) una opción alternativa es el aislamiento por el interior. Disminuye la superficie interior y es menos eficiente a nivel energético pero a cambio mejora el aspecto interior del edificio, es más económico que el S.A.T.E. y mejoran el aislamiento acústico del recinto.

Actualmente se llevan a cabo rehabilitaciones energéticas mediante aislamiento térmico interior en fachada con varios materiales de aislamiento térmico:

- a. Poliuretano proyectado (PUR) $[\lambda = 0.035 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}]$
- b. Poliestireno extrusionado (EPS) $[\lambda = 0.036 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}]$
- c. Lana Mineral Flexible (MW) $[\lambda = 0.04 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}]$

De estos materiales el único que tiene procedencia 100% natural es la lana mineral, no procede de hidrocarburos y es reciclable. Debido a esto se ha optado por la lana mineral frente a los otros.

1.1.3. **Aislamiento térmico reflexivo intermedio.**

El aislamiento reflexivo es conveniente en fachadas que alcancen temperaturas máximas o mínimas extremas (fachadas al sur, suroeste en verano sin sombreado o fachadas al norte).

Los inconvenientes del aislamiento reflexivo son el precio, que son especialmente frágiles y que disminuyen los efectos de las estrategias basadas en inercia térmica.

1.1.4. Soluciones y materiales descartados

Se han desechado nuevos tipos de aislamiento basados en productos naturales como el corcho y la lana debido a la diferencia de precio que existe con los materiales existentes actualmente en la construcción.

También se han descartado materiales plásticos procedentes del petróleo debido a que existen en la actualidad materiales naturales que presentan características similares con precios igual de asequibles.

Se han descartado morteros aislantes debido a que las características de aislamiento térmico no alcanzan los valores térmicos de otros materiales y el coste es mucho mayor (alrededor de 40 €/m²).

Se ha descartado la mejora de aislamiento en cámaras de aire por las diferentes problemáticas que supone acceder a las mismas, la comprobación de los resultados de las mejoras de aislamiento realizadas...

1.2. Mejora de inercia térmica en fachadas.

La mejora de inercia térmica de los recintos interiores es una medida compleja en rehabilitación debido a que la mejora de inercia térmica supone un aumento de masa y volumen considerables de las soluciones constructivas. Generalmente los espacios habitados y las estructuras de los edificios no están preparados para el aumento de peso de los cerramientos en fachada.

1.2.1. Material cambio de fase. (PCM).

Los materiales de cambio de fase son una alternativa ligera para el aumento de la inercia térmica del edificio. Actualmente, en rehabilitación no existe comercialización activa de materiales de construcción que contengan material de cambio de fase. Actualmente, este producto únicamente se suele usar en investigaciones y prototipos debido a su alto precio (desde los 10 €/kg hasta los 250€/kg, 300€/m² en placas y hasta 500 €/m² en hormigones).

1.2.2. Soluciones y materiales descartados

Hasta que los materiales de cambio de fase sean una alternativa viable en construcción no existen alternativas viables para el aumento de inercia térmica de cerramientos verticales en el edificio. Debido a que la inercia térmica es una propiedad global del edificio, será muy importante las mejoras de inercia térmica en el edificio en elementos constructivos horizontales.

1.3. Soleamiento de fachadas.

1.3.1. Vegetación de hoja caduca.

En el caso de poder contar con una zona verde frente a fachada, es muy recomendable situar vegetación de hoja caduca, sobre todo en cerramientos orientados al Sur y el Oeste, ya que en estaciones calurosas la vegetación sombreadrá el edificio y humedecerá el ambiente. Durante el otoño la vegetación perderá su follaje y permitirá el soleamiento en invierno, cuando las ganancias térmicas solares son deseables en climas intermedios y fríos.

Para el correcto soleamiento de huecos y fachadas es muy conveniente el uso de vegetación de hoja caduca. Para asegurar un buen mantenimiento de la vegetación y un consumo racional de agua, recurriremos a especies autóctonas de árboles de porte medio y gran porte. Las especies más recomendadas para la climatología de Extremadura son:

Árboles de gran porte. (>20m).

- *Platanus x hispánica*. Plátano de indias.
- *Aesculus hippocastanum*. Castaño de indias.
- *Larix decidua*. Alerce.
- *Metasequoia glyptostroboides*. Metasecuoya.



Plátano de indias



Alerce



Meta secuoya

Árboles de porte medio. (10-20m).

- *Betula pendula*. Abedul
- *Catalpa bignonioides*. Catalpa.
- *Punus cerassifera* var. *Pissardii*. Cerezo.
- *Acacia dealbata* Mimosa plateada.
- *Robinia pseudoacacia*. Falsa acacia.



Catalpa



Falsa acacia



Mimosa plateada.

1.3.2. Retranqueos y voladizos.

El diseño del edificio puede mejorar el acondicionamiento solar del edificio si se estudia la geometría con retranqueos en fachadas al Oeste y voladizos en cerramientos al Sur. Este tipo de estrategias obligan a un estudio profundo del soleamiento del edificio pero pueden suponer una mejora importante en la protección solar de fachadas en verano sin tener efectos indeseados en invierno.

1.3.3. Soluciones y materiales descartados.

La mejora de la protección solar es una medida muy conveniente para mejorar el comportamiento de edificio en climas cálidos. Sin embargo esta medida puede suponer sombreado indeseable en invierno cuando las temperaturas bajan de la temperatura de confort. Por este motivo serán imprescindibles medidas de protección solar en fachada que sean estacionales. Con este criterio se han descartado medidas como la protección solar con vegetación de hoja perenne, lamas fijas...

Se han descartado elementos móviles para el acondicionamiento en fachada debido a que son demasiado costosos. Además estas medidas se suelen implementar en huecos, que son mucho más sensibles al soleamiento, y suelen ocupar un porcentaje bajo de la superficie total del cerramiento.

También se han descartado acabados superficiales reflectantes en paramentos verticales debido a que presentan grandes mejoras en verano pero son desfavorables en condiciones de invierno y además presentan deslumbramientos en calles y otros edificios.

2. CUBIERTAS

2.1. Aislamiento térmico en cubiertas.

2.1.1. Aislamiento térmico por el exterior.

El aislamiento térmico por el exterior es la solución constructiva más conveniente para mejoras energéticas. Aprovecha la inercia térmica del cubierta preexistente, no disminuye la altura libre interior de la última planta del edificio.

El inconveniente principal es que la cubierta con aislamiento térmico por el exterior está destinado a cubiertas no transitables, ya que el material aislante no es apto para ser pisado directamente.

La característica principal a cumplir por un aislamiento térmico en cubierta colocado por el exterior es tener una resistencia mecánica suficiente. Por esto la resistencia de los aislamientos aptos para cubiertas siempre tiene más de 300 Kpa de resistencia a la compresión. El material más utilizado en obra que cumple estos requisitos es el poliestireno extrusionado (XPS).

Material	Conductividad (W/m · K)	Densidad Mínima (Kg/m ³)	Resistencia mecánica (kPa)*	Resistencia a la compresión (kPa)**
Poliestireno Extruido (XPS)	0.035	35	300	130
Poliuretano Proyectado (PUR Celda cerrada)	0.028	35	200	115
Poliestireno Expandido (EPS)	0.03	20	280	105
Lana Mineral (MW)	0.04	150	-	-

*Según norma UNE 92120-1.

** Según norma UNE-EN 826.

XPS = TEXSA Roofmate; MW = Rockwool.

Es importante destacar que cualquier material de aislamiento térmico, debido a su baja densidad, tendrá la necesidad de sujeción para evitar el riesgo de desprendimiento debido a la succión del aire. Las soluciones más comunes son grava, sujeciones mecánicas o adhesivas.

2.1.2. Aislamiento térmico reflexivo intermedio.

Las cubiertas, debido a su radiación solar incidente, son espacios muy convenientes para la introducción de materiales de aislamiento reflexivo. Este tipo de aislamiento no es apto para su uso directo al exterior por lo que es necesario protegerlo mediante una solera de hormigón y un geotextil.

2.1.3. Aislamiento térmico en falso techo.

El aislamiento térmico por el interior de cubierta, en falso techo, es una solución apropiada cuando la intervención en cubierta no es posible o indeseable. El material más conveniente para esta solución es la lana mineral en falso techo, colocado encima de los paneles de catón yeso o del material elegido ya que además de mejorar térmicamente la cubierta mejora acústicamente la solución constructiva.

2.13. Soluciones y materiales descartados.

No se descarta ninguna estrategia contemporánea de aislamiento en cubiertas debido a que uno de los puntos más sensibles del edificio.

En el CTE-HE1 se puede comprobar que el valor de transmitancia térmica (U) más restrictivo es el referente a la "Transmitancia límite en cubiertas". A continuación podemos ver los valores relativos a la zona climática C4 (Badajoz, Mérida y Cáceres).

ZONA CLIMÁTICA C4

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	$U_{Mlim}: 0,73 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de suelos	$U_{Slim}: 0,50 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de cubiertas	$U_{Clim}: 0,41 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Factor solar modificado límite de lucernarios	$F_{Lim}: 0,27$

2.2. Soleamiento de cubiertas.

2.2.1 Cubierta Ventilada.

La cubierta ventilada, se puede llevar a cabo de varios modos:

- 1- Cubierta plana mediante una solería elevada sobre plots.
- 2- Cubierta inclinada con forjado plano mediante la ventilación del espacio bajo cubierta.
- 3- Cubierta inclinada con revestimiento exterior separado del plano de la cubierta.

Es una medida óptima para el verano, ya que evita la radiación térmica directa de la cubierta y además genera una cámara de aire. En invierno esta medida no es tan eficaz debido a que en la cámara de aire intermedia se encontrará a la temperatura exterior.

2.2.2 Toldos.

El toldo es una solución de protección solar bastante común y que no presenta mejoras añadidas. Suele tener un deterioro mayor que los materiales de construcción convencionales y además no suele ser completamente opacos. Se recomiendan toldos practicables con una tela opaca de color claro, para mejorar la reflexión solar.

2.2.3. Soluciones y materiales descartados.

Las estrategias descartadas en soleamiento de cubiertas son todas las basadas en la construcción de lucernarios o patios cerrados en el edificio. Esta estrategia es muy problemática en verano en climas cálidos ya que la radiación solar es máxima e incide casi perpendicularmente al lucernario, por este hecho obtendremos calentamientos indeseados que se acrecentarán por el efecto invernadero de los vidrios.

La tabla 2.2 del CTE-HE1 vemos que el factor solar modificado de los huecos más restringidos son los lucernarios (en zona climática B4, F_{lim} : 0,28 en ventanas al Sur F_{lim} : 0,55, el doble que en lucernarios)

Factor solar modificado límite de lucernarios

F_{Lim} : 0,28

% de superficie de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ U_{Hlim} W/m ² K				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N	E/O	S	SE/SO	Carga interna baja			Carga interna alta		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,4 (5,7)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,8 (4,7)	4,9 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	3,3 (3,8)	4,3 (4,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,55	-	0,57
de 31 a 40	3,0 (3,3)	4,0 (4,2)	5,6 (5,7)	5,6 (5,7)	0,55	-	0,58	0,42	0,59	0,44
de 41 a 50	2,8 (3,0)	3,7 (3,9)	5,4 (5,5)	5,4 (5,5)	0,45	-	0,48	0,34	0,49	0,36
de 51 a 60	2,7 (2,8)	3,6 (3,7)	5,2 (5,3)	5,2 (5,3)	0,39	0,55	0,41	0,29	0,42	0,31

⁽¹⁾ En los casos en que la transmitancia media de los muros de fachada U_{Mm} , definida en el apartado 3.2.2.1, sea inferior a 0,58 W/m²K se podrá tomar el valor de U_{Hlim} indicado entre paréntesis para las zonas climáticas B3 y B4.

Colocar materiales reflexivos como pinturas claras, metales pulidos... es una estrategia muy conveniente en climas calurosos y medios debido a que en verano la radiación solar en cubierta es mucho mayor que en invierno debido al ángulo de incidencia. Sin embargo se descarta esta medida por la imposibilidad de retirar estos dispositivos estacionalmente y por el deslumbramiento sobre otros edificios más altos, por lo que se estudiará las reflexiones indeseables en los alrededores.

2.3 Mejora de inercia térmica.

2.3.1 Soluciones y materiales descartados.

Las soluciones de mejora de la inercia térmica en cubierta descartadas son las basadas en materiales de cambio de fase debido al precio que actualmente tienen. En cubierta, debido a su configuración horizontal, permite la colocación de muchos materiales con buen comportamiento y bajo precio que son más competitivos que éstos.

Se descartan la cubierta aljibe y la cubierta vegetal por la sobrecarga que supone sobre la estructura de los edificios existentes, no asegurándose en casi ningún caso que la estructura sea suficiente.

3. HUECOS.

3.1 Mejora del aislamiento en huecos.

3.1.1 Sustitución de huecos.

Una de las soluciones al aislamiento de huecos más utilizada es la sustitución de ventanas. Es más importante sustituir las ventanas al norte y en las fachadas donde estos huecos supongan mayor porcentaje de la superficie total. Las ventanas sustituidas serán al menos de doble vidrio ($3,3 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$). El marco de la ventana supone alrededor del 20% de la superficie total de la ventana, la transmitancia de los marcos actuales ordinarios suele ser alta ($5,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$).

En los casos en los que el hueco esté orientado al norte y existan muchos huecos de pequeñas dimensiones, la transmitancia del marco es muy importante. En estos casos se recomendará el uso de marcos con rotura de puente térmico (RPT, $U= 4.0 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$).

MARCO		VIDRIO		
Material	Transmitancia ($\text{W/m}^2\cdot\text{K}$)	Tipo de vidrio	Espesores (mm)	Transmitancia ($\text{W/m}^2\cdot\text{K}$)
PVC 3 cámaras	1,8	SIMPLE	4	5,7
PVC 2 cámaras	2,2		6	5,7
Madera 500 kg/m^2 - 60mm	2,0		8	5,6
Madero 700 kg/m^2 -60 mm	2,2		10	5,6
Poliuretano > 5mm	2,8		12	5,5
Metálico RPT 12 mm	3,2	VIDRIO AISLANTE	4-6-4	3,3
Metálico RPT 4 mm	4,0		4-9-4	3,0
Metálicos sin RPT	5,7		4-12-4	2,8
			4-15-4	2,7
			4-20-4	2,7

Transmitancias de marcos y vidrios según Catálogo de Elementos Constructivos CTE.

En los casos en los que existan ventanas de grandes dimensiones (mayores a 3 m^2) orientadas al norte, es recomendable el uso de vidrios triples ($1.5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$), para mejorar la transmitancia total del hueco.

A continuación podemos ver los valores límites de huecos (vidrio + marco) para la zona climática C4 (Badajoz, Mérida y Cáceres).

% de huecos	Transmitancia límite de huecos $U_{Hlim} \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N/NE/NO	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,4	3,9	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9	3,3	4,3	4,3	-	-	-	0,54	-	0,56
de 31 a 40	2,6	3,0	3,9	3,9	0,54	-	0,56	0,41	0,57	0,43
de 41 a 50	2,4	2,8	3,6	3,6	0,47	-	0,46	0,34	0,47	0,35
de 51 a 60	2,2	2,7	3,5	3,5	0,38	0,53	0,39	0,29	0,40	0,30

3.1.2 Doble ventana.

La solución de doble ventana es mejor que la sustitución de ventana en varios aspectos:

1. Conlleva menos cambios en el edificio, menor obra y gastos.
2. Si en ambos casos la ventana usada es la misma, el aislamiento térmico y acústico de la solución será mejor debido a la existencia de la ventana preexistente.
3. Para obtener los mismos valores de aislamiento térmico y acústico tendremos que invertir en una solución más económica.
4. La cámara de aire generada entre las dos ventanas supone un aislamiento térmico "extra" a la solución final.
5. La permeabilidad de la ventana colocada aumenta gracias a la doble barrera al aire.

Los inconvenientes que supone una doble ventana son:

1. En muchos casos no es posible ejecutar la segunda ventana debido al cerramiento ejecutado, a su espesor, a la composición de sus capas, revestimientos...
2. Para el usuario es más problemático tener doble ventana para su mantenimiento, apertura, transparencia...
3. Aspecto, apariencia.

3.1.3 Soluciones y materiales descartados.

En la mejora del aislamiento de ventanas hemos descartado el uso de ventanas de baja emisividad debido a que las propiedades térmicas se basan en propiedades ópticas que dependen de la radiación solar incidente y las cargas internas del local. En huecos al norte y locales no climatizados la transmitancia de estos vidrios es mucho menor a la calculada por ensayo. Además estos vidrios presentan un comportamiento en climas cálidos muy negativos ya que aumentan el efecto invernadero en el edificio.

3.2 Soleamiento de huecos.

3.2.1 Protección solar de huecos con lamas.

El diseño correcto de lamas sobre huecos permitirá el máximo soleamiento disponible en Invierno y la máxima protección solar en Verano. Para conseguir el objetivo de soleamiento óptimo podremos recurrir a:

1. Lamas fijas
2. Lamas móviles manuales
3. Lamas móviles automáticas.

Aunque las más recomendables son las lamas móviles automáticas, las 3 soluciones son válidas siempre que el diseño sea correcto según su orientación:

- Sur: Lamas horizontales con inclinación 0°
- Este y Oeste: Lamas verticales con inclinación ajustada a la orientación de la fachada.
- Norte: No es necesario voladizo.

La distancia entre las lamas y su profundidad se diseñará según las condiciones del proyecto y el ángulo de incidencia solar según la latitud.

En orientaciones intermedias (Sureste, Suroeste...) no son apropiadas las lamas fijas debido a que ni las lamas verticales ni las horizontales se ajustarán correctamente a los cambios de orientación solar. En estos casos se debe recurrir a lamas orientables.

3.2.2. Protección solar de huecos con voladizos.

Los voladizos permiten dejar la visual del hueco libre protegiendo el hueco del sol en Verano y permitiendo su soleamiento en Invierno. Los voladizos no suelen ser tan precisos como las lamas en el correcto soleamiento de los huecos ya que son fijos y están en el perímetro del hueco.

Los voladizos serán apropiados sólo para las ventanas de pequeñas dimensiones y estarán diseñados según su orientación:

- Sur: Voladizo horizontal
- Este y Oeste: Voladizo vertical.
- Sureste y Suroeste: Voladizo vertical + horizontal
- Norte: No es necesario voladizo.

La anchura del voladizo y la distancia al hueco estará dimensionada según las dimensiones del hueco (alto x ancho) y de su orientación.

3.2.3. Toldos.

Los toldos serán todos practicables, para favorecer su ajuste estacional. Serán más convenientes los automatizados con sensor de radiación solar.

3.2.4. Soluciones y materiales descartados.

Se han desestimado el uso de vidrios estacionales, esto es, vidrios que son efectivos solamente en temporadas de Invierno o Verano. De este modo se descartan vidrios reflectantes o translúcidos, que son efectivos en Verano, pero que no posibilitan la radiación solar en Invierno.

También se descartan los elementos de sombreado interiores como cortinas de tela, venecianas interiores, estores... porque permiten el paso de la radiación solar al interior y aumentan el efecto invernadero en Verano.

En los vidrios electrocrómicos se ajusta la transparencia del vidrio para adecuarse correctamente a las condiciones solares exteriores. Este tipo de soluciones son ideales para amplios paños de vidrio en los que no se puedan colocar lamas o protecciones frente al hueco.

Estos equipos tienen varios inconvenientes:

- Tienen un consumo eléctrico cuando son transparentes o opacos (el 50% de su uso), de unos 10 W/m²
- En el modo transparente no llegan a la transparencia de los vidrios normales, suelen tener uno 30% de opacidad frente al 10-15% de los vidrios normales.
- En el modo opaco no son totalmente opacos, suelen tener una opacidad máxima del 70%.
- El precio es elevado. En torno a 800 €/m².

3.3 Permeabilidad al aire.

3.3.1 Mejora de la clase de ventana.

Sustituir la ventana (generalmente clase 1) por una clase de ventana mayor (clase 2, 3 o 4) mejorará el aislamiento térmico del edificio al disminuir las infiltraciones en el edificio.

Clase	Permeabilidad al aire a 100 Pa m ² /hora . m ²	Presión máxima de ensayo Pa
0	Sin ensayar	Sin ensayar
1	≤ 50	150
2	≤ 27	300
3	≤ 9	600
4	≤ 3	600

Clases de ventanas y su permeabilidad según Norma UNE-EN 1027

Para asegurar la ventilación de la vivienda según CTE-HS 3 será necesario el uso de carpinterías de clase 0 y 1, el uso de aireadores o el uso de ventilación mecánica. En el caso de mejorar la clase de la ventana para disminuir la permeabilidad se usará ventilación mecánica y en ningún caso los aireadores.

Las ventanas serán oscilobatientes y no correderas, (mejor aislamiento acústico que las correderas).

3.3.2 Sellado de fisuras.

En el caso de no sustituir la ventana se puede mejorar la permeabilidad al aire sellando las fisuras en diversos elementos de la ventana:

- 1- Burletes en las uniones horizontales y verticales de la ventana.
- 2- Sellado mediante aislamiento proyectado en capialzados.
- 3- Relleno de fisuras y grietas en el perímetro del marco.

4. SUELOS.

4.1. Aislamiento de suelos.

4.1.1. Aislamiento bajo forjado (por el exterior).

El aislamiento bajo forjado es la solución más conveniente en el caso de que la transmitancia térmica de suelos con forjados accesibles (garajes, sótanos, cámaras de aire...). Esta solución aprovecha la inercia térmica del forjado preexistente y además no interfiere en el interior de la vivienda.

El aislamiento bajo forjado se puede ejecutar con diversos materiales:

- a. Poliestireno extrusionado (XPS) [$\lambda = 0.036 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$]
- b. Poliestireno expandido (EPS) [$\lambda = 0.04 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$]
- c. Poliuretano proyectado (PUR) [$\lambda = 0.035 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$]
- d. Lana Mineral Rígida (MW) [$\lambda = 0.04 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$]

De estos materiales el único que tiene procedencia 100% natural es la lana mineral, no procede de hidrocarburos y es reciclable. Debido a esto y a los nuevos avances que los fabricantes han realizado en la mejora de su densidad y comportamiento mecánico al exterior se ha optado por la lana mineral frente a las otras soluciones.

4.1.2. Aislamiento bajo solería (por el interior).

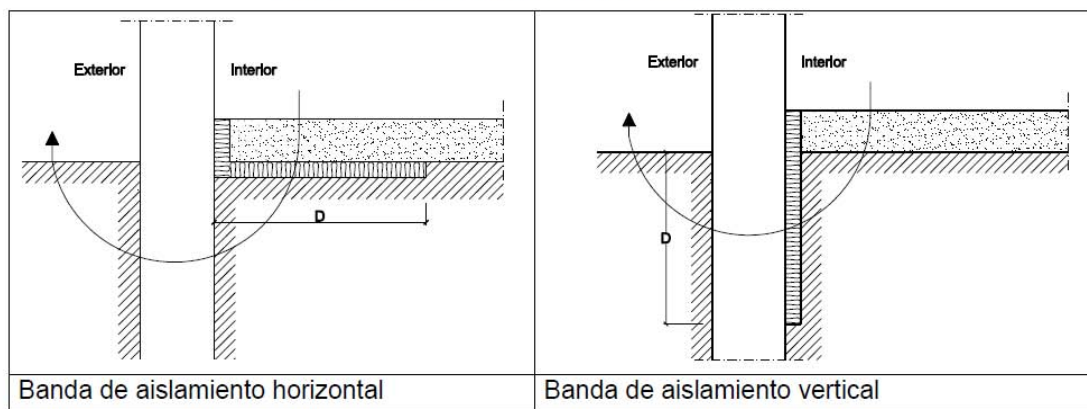
Cuando el aislamiento no sea posible bajo el forjado se colocará por el interior. Esta solución disminuye la altura libre de los recintos, es menos eficiente a nivel energético y supone un cambio en puertas y rodapiés, pero a cambio mejora el aspecto interior del edificio al introducir una nueva solería.

En esta solución es muy recomendable utilizar aislamientos térmicos con buena resistencia a la compresión como el poliestireno extruido (ver punto "2.1.1. Aislamiento térmico por el exterior").

4.1.3. Aislamiento perimetral.

En el caso de que la cimentación del edificio esté en contacto con el terreno es muy recomendable utilizar aislamiento térmico perimetral en la losa o solera de cimentación. Esta solución puede ejecutarse por el exterior y es imprescindible para el cumplimiento del actual CTE-HE1 en nueva edificación. En la figura E.1 podemos ver las posibilidades de mejora de aislamiento perimetral.

Los materiales para aislamiento bajo forjado se pueden ejecutar con los mismos materiales que en el caso de bajo forjado (punto 4.1.1.)

Figura E.1. Soleras con aislamiento perimetral

Detalle constructivo de aislamiento perimetral en forjado en contacto con el terreno.

4.1.4. Soluciones y materiales descartados.

Las soluciones que requieran un suelo elevado o suelo técnico las hemos descartado debido al cambio tan drástico que supone en la altura libre, en el replanteo de plantas y en las carpinterías del edificio.

De este modo se descartan cámaras de aire al interior del forjado y materiales alojados en esta cámara.

5. OTROS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS.

5.1. Invernadero adosado.

El invernadero adosado es una solución idónea para el acondicionamiento en condiciones de invierno de edificio con espacios exteriores a rehabilitar. Esta estrategia se basa en el efecto invernadero para aumentar la temperatura interior del espacio del invernadero gracias al soleamiento. En el edificio se abrirán huecos hacia el invernadero o se dispondrá de una ventilación mecánica.

En condiciones de Verano es muy importante dejar abierto el invernadero para que este espacio exterior se ventile correctamente y no existan sobrecalentamientos indeseables.

Destaca la arquitectura de Anne Lacatton y Luis Vassal en Francia, los cuales diseñan espacios muy contemporáneos con este tipo de dispositivos en viviendas sociales.



Invernadero verano

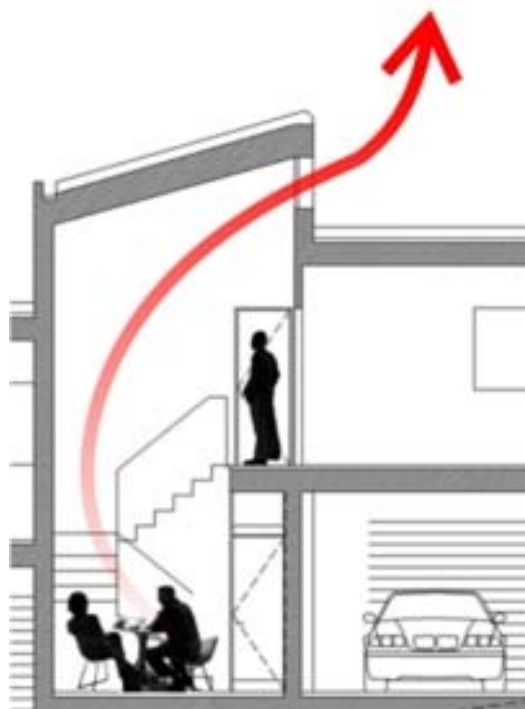
Invernadero invierno.

Lacatton&vassal: Invernaderos y viviendas sociales en Mulhouse, Francia

5.2. **Chimenea Solar**

Una mejora de la medida anterior es la chimenea solar, tienen un funcionamiento similar a la chimenea de viento pero el tiro de salida de aire esta inducido por la chimenea solar. La chimenea se construye con un material oscuro, para calentarla al sol y conseguir calentar el aire más caliente del interior. Al calentarse este aire genera una depresión en el edificio que condiciona la renovación del aire.

También es especialmente conveniente en edificios con varias plantas y con espacios verticales. La entrada de aire debe hacerse desde un lugar fresco únicamente evitando infiltraciones y aperturas en otros huecos.



Efecto chimenea con tiro natural



Chimenea solar con muro Trombe.

6. **BIBLIOGRAFÍA E INFORMES CONSULTADOS.**

Acondicionamiento y energía solar en arquitectura, F. Javier Neila y César Bedoya.

Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible, F. Javier Neila., 2004.

Arquitectura Solar e Iluminación Natural, G. Yáñez Parareda, 2008.

Base de Datos de la Construcción BEDEC, Instituto Tecnológico de la Construcción (ITEC), 2012.

Base de Precios de la Construcción de Gobierno Extremadura, Consejería de Fomento. Gobierno Extremadura, 2010.

Código Técnico de la Edificación, RD 314/2006, de 17 de marzo.

Condiciones de aceptación de Procedimientos Alternativos a LIDER y CALENER, Instituto para la diversificación y ahorro de energía (IDAE), 2009.

CTE plus. El potencial de ahorro de energía y reducción de emisiones de CO₂ en viviendas mediante incremento del aislamiento. Estudio realizado por CENER para

Rockwool. España 2005-2012

El libro de la Energía Solar Pasiva. Edward Mazria.

Guía de Edificación Sostenible para la Vivienda, Comunidad autónoma del País Vasco, 2006.

Herramienta Verde, Green Building Council España, 2012.

OTRAS FUENTES

El Proyecto Passive On www.passive-on.org

Internacional Energy Agency www.iea.org

La plataforma europea para los profesionales de la construcción sostenible.

<http://www.construction21.eu/espana/>

Proyecto EDEA-Renov: Desarrollo de la eficiencia energética en la arquitectura: rehabilitación, innovación y TICs. (Comisión Europea - Programa LIFE+09), www.renov.proyectoede.com, 2011-2014.

Proyecto EnEf: Fomento de la formación en eficiencia energética en el sector de la construcción (Comisión Europea - Programa Lifelong Learning Programme, Leonardo Da Vinci), www.enef-project.eu, 2010-2012.

Proyecto Meefs: Desarrollo y demostración de un innovador sistema de fachada multifuncional para la eficiencia energética en la rehabilitación residencial en Europa. (European Commission - 7th Framework Programme), <http://www.meefs-retrofitting.eu>, 2012-2015.