

Edificios

Guía Técnica para la Rehabilitación de la Envoltente Térmica de los Edificios 

Soluciones

de Aislamiento con Poliestireno Extruido (XPS)



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA, TURISMO
Y COMERCIO



Instituto para la
Diversificación y
Ahorro de la Energía



Soluciones

de Aislamiento con Poliestireno Extruido (XPS)



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA, TURISMO
Y COMERCIO

IDA Instituto para la
Diversificación y
Ahorro de la Energía

TÍTULO DE LA PUBLICACIÓN

Soluciones de Aislamiento con Poliestireno Extruido (XPS)

CONTENIDO

La presente guía ha sido redactada por la Asociación Nacional de Industriales de Materiales Aislantes (ANDIMAT) para el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), con el objetivo de promocionar la eficiencia en el uso final de la energía en los edificios.

.....

Esta publicación está incluida en el fondo editorial del IDAE, en la serie “Guías Técnicas para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios”.

Está permitida la reproducción, parcial o total, de la presente publicación, siempre que esté destinada al ejercicio profesional por los técnicos del sector. Por el contrario, debe contar con la aprobación por escrito del IDAE, cuando esté destinado a fines editoriales en cualquier soporte impreso o electrónico.

Depósito Legal: M-44697-2008
ISBN: 978-84-96680-37-1

.....

IDAE

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

C/ Madera, 8

E-28004-Madrid

comunicacion@idae.es

www.idae.es

Madrid, septiembre de 2008

ÍNDICE

1	Introducción	9
2	Rehabilitación de azotea invertida no transitable y azotea invertida transitable con aislamiento térmico de XPS	11
2.1	Descripción	11
2.2	Tipos de soporte	11
2.3	Ventajas y limitaciones: discusión	11
2.4	Productos recomendados	12
2.5	Proceso de instalación	12
2.6	Detalles constructivos	13
2.7	Prestaciones térmicas	13
2.8	Materiales y costes	15
3	Rehabilitación de tejado con aislamiento de XPS colocado bajo teja	17
3.1	Descripción	17
3.2	Tipos de soporte	17
3.3	Ventajas y limitaciones: discusión	17
3.4	Productos recomendados	17
3.5	Proceso de instalación	17
3.6	Detalles constructivos	18
3.7	Prestaciones térmicas	18
3.8	Materiales y costes	20
4	Rehabilitación de fachada aislada por el exterior para revestir directamente sobre la plancha aislante de XPS	21
4.1	Descripción	21
4.2	Tipos de soporte	21

4.3	Ventajas y limitaciones: discusión.....	21
4.4	Productos recomendados	22
4.5	Proceso de instalación	22
4.6	Detalles constructivos	23
4.7	Prestaciones térmicas.....	23
4.8	Materiales y costes	25
5	Rehabilitación con plancha aislante de XPS de fachada ventilada	27
5.1	Descripción.....	27
5.2	Tipos de soporte	27
5.3	Ventajas y limitaciones: discusión.....	27
5.4	Productos recomendados.....	28
5.5	Proceso de instalación	28
5.6	Detalles constructivos	29
5.7	Prestaciones térmicas.....	29
5.8	Materiales y costes	30
6	Rehabilitación de fachada, medianera o techo aislados por el interior con plancha aislante de XPS para revestir con yeso in situ	31
6.1	Descripción.....	31
6.2	Tipos de soporte	31
6.3	Ventajas y limitaciones: discusión.....	31
6.4	Productos recomendados.....	32
6.5	Proceso de instalación	32
6.6	Detalles constructivos	33
6.7	Prestaciones térmicas.....	33
6.8	Materiales y costes	35
7	Rehabilitación de fachada, medianera o techo aislados por el interior con plancha aislante de XPS para revestir con yeso laminado.....	37
7.1	Descripción	37
7.2	Tipos de soporte	37
7.3	Ventajas y limitaciones: discusión	37
7.4	Productos recomendados.....	37
7.5	Proceso de instalación	37
7.6	Detalles constructivos.....	38
7.7	Prestaciones térmicas	38
7.8	Materiales y costes	40

8 Rehabilitación de suelo o pavimento doméstico con plancha aislante de XPS	41
8.1 Descripción	41
8.2 Tipos de soporte	41
8.3 Ventajas y limitaciones: discusión	41
8.4 Productos recomendados	41
8.5 Proceso de instalación	41
8.6 Detalles constructivos	41
8.7 Prestaciones térmicas	42
8.8 Materiales y costes	43
9 Aplicación práctica	45

En abril de 2006, la Asociación Nacional de Industriales de Materiales Aislantes (ANDIMAT) y el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) firmaron un convenio de colaboración con el objetivo de promover actuaciones encaminadas a mejorar la eficiencia energética de la envolvente térmica de los edificios de nueva construcción y de los existentes, así como del aislamiento de los equipos y redes de tuberías de las instalaciones de calefacción, climatización y producción de agua caliente sanitaria.

Estas actuaciones se enmarcan en un doble contexto. Por una parte, la aprobación de un nuevo marco normativo para la energética edificatoria, más exigente en materia de aislamiento y desarrollado a través del Documento Básico de ahorro de energía del Código Técnico de la Edificación, el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción y el nuevo Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.

Por otra, la realización de Planes de Acción para la Eficiencia Energética, a los que obliga la Directiva 2006/32/CE, sobre la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos. Una de las medidas contenida en estos planes es una línea de apoyo económico para la rehabilitación de la envolvente térmica de los edificios existentes, con el fin de reducir su demanda energética en calefacción y refrigeración.

Para que la aplicación de la normativa sea adecuada y que las medidas de rehabilitación de los

edificios existentes se ejecuten adecuadamente, se requiere un esfuerzo adicional de información, formación y concienciación dirigido a los profesionales que intervienen en el sector de la edificación para que apliquen correctamente las técnicas y a los ciudadanos para que demanden estas medidas. Aquí se hace imprescindible la participación de las familias de materiales aislantes agrupadas en ANDIMAT, que deben aportar soluciones técnicas concretas y cuantificar sus ventajas energéticas, económicas y medioambientales.

Para cumplir con este objetivo se ha elaborado una colección de guías divulgativas y técnicas. Las guías divulgativas están dirigidas a propietarios y titulares de edificios y recogen aspectos prácticos y orientaciones sobre las posibles intervenciones de mejora del aislamiento térmico en cubiertas, fachadas, suelos y medianeras, exponiéndolas en un lenguaje no técnico. Las guías técnicas son complementarias a las anteriores y están dirigidas a los profesionales del sector de la edificación, con información más detallada en el plano técnico.

La puesta en práctica de las medidas propuestas por estas guías, dirigidas a la mejora del aislamiento térmico de los edificios, puede suponer ahorros energéticos, económicos y de emisiones de dióxido de carbono del 30%, por un menor consumo de energía en las instalaciones térmicas de los edificios.

1

INTRODUCCIÓN

El sector de la edificación, desde un punto de vista energético, comprende los servicios que tienen un mayor peso sobre el consumo energético de los edificios, representando el 17% del consumo de energía final nacional, del que corresponde un 10% al sector doméstico y un 7% al sector terciario. De éstos, el consumo energético de la calefacción y el aire acondicionado supone aproximadamente la mitad del consumo total de energía del edificio.

La mejora del aislamiento térmico de un edificio puede suponer ahorros energéticos, económicos y de emisiones de CO₂ del 30% en el consumo de calefacción y aire acondicionado, por disminución de las pérdidas.

Las reformas importantes de los edificios existentes son una buena oportunidad para tomar medidas eficaces con el fin de aumentar su rendimiento energético, tal como propone la Directiva 2002/91/CE de eficiencia energética de los edificios. Para cumplir esta directiva, en España se han generado tres documentos legales nuevos: el Código Técnico de la Edificación, el nuevo RITE (revisado del de 1998) y la Certificación Energética de Edificios.

Como consecuencia de esta nueva legislación se puso en marcha el Plan de Acción de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética 2005-2012, por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. En la primera edición de este Plan –trienio 2005-2007– se establecen diferentes medidas para todos los sectores de la actividad económica nacional: edificios, industria, transporte, servicios

públicos, equipamiento residencial, agricultura, pesca y transformación de la energía.

El cumplimiento de sus objetivos puede significar el ahorro de 12 millones de toneladas equivalentes de petróleo, la reducción de un 20% de las importaciones de petróleo y una reducción de emisiones de CO₂ de 32,5 millones de toneladas.

Destaca en el Plan de Acción 2005-2007 (PAE4) la medida de “*rehabilitación de la envolvente térmica de los edificios existentes*”, cuyo objetivo es reducir la demanda energética en calefacción y refrigeración en el sector de edificios existentes, mediante la aplicación de criterios de eficiencia energética en la rehabilitación de su envolvente térmica.

En la segunda edición de este Plan de Acción 2008-2012 (PAE4+) se incluyen 3 medidas estratégicas para el sector edificación dirigidas al parque de edificios existentes, dos de ellas afectan al aislamiento y la tercera a mejora en instalaciones energéticas.

Así pues, como primera medida está prevista la rehabilitación de la envolvente térmica en los edificios existentes, cuyo objetivo es reducir su demanda energética en calefacción y refrigeración, mediante la aplicación de criterios de eficiencia energética en la rehabilitación de su envolvente térmica. Se destinan a ello 175 millones de euros como apoyo público, y se espera obtener un ahorro asociado de 2,17 millones de toneladas equivalentes de petróleo en energía primaria y de 5,23 millones de toneladas de CO₂ en reducción de emisiones.

La segunda medida consiste en promover edificios *con alta calificación energética* (Clase A o B), bien procedentes de nueva construcción o de la rehabilitación de edificios existentes. Para ello se habilita una línea de ayudas de 209 millones de euros, previéndose conseguir el ahorro asociado en energía primaria de 2 millones de toneladas equivalentes de petróleo y la reducción de emisiones de 5,32 millones de toneladas de CO₂.

Para la comprensión general de esta guía, se entenderá como envolvente térmica del edificio, tanto los cerramientos del edificio que separan los recintos habitables del ambiente exterior (cubiertas y fachadas) como las particiones interiores que separan los recintos habitables de los no habitables, que a su vez estén en contacto con el ambiente exterior.

En esta guía se describen las siguientes soluciones técnicas para incorporar planchas de aislamiento térmico de poliestireno extruido (XPS) en obras de rehabilitación de edificios existentes y para las siguientes aplicaciones:

- 1 Rehabilitación de **azotea** invertida no transitable y **azotea** invertida transitable.
- 2 Rehabilitación de **tejado** aislado bajo teja.
- 3 Rehabilitación de **fachada** aislada por el exterior para revestir directamente sobre la plancha aislante.
- 4 Rehabilitación de **fachada** Ventilada.
- 5 Rehabilitación de **fachada**, **medianera** o **techo** aislados por el interior para revestir con yeso in situ directamente sobre la plancha aislante.
- 6 Rehabilitación de **fachada**, **medianera** o **techo** aislados por el interior para revestir con yeso laminado.
- 7 Rehabilitación de **suelo** o pavimento doméstico.

El XPS, espuma de poliestireno extruido, es un material aislante que, debido a sus excepcionales propiedades, es ampliamente utilizado en la industria de la construcción. Durante sus más de 50 años de historia ha puesto de manifiesto cotidianamente su alta resistencia a la compresión, su prácticamente nula absorción de

agua, excelente comportamiento como aislante térmico y una excepcional durabilidad, manteniéndose inalterable con el paso del tiempo.

2

REHABILITACIÓN DE AZOTEA INVERTIDA NO TRANSITABLE Y AZOTEA INVERTIDA TRANSITABLE CON AISLAMIENTO TÉRMICO DE XPS

2.1 DESCRIPCIÓN

En este capítulo se describe la forma de incorporar planchas de aislamiento térmico de poliestireno extruido (XPS) en obras de rehabilitación de azoteas.

2.2 TIPOS DE SOPORTE

Normalmente se tratará de soportes de hormigón (forjados de diversos tipos), sobre los que se sitúa una capa de pendientes que, a su vez, da soporte al sistema de azotea invertida (impermeabilización + aislamiento + acabado).

2.3 VENTAJAS Y LIMITACIONES: DISCUSIÓN

En cualquiera de las disposiciones del aislamiento explicadas en este documento, tanto si van colocadas al exterior del soporte, como al interior, las planchas de XPS no deben quedar expuestas en la aplicación final de uso, es decir, en todos los casos, deberán disponerse tras un acabado visto dado por otros productos (en la azotea, usualmente grava o baldosas).

Intervenir por encima de la azotea presenta las siguientes particularidades:

- En todos los casos, la obra de rehabilitación se ejecuta con la **mínima interferencia para los usuarios** del edificio.
- **No se reduce la altura libre** de las estancias del último piso.
- Notemos que, al aislar por el exterior, el soporte estructural (forjado) que forma la azotea se encuentra relativamente caliente, pues está protegido por el aislamiento y, por tanto, cualquier área donde, por el motivo que fuera, se interrumpa el aislamiento térmico, no cambia la circunstancia de que el soporte seguirá básicamente caliente, sobre todo su superficie interior, que, por consiguiente, mostrará una temperatura superficial superior al punto de rocío del ambiente interior, en definitiva, suficiente para **evitar fenómenos de condensación**.
- **Se aprovecha toda la inercia térmica** del soporte (capacidad calorífica de los materiales de construcción). Tengamos en cuenta, por ejemplo, que un forjado pesa unos 300 kg/m², lo que equivale a tener una bañera de unos 60 litros de agua por m².
- Es **especialmente conveniente aislar por el exterior cuando la vivienda o edificio son de ocupación permanente**. De este modo, se cuenta con la inercia térmica para estabilizar del modo más efectivo las temperaturas y conseguir una reducción adicional en el consumo de combustible para la climatización (calefacción + refrigeración) del edificio o vivienda.
- Normalmente, al ejecutarse la intervención por el exterior, afectará a la totalidad del inmueble, no sólo a una vivienda o local en particular. Por consiguiente, se requerirá, previo a la intervención, el **acuerdo expreso de la comunidad de vecinos**.

- En azoteas puede ser especialmente recomendable y **sencillo de instalar**, pues el soporte dado por el último forjado permite trabajar con toda comodidad y seguridad. Además sólo con el XPS se puede proceder, con seguridad y certeza sobre la durabilidad de las propiedades térmicas, a instalar las planchas aislantes sobre la impermeabilización, dándole una protección adicional, dentro del conocido concepto de “**cubierta invertida**” (así denominado popularmente porque las posiciones “convencionales” de aislamiento e impermeabilización, ésta última sobre aquella, se “invierten”). Hay, por otro lado, suministradores de baldosas aislantes con base aislante de XPS incorporada en fábrica. De este modo se puede conseguir, a la vez, el aislamiento de la azotea rehabilitada y el acabado y superficie por donde transitar.

2.4 PRODUCTOS RECOMENDADOS

Se ofrecen, a continuación, referencias de productos de XPS basadas en la nomenclatura de la norma de producto UNE-EN 13164:

- **Azotea invertida no transitable:** producto XPS con piel de extrusión. CS(10\Y)300, CC(2/1.5/50)90, WL(T)0.7, WD(V)3, FT2; dimensiones de la plancha: 1.250 x 600 mm; junta a media madera.
- **Azotea invertida transitable:** baldosa aislante formada por base aislante XPS y acabado en hormigón o mortero tratados; propiedades para la base aislante: CS(10\Y)300, CC(2/1.5/50)90, WL(T)0.7, WD(V)3, FT2; dimensiones de la baldosa: (1.250, 600) x 600 mm; junta: recta habitualmente, en algún tipo de baldosa puede ser machihembrada o a media madera.

2.5 PROCESO DE INSTALACIÓN

- **Azotea invertida no transitable:**
 - Las planchas aislantes de XPS se colocan directamente encima de la impermeabilización, sueltas, con total independencia, sin adherirlas (eventualmente, cuando

haya riesgo de flotación por inundación de la cubierta, podrán fijarse por puntos situados en la zona central de las planchas).

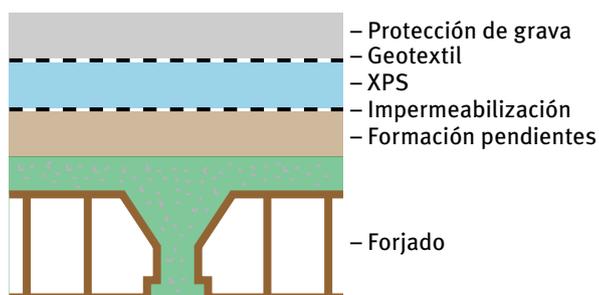
- Las planchas deben colocarse a tope entre ellas y con juntas al tresbolillo, contrapeando las filas sucesivas.
 - Dada la ligereza de las planchas de XPS se debe proceder inmediatamente, tras su colocación, al lastrado con la protección pesada de grava, en un espesor de unos 5 cm, para conseguir > 80 kg/m² de lastre.
 - Se recomienda el empleo de un geotextil entre protección pesada y planchas aislantes para evitar la formación de depósitos de carácter biológico sobre la membrana impermeabilizante.
- **Azotea invertida transitable:** Se pueden seguir los pasos descritos en la solución no transitable. La diferencia será que en vez de verter grava como lastre se dispondrá un pavimento, formado bien por baldosas hidráulicas apoyadas sobre distanciadores, a su vez apoyados sobre las planchas de XPS, o bien por una capa continua de embaldosado (baldosín) tomado con mortero. En este caso se recomienda armar la capa de mortero con un mallazo mínimo e interponer entre planchas de XPS y mortero una capa de difusión para favorecer la transpirabilidad del sistema de cubierta y evitar un exceso indebido de agua estancada entre planchas aislantes y mortero. De todos modos, en rehabilitación puede ser especialmente conveniente la instalación de baldosas aislantes, que cuentan con una base aislante de XPS incorporada en fábrica :
 - Las baldosas se colocan directamente encima de la impermeabilización, sueltas, con total independencia, sin adherirlas. Deben colocarse a tope entre sí y, dependiendo del tipo de baldosa, eventualmente con juntas a tresbolillo, contrapeando las filas sucesivas y cuidando de que los trozos de panel situados en los extremos de cada fila no tengan una longitud inferior a la mitad de la lon-

gitud total de la baldosa de XPS. Cuando esto no sea posible, se colocará el trozo sobrante de panel en la zona central de la cubierta.

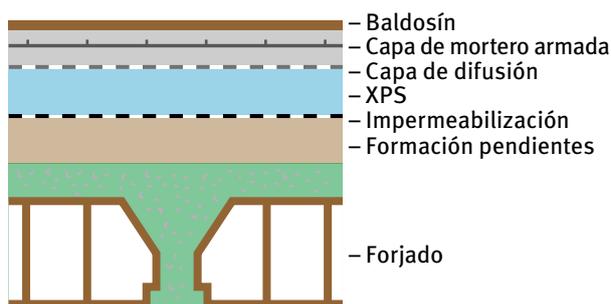
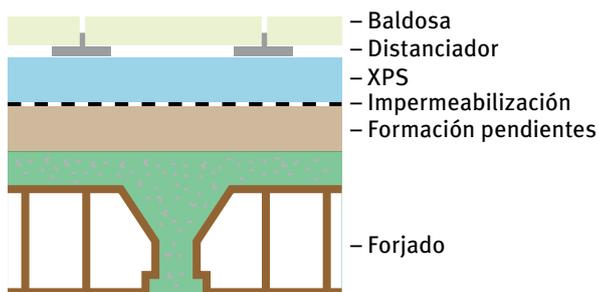
- En las entregas a puntos singulares donde la cubierta queda perforada (lucernarios, sumideros, chimeneas, etc.), las baldosas aislantes de XPS pueden ajustarse mediante cortes y orificios practicables con sierra radial. Se dejara una junta con holgura de unos 5 mm. En los cambios de pendiente, limatesas o limahoyas, se puede practicar corte en el mortero con sierra radial a lo largo de la línea de cambio de pendiente, a fin de acomodar mejor la baldosa al soporte.
- Para evitar una posible succión de viento, puede ser preciso instalar un lastre adicional o fijación suplementaria sobre la primera fila de baldosas aislantes situada junto al perímetro de la cubierta o cualquier elemento singular de la cubierta que perfora el forjado.

2.6 DETALLES CONSTRUCTIVOS

• Azotea invertida no transitable:



• Azotea invertida transitable:



2.7 PRESTACIONES TÉRMICAS

Las prestaciones finales conseguidas en la rehabilitación térmica, aunque en una cuantía pequeña, dependen también de la mayor o menor prestación térmica del cerramiento original, antes de ser rehabilitado.

En este sentido se consideran, como situación inicial de partida, los siguientes tipos de cerramientos originales, que serán el soporte de la solución rehabilitada que se va a proponer:

- Cuatro situaciones, en función de dos criterios:
 - Azotea transitable, con baldosín, o bien azotea no transitable, con membrana autoprottegida.
 - Forjado con resistencia térmica baja, $R = 0,23 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ (puede ser un valor aceptable para forjado 20+5 con bovedilla de hormigón), o bien forjado con resistencia térmica alta, $R = 0,30 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ (puede ser un valor aceptable para forjado 20+5 con bovedilla cerámica).

En los dos casos se parte de una capa de pendientes de 8 cm de espesor medio en hormigón ligero, con $\lambda = 0,34 \text{ W/m} \cdot \text{K}$.

Por otro lado, con el fin de simplificar cálculos pero, a la vez, mantener el resultado del lado de la seguridad, los valores U para las soluciones rehabilitadas térmicamente sólo tienen en cuenta la Resistencia Térmica, R, aportada por el aislamiento, sin incluir la R de cualquier otra capa que eventualmente se precisara en la rehabilitación (acabados y revestimientos, por ejemplo). Además, los espesores mostrados son los estándares de la industria fabricante de

planchas de XPS, con incrementos cada centímetro, entre 3 y 6 cm de espesor, y cada dos centímetros a partir de un espesor de 6 (6-8-10-...).

Para AZOTEAS se tienen los siguientes valores U de transmitancia térmica (en W/m²K):

Azotea original no transitable, acabada con lámina autoprottegida

R del forjado (m ² K/W)	Sin rehabilitar	Rehabilitada con XPS en espesor de:					
		3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	8 cm	10 cm
0,23	1.467	0,650	0,548	0,474	0,417	0,337	0,289
0,30	1.270	0,622	0,528	0,459	0,406	0,329	0,283

Azotea original transitable, acabada en solado de baldosín

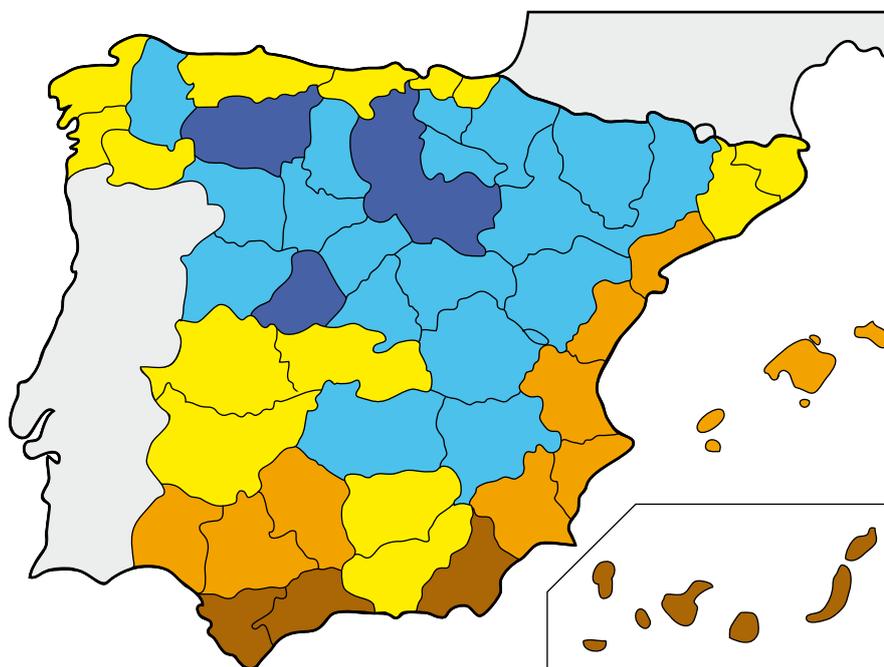
R del forjado (m ² K/W)	Sin rehabilitar	Rehabilitada con XPS en espesor de:					
		3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	8 cm	10 cm
0,23	1.376	0,631	0,535	0,464	0,410	0,332	0,285
0,30	1.255	0,605	0,516	0,449	0,398	0,324	0,280

En este punto conviene recordar los valores U *límites* establecidos en el Código Técnico de la Edificación (CTE), Documento Básico HE-1. Para rehabilitaciones que afecten a más de 1.000 m² y un 25% como mínimo de los cerramientos, dichos valores son obligatorios. Para rehabilitaciones de inferior entidad parece oportuno tomarlos como referencia adecuada para las prestaciones térmicas del cerramiento rehabilitado. Hay que tener en cuenta que el valor U *límite* afecta al valor U *medio* de transmisión térmica del ce-

rramiento dado. Es decir, hay que introducir, en la media ponderada, los valores U de los diversos puentes térmicos (básicamente lucernarios y su contorno, si los hubiera), que no tienen por qué coincidir con el valor U del cerramiento-tipo. De hecho, normalmente serán valores mayores y, si no se aíslan convenientemente, habrá que compensar las mayores pérdidas energéticas a su través con un “plus” de aislamiento en el cerramiento-tipo, siempre que no aparezca ningún riesgo de condensaciones.

Cerramientos opacos	U _{medio} (W/m ² K)	U _{límite} (W/m ² K) Zona climática				
		A	B	C	D	E
Al exterior	UC1 AC1	0,50	0,45	0,41	0,38	0,35
A espacio no habitable	UC2 AC2					
Pte. Térmico-lucernario	UPC APC					
Lucernario	UL AL					
	$\frac{\Sigma(A \cdot U)}{\Sigma A}$					

El código de colores permite identificar con facilidad las zonas climáticas, definidas en CTE HE-1:



La severidad climática se ajustará de acuerdo con la diferencia de altura del emplazamiento en relación a la capital de provincia.



Provincia	Capital	Altura referencia	Desnivel entre localidad y capital (m)				
			200-400	400-600	600-800	800-1000	>1000
Málaga	A3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Sevilla	B4	9	C2	C1	D1	D1	E1
Barcelona	C2	1	C1	D1	D1	E1	E1
Madrid	D3	589	D1	E1	E1	E1	E1
Burgos	E1	861	E1	E1	E1	E1	E1

2.8 MATERIALES Y COSTES

A continuación se dan *costes* orientativos de la instalación (material+mano de obra) del aislamiento térmico de planchas de XPS. El *precio* final para el usuario o dueño del edificio incluirá normalmente, aparte del obvio IVA, los costes y beneficios de las propias empresas distribuidoras, constructoras e instaladoras implicadas en

la ejecución de la obra. Las listas de precios de los fabricantes de aislamiento térmico suelen referirse a un *precio recomendado* para el usuario o dueño del edificio que promueve la reforma.

- **Azotea invertida no transitable:** se incluye solamente el coste, instalado, del material de aislamiento térmico formado por planchas de XPS; es decir, no se incluye el

coste de instalar la capa de protección y acabado (grava, baldosas, etc.), ni tampoco la posible re-impermeabilización que se tenga que ejecutar:

Coste (€/m ²) instalado con XPS en espesor de:					
3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	8 cm	10 cm
3,85	5,05	6,25	7,45	9,85	12,25

- **Azotea invertida transitable:** si se trata de una solución con acabado incorporado en obra, sirven los costes de la tabla anterior; si se trata de baldosa aislante, con acabado incorporado en fábrica, puede servir de referencia la siguiente:

Coste (€/m ²) instalado con XPS en espesor de:					
3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	8 cm	10 cm
16,7	17,9	19,1	20,3	22,7	25,1

3

REHABILITACIÓN DE TEJADO CON AISLAMIENTO DE XPS COLOCADO BAJO TEJA

3.1 DESCRIPCIÓN

En este capítulo se describe la forma de incorporar planchas de aislamiento térmico de poliestireno extruido (XPS) en obras de rehabilitación de tejados.

3.2 TIPOS DE SOPORTE

Se pueden presentar tres tipos principales de soporte:

- Faldones formados por forjado de hormigón.
- Faldones formados por tableros machihembrados cerámicos sobre tabiques palomeros, apoyados a su vez sobre forjado horizontal de hormigón.
- Faldones formados por tablazón de madera, en edificaciones rurales tradicionales.

3.3 VENTAJAS Y LIMITACIONES: DISCUSIÓN

En cualquiera de las disposiciones del aislamiento explicadas en este documento, tanto si van colocadas al exterior del soporte, como al interior, las planchas de XPS no deben quedar expuestas en la *aplicación final* de uso, es decir, en todos los casos, deberán disponerse tras un acabado visto dado por otros productos (en el tejado: la teja, el forjado, tableros diversos, etc.).

Intervenir por el exterior del cerramiento soporte presenta también las particularidades vistas en el capítulo 2, para el caso de la azotea inver-

tida (excepto, claro está, la relacionada con el concepto de cubierta invertida). Además, específicamente hablando del tejado, puede no ser viable la intervención por el exterior, a no ser que, en el proceso de rehabilitación se vaya a levantar la teja, momento en el que se puede aprovechar para incorporar las planchas aislantes de XPS previamente a retejar. Dependiendo del tipo de soporte, hormigón o madera, se podrán precisar las soluciones más adecuadas. Es especialmente recomendable, a la hora de retejar, hacerlo de modo que entre la teja y el aislamiento se forme una cámara ventilada.

3.4 PRODUCTOS RECOMENDADOS

Se ofrece, a continuación, una referencia de producto de XPS basada en la nomenclatura de la norma de producto UNE-EN 13164:

- Producto XPS con piel de extrusión. CS(10\Y)300; dimensiones de la plancha: (2.000, 1.250) x 600 mm; junta a media madera; superficie ranurada en una de las caras, para permitir el anclaje mecánico del mortero de agarre de la teja.

3.5 PROCESO DE INSTALACIÓN

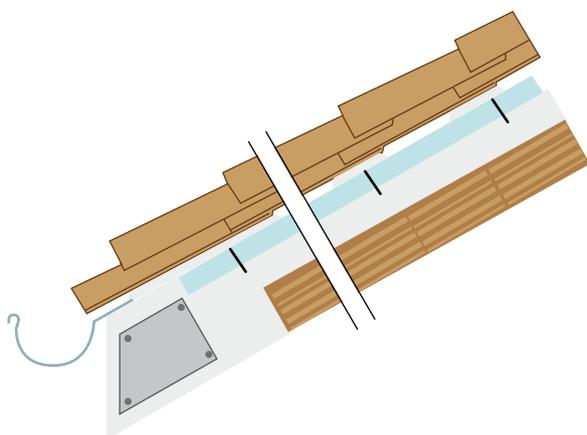
- Las planchas de XPS se instalan sobre el soporte, con las acanaladuras paralelas a cumbre, mediante:
 - Fijaciones mecánicas (tipo espiga o taco plástico de expansión, de 9 cm de

longitud para planchas de 40, 50 y 60 mm de espesor, de 6 cm para planchas de 35 mm), si no se va a impermeabilizar (en pendientes de hasta $45^\circ = 100\%$).

- Adhesivos compatibles con el poliestireno extruido (en pendientes de hasta $30^\circ = 57\%$).
- Láminas asfálticas impermeabilizantes autoadhesivas, que cubren las dos funciones de impermeabilización y fijación de las planchas (en pendientes de hasta $30^\circ = 57\%$).
- Se formará un cajeadado en los encuentros del faldón con aleros y hastiales, de modo que las planchas queden retenidas por los topes que forman el cajeadado. El tope en alero estará dimensionado para retener el posible deslizamiento de las planchas aislantes y la teja montada sobre ellas.
- Como esquema para las fijaciones mecánicas se puede considerar el siguiente, en situación normal de exposición al viento (con adhesivos se mantendrá una distribución equivalente):
 - 4 fijaciones por plancha, en la primera fila de planchas a lo largo de todo el perímetro del faldón y junto a encuentros (chimeneas).
 - 2 fijaciones por plancha, el resto del faldón.

3.6 DETALLES CONSTRUCTIVOS

Faldón formado por forjado inclinado:



3.7 PRESTACIONES TÉRMICAS

Las prestaciones finales conseguidas en la rehabilitación térmica, aunque en una cuantía pequeña, dependen también de la mayor o menor prestación térmica del cerramiento original, antes de ser rehabilitado.

En este sentido se consideran, como situación inicial de partida, los siguientes tipos de cerramientos originales, que serán el soporte de la solución rehabilitada que se va a proponer:

- Cinco situaciones, en función de tres criterios:
 - Faldón formado por un forjado inclinado, o bien formado por faldones sobre palomeros (y estos sobre un forjado horizontal).
 - Forjado con baja resistencia, o bien forjado con alta resistencia (ver explicación en el caso de la azotea, capítulo 2).
 - Faldón formado por tablero de madera.

Por otro lado, con el fin de simplificar cálculos pero, a la vez, mantener el resultado del lado de la seguridad, los valores U para las soluciones rehabilitadas térmicamente sólo tienen en cuenta la Resistencia Térmica, R, aportada por el aislamiento, sin incluir la R de cualquier otra capa que eventualmente se precisara en la rehabilitación (acabados y revestimientos, por ejemplo). Además, los espesores mostrados son los estándares de la industria fabricante de planchas de XPS, con incrementos cada centímetro, entre 3 y 6 cm de espesor, y cada dos centímetros a partir de un espesor de 6 (6-8-10-...).

Para TEJADOS se tienen los siguientes valores U de transmitancia térmica [en W/m²K]:

Faldón original formado por un forjado inclinado

R del forjado (m ² K/W)	Sin rehabilitar	Rehabilitada con XPS en espesor de:					
		3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	8 cm	10 cm
0,23	2.243	0,768	0,629	0,534	0,463	0,366	0,310
0,30	1.939	0,728	0,603	0,514	0,448	0,357	0,304

Faldón original de tablero machihembrado o rasillón sobre palomeros apoyados en forjado horizontal

R del forjado (m ² K/W)	Sin rehabilitar	Rehabilitada con XPS en espesor de:					
		3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	8 cm	10 cm
0,23	1.455	0,647	0,546	0,473	0,416	0,336	0,289
0,30	1.320	0,619	0,526	0,457	0,405	0,329	0,283

Faldón original formado por tablero de madera

Sin rehabilitar	Rehabilitada con XPS en espesor de:					
	3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	8 cm	10 cm
3.240	0,858	0,689	0,576	0,494	0,385	0,324

NOTA: En el caso de rehabilitar térmicamente construcciones en madera, hay que señalar, además, la necesidad de asegurar un buen control sobre las posibles infiltraciones de aire a través de los paramentos, ya que, de no hacerse, puede verse mermada grandemente su eficacia térmica, a pesar del aislamiento instalado. A tal fin se comercializan productos tipo lámina transpirable, que aseguran una hermeticidad y estanqueidad adecuadas ante las infiltraciones.

En este punto conviene recordar los valores U *límites* establecidos en el Código Técnico de la Edificación, Documento Básico HE-1. Para rehabilitaciones que afecten a más de 1.000 m² y un 25% como mínimo de los cerramientos, dichos valores son obligatorios. Para rehabilitaciones

de inferior entidad parece oportuno tomarlos como referencia adecuada para las prestaciones térmicas del cerramiento rehabilitado.

Hay que tener en cuenta que el valor U *límite* afecta al valor U *medio* de transmisión térmica del cerramiento dado. Es decir, hay que introducir, en la media ponderada, los valores U de los diversos puentes térmicos (básicamente lucernarios y su contorno, si los hubiera), que no tienen por qué coincidir con el valor U del cerramiento-tipo. De hecho, normalmente serán valores mayores y, si no se aíslan convenientemente, habrá que compensar las mayores pérdidas energéticas a su través con un “plus” de aislamiento en el cerramiento-tipo, siempre que no aparezca ningún riesgo de condensaciones.

Cerramientos opacos			U_{medio} (W/m ² K)	$U_{\text{límite}}$ (W/m ² K) Zona climática				
				A	B	C	D	E
Cubiertas	Al exterior	UC1 AC1	$\frac{\Sigma(A \cdot U)}{\Sigma A}$	0,50	0,45	0,41	0,38	0,35
	A espacio no habitable	UC2 AC2						
	Pte. Térmico-lucernario	UPC APC						
	Lucernario	UL AL						

Se remite al lector de nuevo al capítulo 2 para ver el mapa de zonificación climática según CTE HE-1 en correspondencia con las capitales provinciales.

3.8 MATERIALES Y COSTES

A continuación se dan costes orientativos de la instalación (material + mano de obra) del aislamiento térmico de planchas de XPS. El *precio* final para el usuario o dueño del edificio incluirá normalmente, aparte del obvio IVA, los costes y

beneficios de las propias empresas distribuidoras, constructoras e instaladoras implicadas en la ejecución de la obra. Las listas de precios de los fabricantes de aislamiento térmico suelen referirse a un *precio recomendado* para el usuario o dueño del edificio que promueve la reforma.

- En este caso se incluye una estimación de los costes de las fijaciones mecánicas de las planchas de XPS, suponiendo una media de tres fijaciones por plancha (son 4 en perímetro del faldón y 2 en el resto):

Coste (€/m ²) instalado con XPS en espesor de:					
3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	8 cm	10 cm
4,71	6,01	7,31	8,61	11,57	14,17

4

REHABILITACIÓN DE FACHADA AISLADA POR EL EXTERIOR PARA REVESTIR DIRECTAMENTE SOBRE LA PLANCHA AISLANTE DE XPS

4.1 DESCRIPCIÓN

En este capítulo se describe la forma de incorporar planchas de aislamiento térmico de poliestireno extruido (XPS) en obras de rehabilitación de fachadas y/o medianeras con revestimientos aplicados directamente sobre las planchas aislantes (soluciones constructivas mediante *ETICS*, *External Thermal Insulation Composite System*).

4.2 TIPOS DE SOPORTE

Diversos tipos de fábricas, habitualmente de ladrillo o bloques de diversos tipos. Sobre el muro soporte así formado se procede a instalar el aislamiento de XPS que posteriormente es revestido con morteros para dar el acabado final visto.

4.3 VENTAJAS Y LIMITACIONES: DISCUSIÓN

En cualquiera de las disposiciones del aislamiento explicadas en este documento, tanto si van colocadas al exterior del soporte, como al interior, las planchas de XPS no deben quedar expuestas en la *aplicación final de uso*, es decir, en todos los casos, deberán disponerse tras un acabado visto dado por otros productos (en fachadas con revestimiento directo sobre el aislante: el propio revestimiento).

Intervenir por el exterior del cerramiento soporte presenta las siguientes particularidades:

- En todos los casos, la obra de rehabilitación se ejecuta con la **mínima interferencia para los usuarios** del edificio.
- Instalado el aislamiento sobre las fachadas, **no se reduce la superficie útil** del edificio o vivienda.
- Se corrigen con toda facilidad todos los **puentes térmicos**, de modo que se evitan las paredes “frías”, la falta de confort asociada a ellas y, sobre todo, el riesgo de formación de condensaciones superficiales e, incluso, moho. Esto es especialmente importante en el caso de fachadas, pues es donde se producen casi todos los puentes: encuentros con la estructura (pilares, vigas, frentes de forjado) y formación de huecos (alféizares, mochetas, dinteles, capialzados).
- Notemos que al aislar por el exterior, el muro soporte que forma la fachada se encuentra relativamente caliente, pues está protegido por el aislamiento y, por tanto, cualquier área donde, por el motivo que fuera, se interrumpa el aislamiento térmico, no cambia la circunstancia de que el soporte seguirá básicamente caliente, sobre todo su superficie interior, que, por consiguiente, mostrará una temperatura superficial superior al punto de rocío del ambiente interior, en definitiva, suficiente para **evitar fenómenos de condensación**.
- **Se aprovecha toda la inercia térmica** del soporte (capacidad calorífica de los materiales de construcción). Tengamos en cuenta, por ejemplo, que un muro de medio pie (11,5 cm) de fábrica de ladrillo perfora-

do pesa unos 180 kg/m², lo que equivale a tener una bañera de unos 36 litros de agua por m² de fachada.

- Es **especialmente conveniente aislar por el exterior cuando la vivienda o edificio son de ocupación permanente**. De este modo, se cuenta con la inercia térmica para estabilizar del modo más efectivo las temperaturas y conseguir una reducción adicional en el consumo de combustible para la climatización (calefacción + refrigeración) del edificio o vivienda.
- Normalmente, al ejecutarse la intervención por el exterior, afectará a la totalidad del inmueble, no sólo a una vivienda o local en particular. Por consiguiente, se requerirá, previo a la intervención, el **acuerdo expreso de la comunidad de vecinos**.
- En el caso de edificios con un grado de protección como parte del **patrimonio histórico-artístico**, será muy difícil o incluso imposible practicar la intervención por el exterior, dada la alteración que supondría de las fachadas.
- En fachadas con aislamiento de XPS revestido directamente por el exterior del muro soporte hay sistemas que se basan en morteros preparados a tal efecto: se trata de los llamados morteros “*monocapa*”. Dichos sistemas requieren el **asesoramiento de empresas fabricantes e instaladoras especializadas**, de modo que se garantice la compatibilidad de todos los productos integrantes del sistema. A tal fin, algunos Institutos de Construcción proporcionan para tales sistemas constructivos los llamados *Documentos de Idoneidad Técnica (DIT)*. Últimamente, dado el marco legislativo armonizado europeo, se están empezando a emitir *Documentos de Idoneidad Técnica Europea (DITE)*.

4.4 PRODUCTOS RECOMENDADOS

Se ofrece, a continuación, una referencia de producto de XPS basada en la nomenclatura de la norma de producto UNE-EN 13164:

- Producto XPS sin piel de extrusión, para permitir el agarre del revestimiento. CS(10\Y)200. Dimensiones de la plancha: 1.250 mm x 600 mm; junta a media madera.

4.5 PROCESO DE INSTALACIÓN

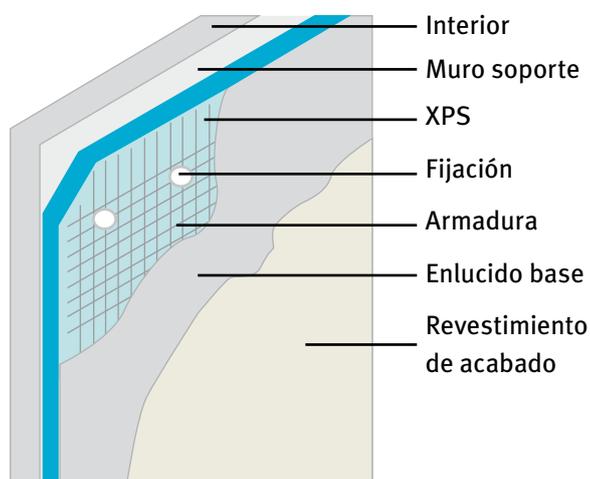
Consiste en la aplicación, sobre la superficie exterior de la fachada o medianera existente, de las planchas de XPS, que van después revestidas por una capa protectora y de acabado ejecutada con morteros especiales por instaladores cualificados. Hay diversos sistemas disponibles en el mercado que suministran el conjunto de materiales y componentes necesarios para la puesta en obra, de modo que se asegure la compatibilidad entre todos ellos. Se recomienda acudir a las empresas suministradoras de dichos sistemas. Básicamente constituyen el sistema los siguientes componentes:

- **Adhesivo y fijaciones**. La función confiada a estos elementos es la de fijar el aislamiento de planchas de XPS al muro soporte. Puede ser sólo mediante adhesivo o, donde las condiciones del muro soporte así lo requieran, también mediante la aplicación de fijaciones mecánicas plásticas o metálicas. En general, se recomienda combinar adhesivo y fijaciones, lo que garantiza una mayor estabilidad del aislamiento tanto mientras fragua el adhesivo como una vez operativo. Nunca se confiará la instalación de las planchas aislantes sólo a fijaciones mecánicas.
- **Aislamiento térmico de planchas de XPS**. Se dimensionará su espesor en función de los nuevos requisitos definidos en el Código Técnico de la Edificación, CTE HE-1 (véase “*Prestaciones*”).
- **Armadura**. Tiene la función de conferir al sistema una capacidad adecuada para soportar choques y movimientos debidos a oscilaciones térmicas o fenómenos de retracción. Formada por mallas de fibra de vidrio con tratamiento antiálcali.
- **Enlucido de base**. Tiene la función de proteger a las planchas aislantes de XPS y de crear una superficie apta para la aplica-

ción de los revestimientos de acabado. En el interior de esta capa viene embebida la armadura.

- **Capa reguladora de fondo.** Usada para conseguir mejores condiciones de adhesión y compatibilidad entre los revestimientos de acabado y el enlucido delgado y armado ya realizado.
- **Revestimiento de acabado.** La última capa de acabado consiste en un revestimiento o en una pintura especial de base sintética o mineral que se puede ejecutar con diversos acabados y texturas: rayado, Tirolesa, etc. Esta capa protege a los anteriores de la intemperie y la radiación solar, debe tener una buena elasticidad ante las solicitaciones mecánicas y debe ser suficientemente permeable al vapor de agua.
- **Sellado de juntas.** Los sellados se utilizan con el objeto de impedir el paso de agua, aire o polvo a través de las juntas entre el sistema de aislamiento por el exterior y otras partes o elementos del edificio. Hay masillas de silicona y de base acrílica, y, también, elementos plásticos o metálicos.
- **Accesorios.** Elementos utilizados para ejecutar uniones a elementos diversos (por ejemplo, ventanas) y proteger, o sostener, el sistema en puntos particularmente críticos.

4.6 DETALLES CONSTRUCTIVOS



4.7 PRESTACIONES TÉRMICAS

Las prestaciones finales conseguidas en la rehabilitación térmica, aunque en una cuantía pequeña, dependen también de la mayor o menor prestación térmica del cerramiento original, antes de ser rehabilitado.

En este sentido se consideran, como situación inicial de partida, los siguientes tipos de cerramientos originales, que serán el soporte de la solución rehabilitada que se va a proponer:

- En fachada. Cuatro situaciones, en función de dos criterios:
 - Muro con cámara ($R_c = 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$), o bien muro de una hoja, sin cámara.
 - Hoja principal del muro: media asta (o “pie”), o bien un asta (en los dos casos, de fábrica de ladrillo perforado).
- En medianera. Cuatro situaciones, en función de dos criterios:
 - Medianera con doble hoja y cámara intermedia, o medianera de hoja sencilla.
 - Hojas de fábrica de tabicón de hueco doble (9 cm espesor), o bien hojas de fábrica de tabicón de hueco triple (12 cm espesor).

Por otro lado, con el fin de simplificar cálculos pero, a la vez, mantener el resultado del lado de la seguridad, los valores U para las soluciones rehabilitadas térmicamente sólo tienen en cuenta la Resistencia Térmica, R, aportada por el aislamiento, sin incluir la R de cualquier otra capa que eventualmente se precisara en la rehabilitación (acabados y revestimientos, por ejemplo). Además, los espesores mostrados son los estándares de la industria fabricante de planchas de XPS, con incrementos cada centímetro, entre 3 y 6 cm de espesor, y cada dos centímetros a partir de un espesor de 6 (6-8-10-...).

Para FACHADAS se tienen los siguientes valores U de transmitancia térmica (en W/m²K):

Fachada de dos hojas con cámara (R= 0,17 m²K/W)

Tipo de fábrica exterior	Sin rehabilitar	Rehabilitada con XPS en espesor de:					
		3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	8 cm	10 cm
½ asta L.P.	1.561	0,748	0,616	0,524	0,456	0,362	0,307
1 asta L.P.	1.242	0,666	0,559	0,482	0,424	0,341	0,292

Fachada de una sola hoja

Tipo de fábrica exterior	Sin rehabilitar	Rehabilitada con XPS en espesor de:					
		3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	8 cm	10 cm
½ asta L.P.	2.693	0,809	0,657	0,553	0,478	0,375	0,317
1 asta L.P.	1.866	0,714	0,593	0,507	0,443	0,354	0,301

Para MEDIANERAS se tienen los siguientes valores U de transmitancia térmica (en W/m²K):

Doble hoja y cámara intermedia (R= 0,14 m²K/W)

Tipo de fábrica	Sin rehabilitar	Rehabilitada con XPS en espesor de:					
		3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	8 cm	10 cm
Hueco doble	1.153	0,631	0,535	0,464	0,410	0,332	0,285
Hueco triple	1.010	0,586	0,502	0,439	0,390	0,319	0,276

En este punto conviene recordar los valores U *límites* establecidos en el Código Técnico de la Edificación, Documento Básico HE-1. Para rehabilitaciones que afecten a más de 1.000 m² y un 25% como mínimo de los cerramientos, dichos valores son obligatorios. Para rehabilitaciones de inferior entidad parece oportuno tomarlos como referencia adecuada para las prestaciones térmicas del cerramiento rehabilitado. Hay que tener en cuenta que el valor U *límite* afecta al valor U *medio* de transmisión térmica del cerramiento dado. Es decir, hay que introducir, en la

media ponderada, los valores U de los diversos puentes térmicos, que no tienen por qué coincidir con el valor U del cerramiento-tipo. De hecho, normalmente serán valores mayores y, si no se aíslan convenientemente, habrá que compensar las mayores pérdidas energéticas a su través con un “plus” de aislamiento en el cerramiento-tipo, siempre que no aparezca ningún riesgo de condensaciones. Sin embargo, aislando la fachada por el exterior será poco probable que se produzca este efecto de los puentes térmicos, puesto que es más sencillo evitarlos.

Cerramientos opacos			U_{medio} (W/m ² K)	$U_{\text{límite}}$ (W/m ² K) Zona climática				
				A	B	C	D	E
Fachadas	Al exterior	UM1 AM1	$\frac{\Sigma(A \cdot U)}{\Sigma A}$	0,94	0,82	0,73	0,66	0,57
	A espacio no habitable	UM2 AM2						
	Pte. Térmico-contorno hueco	UPF1 APF1						
	Pte. Térmico-pilar	UPF2 APF2						
	Pte. Térmico-capialzado	UPF3 APF3						

4.8 MATERIALES Y COSTES

A continuación se dan *costes* orientativos de la instalación (material + mano de obra) del aislamiento térmico de planchas de XPS. El precio final para el usuario o dueño del edificio incluirá normalmente, aparte del obvio IVA, los costes y beneficios de las propias empresas distribuidoras, constructoras e instaladoras implicadas en la ejecución de la obra. Las listas de precios de los fabricantes de aislamiento térmico suelen re-

ferirse a un *precio recomendado* para el usuario o dueño del edificio que promueve la reforma.

- De nuevo solamente se indica el precio del material de aislamiento térmico y el propio coste de su instalación, que implica un sistema de fijación con anclajes mecánicos y adhesivos tipo mortero-cola, pero no se incluye el coste del sistema de revestimiento exterior ni ninguno de sus elementos auxiliares ni armaduras:

Coste (€/m ²) instalado con XPS en espesor de:						
3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	8 cm	10 cm	
6,14	7,44	8,74	10,04	13,48	16,08	



Ejemplo de aplicación en fachada exterior

5

REHABILITACIÓN CON PLANCHA AISLANTE DE XPS DE FACHADA VENTILADA

5.1 DESCRIPCIÓN

En este capítulo se describe la forma de incorporar planchas de aislamiento térmico de poliestireno extruido (XPS) en obras de rehabilitación de fachadas y/o medianeras ventiladas.

5.2 TIPOS DE SOPORTE

Diversos tipos de fábricas, habitualmente de ladrillo o bloques de diversos tipos. Sobre el muro soporte así formado se procede a instalar el aislamiento de XPS y el sistema de anclaje y cuelgue que finalmente permitirá incorporar el acabado visto de la fachada.

5.3 VENTAJAS Y LIMITACIONES: DISCUSIÓN

En cualquiera de las disposiciones del aislamiento explicadas en este documento, tanto si van colocadas al exterior del soporte, como al interior, las planchas de XPS no deben quedar expuestas en la *aplicación final de uso*, es decir, en todos los casos, deberán disponerse tras un acabado visto dado por otros productos (en el caso de la fachada ventilada, el acabado final, hacia el exterior, y el muro soporte, por el interior).

NOTA IMPORTANTE: Se tendrá en cuenta la reglamentación técnica vigente, en concreto la relativa a seguridad en caso de incendio. Se puede destacar, en tal sentido, como posible limitación al sistema descrito, que el nuevo CTE-SI especifica,

en su Sección SI2 relativa a propagación exterior (punto 2.3), que *“la clase de reacción al fuego de los materiales que ocupen más del 10% de la superficie del acabado exterior de las fachadas o de las superficies interiores de las cámaras ventiladas que dichas fachadas puedan tener, será B-s3 d2 en aquellas fachadas cuyo arranque sea accesible al público, bien desde la rasante exterior o bien desde una cubierta, así como en toda fachada cuya altura exceda de 18 m”*. Como normalmente las planchas de XPS no alcanzan tal clasificación, ello significa que su uso estará circunscrito a edificios con fachadas de menos de 18 m de altura y sin acceso público.

Intervenir por el exterior del cerramiento soporte presenta las siguientes particularidades:

- En todos los casos, la obra de rehabilitación se ejecuta con la mínima **interferencia para los usuarios** del edificio.
- Instalado el aislamiento sobre las fachadas, no se reduce la superficie útil del edificio o vivienda o, si se instala en cubierta, no se reduce la altura libre de las estancias.
- Se corrigen con toda facilidad todos los **puentes térmicos**, de modo que se evitan las paredes “frías”, la falta de confort asociada a ellas y, sobre todo, el riesgo de formación de condensaciones superficiales e, incluso, moho. Esto es especialmente importante en el caso de fachadas, pues es donde se producen casi todos los puentes: encuentros con la estructura (pilares, vigas, frentes de forjado) y formación de

huecos (alféizares, mochetas, dinteles, capialzados).

- Notemos que al aislar por el exterior, el muro soporte que forma la fachada, o el soporte estructural (forjado) que forma la azotea o tejado, se encuentran relativamente calientes, pues están protegidos por el aislamiento y, por tanto, cualquier área donde, por el motivo que fuera, se interrumpa el aislamiento térmico, no cambia la circunstancia de que el soporte seguirá básicamente caliente, sobre todo, su superficie interior, que, por consiguiente, mostrará una temperatura superficial superior al punto de rocío del ambiente interior, en definitiva, suficiente para **evitar fenómenos de condensación**.
- **Se aprovecha toda la inercia térmica** del soporte (capacidad calorífica de los materiales de construcción). Tengamos en cuenta, por ejemplo, que un muro soporte de medio pie de ladrillo perforado pesa unos 180 kg/m², lo que equivale a tener una bañera de unos 36 litros de agua por m².
- Es **especialmente conveniente aislar por el exterior cuando la vivienda o edificio son de ocupación permanente**. De este modo, se cuenta con la inercia térmica para estabilizar del modo más efectivo las temperaturas y conseguir una reducción adicional en el consumo de combustible para la climatización (calefacción + refrigeración) del edificio o vivienda.
- Normalmente, al ejecutarse la intervención por el exterior, afectará a la totalidad del inmueble, no sólo a una vivienda o local en particular. Por consiguiente, se requerirá, previo a la intervención, el **acuerdo expreso de la comunidad de vecinos**.
- En el caso de edificios con un grado de protección como parte del **patrimonio histórico-artístico**, será muy difícil o incluso imposible practicar la intervención por el exterior, dada la alteración que supondría de las fachadas.
- En fachadas ventiladas es recomendable obtener el **asesoramiento de empresas fabricantes e instaladoras especializadas**,

de modo que se garantice la compatibilidad de todos los productos integrantes del sistema. A tal fin, algunos Institutos de Construcción proporcionan para tales sistemas constructivos los llamados *Documentos de Idoneidad Técnica (DIT)*. Últimamente, dado el marco legislativo armonizado europeo, se están empezando a emitir *Documentos de Idoneidad Técnica Europea (DITE)*.

5.4 PRODUCTOS RECOMENDADOS

Se ofrece, a continuación, una referencia de producto de XPS basada en la nomenclatura de la norma de producto UNE-EN 13164:

- Producto XPS con piel de extrusión. CS(10\Y)200. Dimensiones de la plancha: (2.600, 1.250) x 600 mm; junta machihembrada.

5.5 PROCESO DE INSTALACIÓN

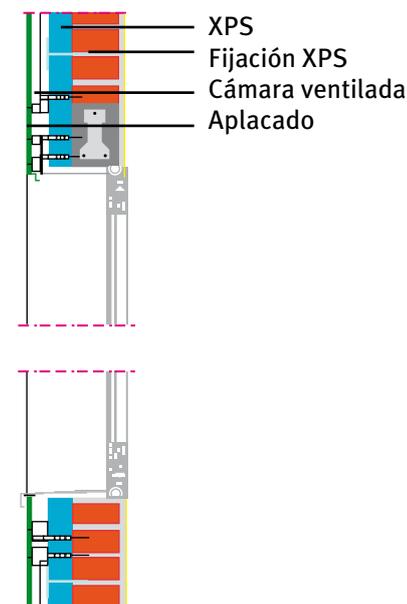
Consiste en la aplicación de las planchas de XPS, mediante fijaciones mecánicas, sobre la superficie exterior del muro soporte existente, para, a continuación, instalar el acabado formado por algún tipo de aplacado fijado sobre una estructura soporte que, a su vez, se fija, a través de la capa de aislamiento, al muro soporte. Entre el aplacado y la capa de aislamiento térmico se forma una cámara de aire de unos 2 cm de espesor, normalmente muy ventilada. Hay diversos sistemas disponibles en el mercado que suministran el conjunto de materiales y componentes necesarios para la puesta en obra, de modo que se asegure la compatibilidad entre todos ellos. Se recomienda acudir a las empresas suministradoras de dichos sistemas para la ejecución de este tipo de instalación. No obstante y referido a las planchas de XPS:

- Se recomienda prever 6 puntos de fijación (4 en esquinas, a unos 10-15 cm de ellas, y 2 en el centro de la plancha), si las planchas son de formato pequeño (1.250 mm de longitud) y 8 puntos de fijación (4 en esquinas y otros 4 distribuidos centradamente), si son de formato grande (2.600 mm de longitud).

- Las perforaciones a que se verán sometidas las planchas de XPS para alojar las fijaciones de la estructura secundaria que sostiene el aplacado visto, si bien son puentes térmicos, no suponen un riesgo inaceptable de condensación ya que la falta de continuidad del aislamiento se produce por el exterior del muro soporte y en una dimensión muy reducida. En cuanto a pérdidas de calor adicionales, dependerá del número de puentes y el área afectada, y puede haber casos en que no se precise ningún tratamiento de sellado en particular. Donde se viera necesario, siempre es factible rellenar las perforaciones practicadas con trozos de plancha o con aislamiento proyectado, por ejemplo.

5.6 DETALLES CONSTRUCTIVOS

- Fachada ventilada:



5.7 PRESTACIONES TÉRMICAS

Las prestaciones finales conseguidas en la rehabilitación térmica, aunque en una cuantía pequeña, dependen también de la mayor o menor prestación térmica del cerramiento original, antes de ser rehabilitado.

En este sentido se consideran, como situación inicial de partida, los siguientes tipos de cerramientos originales, que serán el soporte de la solución rehabilitada que se va a proponer:

- Cuatro situaciones, en función de dos criterios:
 - Muro con cámara ($R_c = 0,17 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$), o bien muro de una hoja, sin cámara.
 - Hoja principal del muro: media asta (o "pie"), o bien un asta (en los dos casos, de fábrica de ladrillo perforado).

Por otro lado, con el fin de simplificar cálculos pero, a la vez, mantener el resultado del lado de la seguridad, los valores U para las soluciones rehabilitadas térmicamente sólo tienen en cuenta la Resistencia Térmica, R, aportada por el aislamiento, sin incluir la R de cualquier otra capa que eventualmente se precisara en la rehabilitación (acabados y revestimientos, por ejemplo). Además, los espesores mostrados son los estándares de la industria fabricante de planchas de XPS, con incrementos cada centímetro, entre 3 y 6 cm de espesor, y cada dos centímetros a partir de un espesor de 6 (6-8-10-...).

Para FACHADAS se tienen los siguientes valores U de transmitancia térmica (en $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$):

Fachada de dos hojas con cámara ($R = 0,17 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$)

Tipo de fábrica exterior	Sin rehabilitar	Rehabilitada con XPS en espesor de:					
		3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	8 cm	10 cm
½ asta L.P.	1,561	0,748	0,616	0,524	0,456	0,362	0,307
1 asta L.P.	1,242	0,666	0,559	0,482	0,424	0,341	0,292

En este punto conviene recordar los valores *U límite* establecidos en el Código Técnico de la Edificación, Documento Básico HE-1. Para rehabilitaciones que afecten a más de 1.000 m² y un 25% como mínimo de los cerramientos, dichos valores son obligatorios. Para rehabilitaciones de inferior entidad parece oportuno tomarlos como referencia adecuada para las prestaciones térmicas del cerramiento rehabilitado. Hay que tener en cuenta que el valor *U límite* afecta al valor *U medio* de transmisión térmica del cerramiento dado. Es decir, hay que introducir, en la

media ponderada, los valores *U* de los diversos puentes térmicos, que no tienen por qué coincidir con el valor *U* del cerramiento-tipo. De hecho, normalmente serán valores mayores y, si no se aíslan convenientemente, habrá que compensar las mayores pérdidas energéticas a su través con un “plus” de aislamiento en el cerramiento-tipo, siempre que no aparezca ningún riesgo de condensaciones. Sin embargo, aislando la fachada por el exterior será poco probable que se produzca este efecto de los puentes térmicos, puesto que es más sencillo evitarlos.

Cerramientos opacos			U_{medio} (W/m ² K)	$U_{\text{límite}}$ (W/m ² K) Zona climática				
				A	B	C	D	E
Fachadas	Al exterior	UM1 AM1	$\frac{\sum(A \cdot U)}{\sum A}$	0,94	0,82	0,73	0,66	0,57
	A espacio no habitable	UM2 AM2						
	Pte. Térmico-contorno hueco	UPF1 APF1						
	Pte. Térmico-pilar	UPF2 APF2						
	Pte. Térmico-capialzado	UPF3 APF3						

5.8 MATERIALES Y COSTES

A continuación se dan *costes* orientativos de la instalación (material + mano de obra) del aislamiento térmico de planchas de XPS. El precio final para el usuario o dueño del edificio incluirá normalmente, aparte del obvio IVA, los costes y beneficios de las propias empresas distribuidoras, constructoras e instaladoras implicadas en

la ejecución de la obra. Las listas de precios de los fabricantes de aislamiento térmico suelen referirse a un *precio recomendado* para el usuario o dueño del edificio que promueve la reforma.

- En este caso se da una estimación de coste que incluye el material de aislamiento térmico y las fijaciones mecánicas necesarias:

Coste (€/m ²) instalado con XPS en espesor de:						
3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	8 cm	10 cm	
4,56	5,56	6,56	7,56	10,52	12,52	

6

REHABILITACIÓN DE FACHADA, MEDIANERA O TECHO AISLADOS POR EL INTERIOR CON PLANCHA AISLANTE DE XPS PARA REVESTIR CON YESO IN SITU

6.1 DESCRIPCIÓN

En este capítulo se describe la forma de incorporar planchas de aislamiento térmico de poliestireno extruido (XPS) en obras de rehabilitación de fachadas, medianeras o techos aislados por el interior con aislamiento de XPS revestido directamente con yeso in situ.

6.2 TIPOS DE SOPORTE

Diversos tipos de fábricas, habitualmente de ladrillo o bloques de diversos tipos. Sobre el muro soporte así formado se procede a trasdosar por el interior con el aislamiento de XPS, que posteriormente es revestido con yeso in situ para dar el acabado final visto.

6.3 VENTAJAS Y LIMITACIONES: DISCUSIÓN

En cualquiera de las disposiciones del aislamiento explicadas en este documento, tanto si van colocadas al exterior del soporte, como al interior, las planchas de XPS no deben quedar expuestas en la *aplicación final de uso*, es decir, en todos los casos, deberán disponerse tras un acabado visto dado por otros productos (en este caso: enlucidos, yeso in situ).

Intervenir por el interior del cerramiento soporte presenta las siguientes particularidades:

- En todos los casos, la obra de rehabilitación se ejecuta con **máxima interferencia para los usuarios** del edificio. De hecho,

en la mayoría de casos, obligará a desalojar la vivienda o edificio, ya que resulta muy difícil planificar la obra manteniendo a la vez el uso del edificio o vivienda.

- En el caso de vivienda, puede ser factible en soluciones más sencillas y de poca cuantía, que el propio usuario de la vivienda acometa como bricolaje la ejecución de la reforma.
- Instalado el aislamiento sobre las fachadas, **puede que se reduzca la superficie útil** del edificio o vivienda. Dependerá de que en la rehabilitación se aproveche para demoler el tabique interior del muro, que cobija la cámara de aire (espesor total del conjunto {tabique + cámara} = unos 8-10 cm), siendo sustituido por un aislamiento de XPS con incorporación directa del acabado interior (espesor total = unos 5-7 cm < 8-10cm). Igualmente, si se instala en el techo, puede que se reduzca la altura libre de las estancias, a no ser que hubiera originalmente un falso techo que se pueda desmontar y aprovechar la cámara existente para incorporar, sin merma de altura libre, el aislamiento de XPS con su acabado visto.
- Se vuelve muy delicada la corrección de los **puentes térmicos**, debido al elevado riesgo de formación de condensaciones superficiales. Notemos que, al aislar por el interior, el muro de la fachada, o el forjado de la azotea o tejado, se encuentran relativamente fríos y, por tanto, cualquier área donde se interrumpa el aislamiento térmico, estará fría, por debajo del punto de rocío del ambiente interior y, en definitiva,

con muchas probabilidades de formación de condensaciones y moho. De todos modos, será relativamente sencillo aislar los llamados puentes térmicos “integrados” en la fachada, es decir, pilares, capialzados y formación de huecos. Sin embargo, será prácticamente imposible la resolución de los puentes térmicos lineales o de contorno, procedentes de la intersección de las fachadas con forjados y particiones interiores, como los frentes de forjado, por ejemplo.

- **No se aprovecha nada la inercia térmica** del soporte (capacidad calorífica de los materiales de construcción), sólo la poca inercia proporcionada por el acabado interior.
- Es especialmente conveniente aislar por el interior cuando la **vivienda o edificio no son de ocupación permanente**. Es el caso típico de una vivienda de fin de semana: al aislar por el interior se consigue calentar la vivienda con la mayor efectividad y rapidez, ya que el sistema de climatización acondicionará sólo el volumen de aire de la casa, los muebles y los acabados interiores. En definitiva, una masa y una capacidad caloríficas bajas, con lo que será fácil de calentar. Con el aislamiento por el exterior, sin embargo, la casa tardaría bastante más en alcanzar la temperatura deseada, ya que la calefacción debería calentar una masa mucho mayor. Por el contrario, una vez alcanzada la temperatura, la casa aislada por el exterior también tardará más en enfriarse en invierno o, en verano –punto muy importante de cara al acondicionamiento estival–, calentarse.
- Al ejecutarse la intervención por el interior, puede limitarse a una parte del inmueble intervenido, por ejemplo a una sola vivienda o local en particular. Por consiguiente, se trata de una obra menor y, en principio, no se requerirá, previo a la intervención, el **acuerdo expreso de la comunidad de vecinos**.
- En el caso de edificios con un grado de protección como parte del **patrimonio histórico-artístico**, intervenir por el interior será la única opción para ejecutar la obra de rehabilitación, ya que no se podrá ha-

cer por el exterior, dada la alteración que supondría de las fachadas.

6.4 PRODUCTOS RECOMENDADOS

Se ofrece, a continuación, una referencia de producto de XPS basada en la nomenclatura de la norma de producto UNE-EN 13164:

- Producto XPS sin piel de extrusión, para permitir el agarre del yeso. CS(10\Y)200. Dimensiones de la plancha: 1.250 mm x 600 mm; junta recta.

6.5 PROCESO DE INSTALACIÓN

- Primero se pegarán las planchas de XPS al soporte. El adhesivo, habitualmente tipo cemento-cola, puede aplicarse sobre las planchas, según la naturaleza y estado del soporte, en bandas verticales de 5-10 cm de ancho, a razón de 5 por plancha de 1,25 m, por puntos separados (pelladas) entre sí un máximo de 30 cm, o directamente, si el soporte presenta una buena planeidad, en toda la superficie de la plancha mediante la aplicación del adhesivo con llana dentada.

NOTA: se consultará al fabricante del adhesivo que el mismo no contenga disolventes y sea compatible con el poliestireno.

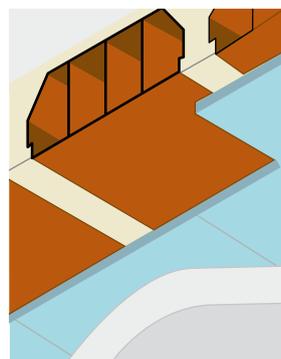
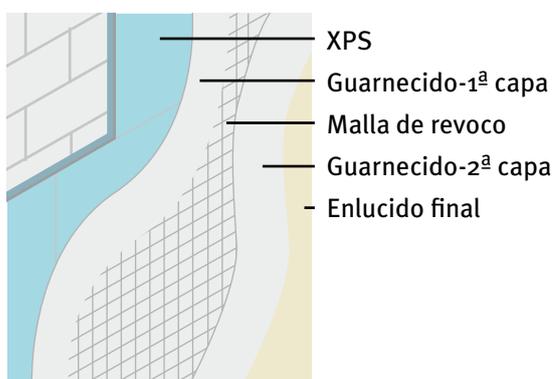
- Cuando se opte, como complemento del adhesivo, por el uso de fijaciones mecánicas, se colocan en cada plancha cinco anclajes (tipo taco o espiga plástica), en las esquinas (a unos 10-15 cm) y en el centro.
- Las planchas de XPS se aplican sobre el muro soporte de abajo hacia arriba, con las juntas verticales a tresbolillo, a partir de una regla nivelada, adaptada al espesor de las planchas y situada en la parte inferior.
- Las planchas de XPS son presionadas contra el soporte a base de pequeños golpes con ayuda de la llana o el fratás, controlando la planimetría de la superficie con una regla de nivel. Debe evitarse el relleno de las juntas a tope con el adhesivo.

- Los cortes y ajustes de las planchas sobre ángulos y aberturas se pueden practicar con sierra o *cutter*.
- En las uniones con carpinterías y otros encuentros es conveniente dejar las planchas de XPS separadas alrededor de 1 cm, interponiendo una banda de espuma flexible de plástico.
- En general, a las 24 horas del recibido de las planchas sobre el muro puede procederse al revestimiento de las mismas con yeso. Se procede entonces a la preparación habitual del guarnecido de yeso

negro (Y-12), extendiendo una primera capa de unos milímetros de espesor para recibido de la malla de revoco, llevándose a cabo inmediatamente el recubrimiento de la misma hasta alcanzar un espesor mínimo de 15 mm. De este modo se podrá dar luego el enlucido de yeso blanco (Y-25).

- Las bandas de la malla de revoco deben solaparse 100 mm. En las esquinas de ventanas o puertas se recomienda reforzar aquellas con bandas de malla de 100 x 200 mm cruzadas en diagonal.

6.6 DETALLES CONSTRUCTIVOS



6.7 PRESTACIONES TÉRMICAS

Las prestaciones finales conseguidas en la rehabilitación térmica, aunque en una cuantía pequeña, dependen también de la mayor o menor prestación térmica del cerramiento original, antes de ser rehabilitado.

En este sentido se consideran, como situación inicial de partida, los siguientes tipos de cerramientos originales, que serán el soporte de la solución rehabilitada que se va a proponer:

- En **fachada**. Cuatro situaciones, en función de dos criterios:
 - Muro con cámara ($R_c = 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$), o bien muro de una hoja, sin cámara.
 - Hoja principal del muro: media asta (o “pie”), o bien un asta (en los dos casos, de fábrica de ladrillo perforado).

Para FACHADAS se tienen los siguientes valores U de transmitancia térmica (en $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$):

Fachada de dos hojas con cámara ($R= 0,17 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$)

Tipo de fábrica exterior	Sin rehabilitar	Rehabilitada con XPS en espesor de:					
		3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	8 cm	10 cm
½ asta L.P.	1.561	0,748	0,616	0,524	0,456	0,362	0,307
1 asta L.P.	1.242	0,666	0,559	0,482	0,424	0,341	0,292

Fachada de una sola hoja

Tipo de fábrica exterior	Sin rehabilitar	Rehabilitada con XPS en espesor de:					
		3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	8 cm	10 cm
½ asta L.P.	2.693	0,809	0,657	0,553	0,478	0,375	0,317
1 asta L.P.	1.866	0,714	0,593	0,507	0,443	0,354	0,301

Para MEDIANERAS se tienen los siguientes valores U de transmitancia térmica (en W/m²K):

Doble hoja y cámara intermedia (R= 0,14 m²K/W)

Tipo de fábrica	Sin rehabilitar	Rehabilitada con XPS en espesor de:					
		3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	8 cm	10 cm
Hueco doble	1.153	0,631	0,535	0,464	0,410	0,332	0,285
Hueco triple	1.010	0,586	0,502	0,439	0,390	0,319	0,276

Hoja sencilla

Tipo de fábrica	Sin rehabilitar	Rehabilitada con XPS en espesor de:					
		3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	8 cm	10 cm
Hueco doble	1.839	0,714	0,593	0,507	0,443	0,353	0,301
Hueco triple	1.653	0,684	0,572	0,492	0,431	0,346	0,296

En este punto conviene recordar los valores U *límites* establecidos en el Código Técnico de la Edificación, Documento Básico HE-1. Para rehabilitaciones que afecten a más de 1.000 m² y un 25% como mínimo de los cerramientos, dichos valores son obligatorios.

Para rehabilitaciones de inferior entidad parece oportuno tomarlos como referencia adecuada para las prestaciones térmicas del cerramiento rehabilitado. Hay que tener en cuenta que el valor U *límite* afecta al valor U *medio* de transmisión térmica del cerramiento dado. Es decir,

hay que introducir, en la media ponderada, los valores U de los diversos puentes térmicos, que no tienen por qué coincidir con el valor U del cerramiento-tipo. De hecho, normalmente serán valores mayores y, si no se aíslan convenientemente, habrá que compensar las mayores pérdidas energéticas a su través con un “plus” de aislamiento en el cerramiento-tipo, siempre que no aparezca ningún riesgo de condensaciones. Esto afecta especialmente a las fachadas aisladas por el interior, como es el caso que nos ocupa en este capítulo

Cerramientos opacos			U_{medio} (W/m ² K)	$U_{\text{límite}}$ (W/m ² K) Zona climática				
				A	B	C	D	E
Cubiertas	Al exterior	UC ₁ AC ₁	$\frac{\Sigma(A \cdot U)}{\Sigma A}$	0,50	0,45	0,41	0,38	0,35
	A espacio no habitable	UC ₂ AC ₂						
	Pte. Térmico-lucernario	UPC APC						
	Lucernario	UL AL						
Fachadas	Al exterior	UM ₁ AM ₁	$\frac{\Sigma A \cdot U}{\Sigma A}$	0,94	0,82	0,73	0,66	0,57
	A espacio no habitable	UM ₂ AM ₂						
	Pte. Térmico contorno hueco	UPF ₁ APF ₁						
	Pte. Térmico pilar	UPF ₂ APF ₂						
	Pte. Térmico capialzado	UPF ₃ APF ₃						

6.8 MATERIALES Y COSTES

A continuación se dan costes orientativos de la instalación (material + mano de obra) del aislamiento térmico de planchas de XPS. El *precio* final para el usuario o dueño del edificio incluirá normalmente, aparte del obvio IVA, los costes y beneficios de las propias empresas distribuidoras, constructoras e instaladoras implicadas en la ejecución de la obra. Las listas de precios de los fabricantes de aislamiento térmico sue-

len referirse a un *precio recomendado* para el usuario o dueño del edificio que promueve la reforma.

- De nuevo solamente se indica el precio del material de aislamiento térmico y el propio coste de su instalación, que implica un sistema de fijación con anclajes mecánicos y adhesivos tipo mortero-cola, pero no se incluye el coste del guarnecido y enlucido de yeso, con sus mallas de revoco:

Coste (€/m ²) instalado con XPS en espesor de:					
3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	8 cm	10 cm
6,02	7,32	8,62	9,92	13,24	15,84

7

REHABILITACIÓN DE FACHADA, MEDIANERA O TECHO AISLADOS POR EL INTERIOR CON PLANCHA AISLANTE DE XPS PARA REVESTIR CON YESO LAMINADO

7.1 DESCRIPCIÓN

En este capítulo se describe la forma de incorporar planchas de aislamiento térmico de poliestireno extruido (XPS) en obras de rehabilitación de fachadas, medianeras o techos aislados por el interior con aislamiento de XPS revestido con placa de yeso laminar.

7.2 TIPOS DE SOPORTE

Diversos tipos de fábricas, habitualmente de ladrillo o bloques de diversos tipos. Sobre el muro soporte así formado se procede a instalar el aislamiento de XPS que posteriormente es revestido con placas de yeso laminar sobre las que dar el acabado final.

7.3 VENTAJAS Y LIMITACIONES: DISCUSIÓN

En cualquiera de las disposiciones del aislamiento explicadas en este documento, tanto si van colocadas al exterior del soporte, como al interior, las planchas de XPS no deben quedar expuestas en la *aplicación final* de uso, es decir, en todos los casos, deberán disponerse tras un acabado visto dado por otros productos (en este caso, las placas de yeso laminar).

Intervenir por el interior del cerramiento soporte presenta las mismas particularidades vistas en el capítulo 6 y, por consiguiente, se remite al lector a dicho capítulo.

7.4 PRODUCTOS RECOMENDADOS

Se ofrecen, a continuación, referencias de productos de XPS basadas en la nomenclatura de la norma de producto UNE-EN 13164:

- Producto XPS sin piel de extrusión, para permitir el pegado de la placa. CS(10\Y)250. Dimensiones de la plancha: 2.500 mm x 600 mm; junta recta.

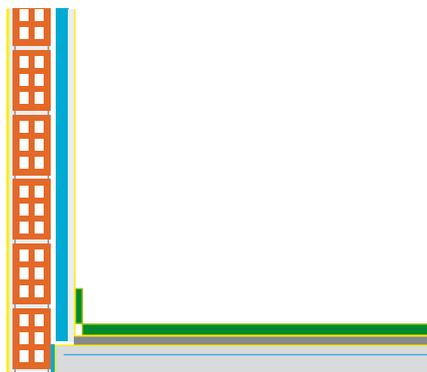
7.5 PROCESO DE INSTALACIÓN

- Para el encolado de los laminados de yeso al XPS se usan colas vinílicas, acrílicas, vinílico-acrílicas, poliuretano de 1 ó 2 componentes, o adhesivos de contacto sin disolventes, compatibles con el poliestireno.
- Entonces, el panel formado, de placa de yeso laminado y XPS, se pegará al soporte mediante adhesivos tipo cemento-cola, que puede aplicarse sobre las planchas, según la naturaleza y estado del soporte, en bandas verticales de 5-10 cm de ancho, a razón de 5 por plancha de 1,25 m, por puntos separados (pelladas) entre sí un máximo de 30 cm, o directamente, si el soporte presenta una buena planeidad, en toda la superficie de la plancha mediante la aplicación del adhesivo con llana dentada.
- Para la colocación del panel de XPS con yeso laminado se seguirá el proceso habitual con las placas de yeso laminado o

cartón-yeso. Así, para el replanteo conviene marcar una línea en el suelo que defina el paramento terminado (pellada más espesor de panel), y otra línea de pañeado (pellada más espesor de panel más ancho de la regla de pañear). Entonces se hará de modo que los paneles queden a tope con el techo y separados unos 15 mm del suelo. Cuando los paneles no alcancen la altura total, se alternarán las juntas a tresbolillo.

- Una vez que haya sido presentado el panel, se calzará para que no descienda, y se pañeará con la regla hasta llevarlo a su posición correcta.
- Para dejar los paneles listos para la aplicación del acabado, sólo quedará realizar el tratamiento de juntas, esquinas y rincones. El tratamiento es el habitual con las placas de yeso laminado: plastecido con pasta de juntas, colocación de cintas o vendas de juntas, capas de terminación. En caso de que se hayan empleado fijaciones mecánicas en la instalación de los paneles deberán plastecerse las cabezas de los tornillos.
- Cuando se vaya a pintar la superficie, se preparará el paramento mediante una imprimación de tipo vinílico o sintético, para igualar la absorción de todas las zonas. Si el paramento va alicatado, se sellarán con silicona todas las salidas de tubos, y los azulejos se colocarán con cemento-cola.

7.6 DETALLES CONSTRUCTIVOS



7.7 PRESTACIONES TÉRMICAS

Las prestaciones finales conseguidas en la rehabilitación térmica, aunque en una cuantía pequeña, dependen también de la mayor o menor prestación térmica del cerramiento original, antes de ser rehabilitado.

En este sentido se consideran, como situación inicial de partida, los siguientes tipos de cerramientos originales, que serán el soporte de la solución rehabilitada que se va a proponer:

- Cuatro situaciones, en función de dos criterios:
 - Muro con cámara ($R_c = 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$), o bien muro de una hoja, sin cámara.
 - Hoja principal del muro: media asta (o “pie”), o bien un asta (en los dos casos, de fábrica de ladrillo perforado).

Para FACHADAS se tienen los siguientes valores U de transmitancia térmica (en $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$):

Fachada de dos hojas con cámara ($R = 0,17 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$)

Tipo de fábrica exterior	Sin rehabilitar	Rehabilitada con XPS en espesor de:					
		3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	8 cm	10 cm
½ asta L.P.	1,561	0,748	0,616	0,524	0,456	0,362	0,307
1 asta L.P.	1.242	0,666	0,559	0,482	0,424	0,341	0,292

Fachada de una sola hoja

Tipo de fábrica	Sin rehabilitar	Rehabilitada con XPS en espesor de:					
		3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	8 cm	10 cm
½ asta L.P.	2.693	0,809	0,657	0,553	0,478	0,375	0,317
1 asta L.P.	1.866	0,714	0,593	0,507	0,443	0,354	0,301

Para MEDIANERAS se tienen los siguientes valores U de transmitancia térmica (en W/m²K):

Doble hoja y cámara intermedia (R= 0,14 m²K/W)

Tipo de fábrica	Sin rehabilitar	Rehabilitada con XPS en espesor de:					
		3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	8 cm	10 cm
Hueco doble	1.153	0,631	0,535	0,464	0,410	0,332	0,285
Hueco triple	1.010	0,586	0,502	0,439	0,390	0,319	0,276

Hoja sencilla

Tipo de fábrica	Sin rehabilitar	Rehabilitada con XPS en espesor de:					
		3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	8 cm	10 cm
Hueco doble	1.839	0,714	0,593	0,507	0,443	0,353	0,301
Hueco triple	1.653	0,684	0,572	0,492	0,431	0,346	0,296

En este punto conviene recordar los valores U *límites* establecidos en el Código Técnico de la Edificación, Documento Básico HE-1. Para rehabilitaciones que afecten a más de 1.000 m² y un 25% como mínimo de los cerramientos, dichos valores son obligatorios.

Para rehabilitaciones de inferior entidad parece oportuno tomarlos como referencia adecuada para las prestaciones térmicas del cerramiento rehabilitado. Hay que tener en cuenta que el valor U *límite* afecta al valor U *medio* de transmisión térmica del cerramiento dado. Es decir,

hay que introducir, en la media ponderada, los valores U de los diversos puentes térmicos, que no tienen por qué coincidir con el valor U del cerramiento-tipo. De hecho, normalmente serán valores mayores y, si no se aíslan convenientemente, habrá que compensar las mayores pérdidas energéticas a su través con un “plus” de aislamiento en el cerramiento-tipo, siempre que no aparezca ningún riesgo de condensaciones. Esto afecta especialmente a las fachadas aisladas por el interior, como es el caso que nos ocupa en este capítulo.

Cerramientos opacos			U_{medio} (W/m ² K)	$U_{\text{límite}}$ (W/m ² K) Zona climática				
				A	B	C	D	E
Cubiertas	Al exterior	UC1 AC1	$\frac{\sum (A \cdot U)}{\sum A}$	0,50	0,45	0,41	0,38	0,35
	A espacio no habitable	UC2 AC2						
	Pte. Térmico lucernario	UPC APC						
	Lucernario	UL AL						
Fachadas	Al exterior	UM1 AM1	$\frac{\sum (A \cdot U)}{\sum A}$	0,94	0,82	0,73	0,66	0,57
	A espacio no habitable	UM2 AM2						
	Pte. Térmico contorno hueco	UPF1 APF1						
	Pte. Térmico pilar	UPF2 APF2						
	Pte. Térmico capialzado	UPF3 APF3						

7.8 MATERIALES Y COSTES

A continuación se dan costes orientativos de la instalación (material + mano de obra) del aislamiento térmico de planchas de XPS. El *precio* final para el usuario o dueño del edificio incluirá normalmente, aparte del obvio IVA, los costes y beneficios de las propias empresas distribuidoras, constructoras e instaladoras implicadas en la ejecución de la obra. Las listas de precios de los fabricantes de aislamiento térmico suelen re-

ferirse a un *precio recomendado* para el usuario o dueño del edificio que promueve la reforma.

- Igualmente, puesto que no hay fabricantes de plancha de XPS que la proporcionen con la placa de yeso laminar incorporada en fábrica, se dan a continuación costes solamente para la plancha de XPS que no incluyen el coste de la instalación de la placa de yeso.

Coste (€/m ²) instalado con XPS en espesor de:					
3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	8 cm	10 cm
6,02	7,32	8,62	9,92	13,24	15,84

8

REHABILITACIÓN DE SUELO O PAVIMENTO DOMÉSTICO CON PLANCHA AISLANTE DE XPS

8.1 DESCRIPCIÓN

En este capítulo se describe la forma de incorporar planchas de aislamiento térmico de poliestireno extruido (XPS) en obras de rehabilitación de suelos o pavimentos domésticos.

8.2 TIPOS DE SOPORTE

Forjados de hormigón o soleras.

8.3 VENTAJAS Y LIMITACIONES: DISCUSIÓN

En cualquiera de las disposiciones del aislamiento explicadas en este documento, tanto si van colocadas al exterior del soporte, como al interior, las planchas de XPS no deben quedar expuestas en la *aplicación final de uso*, es decir, en todos los casos, deberán disponerse tras un acabado visto dado por otros productos (en este caso: el pavimento).

8.4 PRODUCTOS RECOMENDADOS

Se ofrecen, a continuación, referencias de productos de XPS basadas en la nomenclatura de la norma de producto UNE-EN 13164:

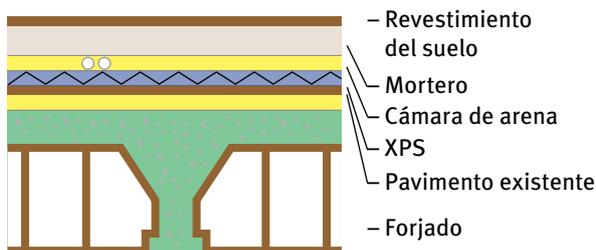
- Producto XPS con piel de extrusión. CS(10\Y)200. Dimensiones de la plancha: 1.200 mm x 600 mm; junta recta.

8.5 PROCESO DE INSTALACIÓN

Si es aceptable una reducción en altura libre de la vivienda, la solución más fácil para aislar un suelo o pavimento doméstico es aprovechar el suelo existente como soporte de las planchas de XPS, las cuales a su vez servirán de soporte al nuevo pavimento. El procedimiento es el siguiente:

- Las planchas de XPS se colocan apoyadas directamente sobre el pavimento existente, sin necesidad de fijación alguna, a tope unas contra otras y a matajuntas. Si el pavimento original mantiene unas adecuadas nivelación y regularidad se puede tender una cama de arena de unos 20-30 mm de espesor sobre las planchas de XPS que absorba las posibles canalizaciones horizontales (un suelo calefactado, por ejemplo).
- En el caso de uso doméstico, el pavimento puede ir tomado directamente con mortero en un espesor mínimo de 40 mm o, si se trata de pavimentos ligeros o encolados, se recomienda entonces una capa de 30 mm armada como mínimo con un mallazo de 220 g/m².

8.6 DETALLES CONSTRUCTIVOS



8.7 PRESTACIONES TÉRMICAS

Las prestaciones finales conseguidas en la rehabilitación térmica, aunque en una cuantía pequeña, dependen también de la mayor o menor prestación térmica del cerramiento original, antes de ser rehabilitado.

En este sentido se consideran, como situación inicial de partida, los siguientes tipos de cerramientos originales, que serán el soporte de la solución rehabilitada que se va a proponer:

- Dos situaciones, en función de que el forjado tenga una resistencia baja o alta (si fuera una solera la resistencia térmica de partida sería aún más baja, como mucho alrededor de $0,10 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$):
 - Forjado con resistencia térmica baja, $R= 0,23 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ (puede ser un valor aceptable para forjado 20+5 con bovedilla de hormigón), o bien forjado con resistencia

térmica alta, $R= 0,30 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ (puede ser un valor aceptable para forjado 20+5 con bovedilla cerámica).

Por otro lado, con el fin de simplificar cálculos pero, a la vez, mantener el resultado del lado de la seguridad, los valores U para las soluciones rehabilitadas térmicamente sólo tienen en cuenta la Resistencia Térmica, R, aportada por el aislamiento, sin incluir la R de cualquier otra capa que eventualmente se precisara en la rehabilitación (acabados y revestimientos, por ejemplo). Además, los espesores mostrados son los estándares de la industria fabricante de planchas de XPS, con incrementos cada centímetro, entre 3 y 6 cm de espesor, y cada dos centímetros a partir de un espesor de 6 (6-8-10-...).

Para SUELOS se tienen los siguientes valores U de transmitancia térmica (en $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$):

R del forjado ($\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$)	Sin rehabilitar	Rehabilitada con XPS en espesor de:					
		3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	8 cm	10 cm
0,23	1.821	0,711	0,591	0,506	0,442	0,353	0,301
0,30	1.615	0,677	0,568	0,488	0,429	0,344	0,288

En este punto conviene recordar los valores U *límites* establecidos en el Código Técnico de la Edificación, Documento Básico HE-1. Para rehabilitaciones que afecten a más de 1.000 m^2 y un 25% como mínimo de los cerramientos, dichos valores son obligatorios. Para rehabilitaciones de inferior entidad parece oportuno tomarlos como referencia adecuada para las prestaciones térmicas del cerramiento rehabilitado. Hay que tener en cuenta que el valor U *límite* afecta al valor U *medio* de transmisión térmica del cerramiento dado. Es

decir, hay que introducir, en la media ponderada, los valores U de los diversos puentes térmicos, que no tienen por qué coincidir con el valor U del cerramiento-tipo. De hecho, normalmente serán valores mayores y, si no se aíslan convenientemente, habrá que compensar las mayores pérdidas energéticas a su través con un “plus” de aislamiento en el cerramiento-tipo, siempre que no aparezca ningún riesgo de condensaciones. Sin embargo, será muy poco probable la presencia de puentes térmicos en suelos.

Cerramientos opacos			U_{medio} (W/m ² K)	$U_{\text{límite}}$ (W/m ² K) Zona climática				
				A	B	C	D	E
Suelos	Soleras	US ₁ AS ₁	$\frac{\Sigma(A \cdot U)}{\Sigma A}$	0,53	0,52	0,50	0,49	0,48
	A espacio no habitable	US ₂ AS ₂						
	Al exterior	US ₃ AS ₃						
Cerra- mientos en contacto con terreno	Muros de sótano	UT ₁ AT ₁	$\frac{\Sigma(A \cdot U)}{\Sigma A}$	0,94	0,82	0,73	0,66	0,57

8.8 MATERIALES Y COSTES

A continuación se dan costes orientativos de la instalación (material + mano de obra) del aislamiento térmico de planchas de XPS. El precio final para el usuario o dueño del edificio incluirá normalmente, aparte del obvio IVA, los costes y beneficios de las propias empresas distribuidoras, constructoras e instaladoras implicadas en

la ejecución de la obra. Las listas de precios de los fabricantes de aislamiento térmico suelen referirse a un precio recomendado para el usuario o dueño del edificio que promueve la reforma.

- Coste referido sólo a la colocación del material de aislamiento térmico; es decir, sin incluir la ejecución del pavimento nuevo:

Coste (€/m ²) instalado con XPS en espesor de:					
3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	8 cm	10 cm
3,25	4,25	5,25	6,25	8,25	10,25

9

APLICACIÓN PRÁCTICA

A continuación se plantea el caso de la rehabilitación térmica de un bloque de viviendas (fig.1) entre medianeras (tomado como ejemplo en el documento E4, “Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012”).

Se detallarán, mediante un programa de evaluación de demanda energética, las necesidades energéticas totales (calefacción invernal+refrigeración estival), expresadas como kW·h/m² de superficie útil y año, en las diversas zonas climatológicas definidas en CTE HE1. Asimismo, se incluirá una estimación de las emisiones asociadas de CO₂.

A la hora de rehabilitar, se ha dimensionado, para cada zona climática, el aislamiento térmico de planchas de XPS de forma que se satisfagan los valores U límites definidos en la tabla 2.2 de CTE HE1 (según se explica en el capítulo 8 de este documento).

Se han considerado las siguientes soluciones constructivas:

- **Azotea.** *Solución constructiva preexistente: cubierta convencional acabada en lámina autoprottegida (forjado con $R=0.23 \text{ m}^2\text{K/W}$). Solución rehabilitada: cubierta invertida no transitable con planchas de XPS.*
- **Fachadas.** *Solución constructiva preexistente: muro de hoja sencilla (sin cámara) de 1 asta de ladrillo perforado. Solución rehabilitada: sistema de aislamiento por el exterior con planchas de XPS.*
- **Medianeras.** *Solución constructiva preexistente: muro de hoja sencilla (sin cámara) de ladrillo de hueco triple. Solución rehabilitada: trasdosado con placa de cartón-yeso y aislamiento de XPS.*

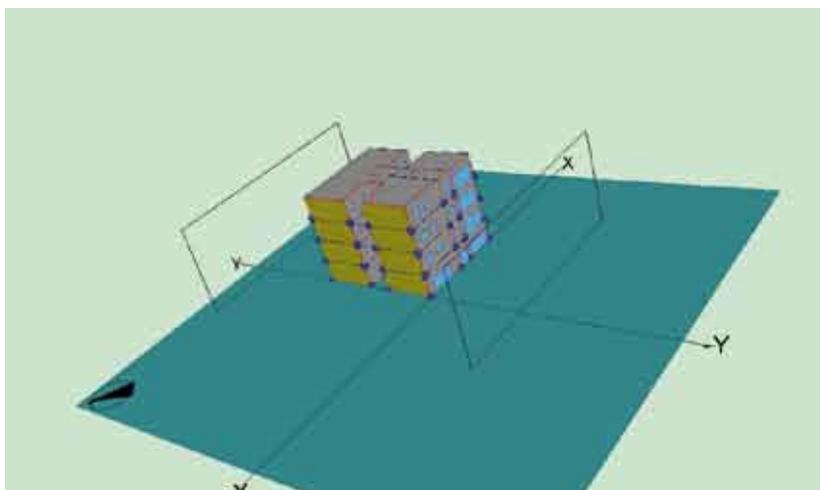


Figura 1

- **Suelo.** *Solución constructiva preexistente: forjado sobre soportal con $R = 0,23 \text{ m}^2\text{K/W}$. Solución rehabilitada: con planchas de XPS sobre pavimento original y nuevo pavimento de plaqueta cerámica sobre las planchas aislantes.*

Para los valores U el resumen de resultados es el siguiente:

Valores $U_m^{(4)}$ ($\text{W/m}^2\text{K}$)		Zonas climáticas ⁽³⁾				
		A	B	C	D	E
Cubierta	Preexistente			1,467		
	Rehabilitada	0,474	0,417		0,337	
Fachadas	Preexistentes			1,866		
	Rehabilitadas		0,714		0,593	0,507
Medianeras	Preexistentes			1,653		
	Rehabilitadas			0,684		
Suelo	Preexistente			1,821		
	Rehabilitado		0,506		0,442	

NOTA: Se ha considerado que el edificio preexistente disponía de carpinterías metálicas sin rotura de puente térmico y acristalamiento sencillo; en la rehabilitación térmica, para satisfacer los requisitos de CTE HE1, se ha supuesto que el edificio dispone de carpintería de madera con doble acristalamiento 4/6/4.

Para la demanda energética y las emisiones de CO₂, el resumen de resultados es el siguiente:

		Zonas climáticas ⁽³⁾				
		A	B	C	D	E
Demanda energética [kWh/m ² y año]	Preexistente	67,630	84,580	96,989	137,041	182,992
	Rehabilitado	42,766	46,319	44,105	63,623	79,741
Emisiones anuales de CO ₂ ⁽²⁾ [kg]	Preexistente	11394,3	14250,0	16340,7	23088,7	30830,5
	Rehabilitado	7205,2	7803,8	7430,8	10719,2	13434,8

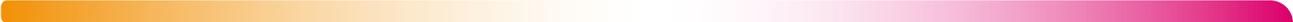
(1) Se supone que el valor U determinado en el punto 7, sobre *prestaciones térmicas*, coincide con el valor U_m . Esto vale por decir que los puentes térmicos *integrados* en la fachada (pilares y formación de huecos) están todos aislados (lo que es de prever ocurra fácilmente, ya que se parte de que las fachadas han sido aisladas por el exterior). En tal caso, los valores U_m de los cerramientos rehabilitados se han elegido de modo que satisfacen los requisitos dados en los valores U límites del CTE HE1 (tabla 2.2).

(2) Para el edificio en su conjunto, se ha considerado una superficie útil total de 468 m² (tres plantas de unos 156 m²). Además, se parte de un mix de energía para la climatización del edificio basado en un 85% en gas natural y un 15% en electricidad, lo que proporciona un factor de conversión medio de aproximadamente 300 gramos de CO₂ por kWh de energía consumida. Se ha supuesto un rendimiento medio del 80% en los equipos de climatización (es decir, el consumo sería igual a la demanda multiplicada por 1,20).

(3) En concreto, se han tomado las siguientes localidades de referencia para cada zona climática:
Zona A: Málaga; Zona B: Sevilla; Zona C: Barcelona; Zona D: Madrid; Zona E: León.

Títulos publicados de la serie

“Guías Técnicas para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios”



Guía nº 1

Soluciones de Aislamiento con
Poliestireno Expandido (EPS)

Guía nº 2

Soluciones de Aislamiento con
Poliestireno Extruido (XPS)

IDA Instituto para la
Diversificación y
Ahorro de la Energía

c/ Madera, 8 - 28004 Madrid
Tel.: 91 456 49 00. Fax: 91 523 04 14
comunicacion@idae.es
www.idae.es



P.V.P.: 20 € (IVA incluido)