


GUÍA TÉCNICA PARA LA REHABILITACIÓN DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA DE LOS EDIFICIOS

**SOLUCIONES DE AISLAMIENTO CON
POLIESTIRENO EXTRUIDO - XPS**

Actualización al CTE HE-2019



GUÍA TÉCNICA PARA LA REHABILITACIÓN DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA DE LOS EDIFICIOS
Primera edición: febrero 2023

© AIPEX · aipex.es

Diseño y maquetación: Signo Comunicación Consultores · signocomunicacion.es

Todos los derechos reservados. Esta publicación no puede ser reproducida, ni en su totalidad ni en parte, ni registrada en o transmitida por, un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea mecánico, fotoquímico, electrónico, electro-óptico, por fotocopia, por grabación audio, o cualquier otro método sin el permiso previo y por escrito de los titulares del copyright.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. Introducción	7
2. Objetivo y contenido de la guía	10
BLOQUE 1. POLIESTIRENO EXTRUIDO - XPS	11
B1.1. Propiedades del poliestireno extruido XPS	13
B1.1.1 Propiedades físicas. Para todas las aplicaciones	14
B1.1.2 Propiedades físicas. Para aplicaciones específicas	17
B1.1.3 Propiedades químicas.	22
B1.1.4 Impactos. Análisis de Ciclo de Vida - ACV	23
B1.2. Aplicaciones del poliestireno extruido XPS en edificación	25
BLOQUE 2. SOLUCIONES PARA LA REHABILITACIÓN TÉRMICA	27
B2.1. Tipos de fachadas, cubiertas, suelos y particiones interiores	29
B2.2. Soluciones constructivas y zonas climáticas	30
B2.3. Criterios de calidad y diseño	31
B2.4. Descripción de las soluciones constructivas	32
Solución 1. F1. Fachadas. Rehabilitación térmica por el exterior. Sistema SATE.	35
Solución 2. F.2 Fachadas. Rehabilitación térmica por el interior. Para revestir con enlucido de yeso o con placa de yeso laminado	38
Solución 3. C.1. Cubiertas planas. Rehabilitación térmica por el exterior. Cubiertas invertidas no transitables.....	42
Solución 4. C2. Cubiertas planas. Rehabilitación térmica por el exterior. Cubiertas invertidas transitables.	45
Solución 5. C3. Cubiertas inclinadas. Rehabilitación térmica por el exterior. Bajo teja.	47
Solución 6. S1. Suelos exteriores o con espacios no habitables. Rehabilitación térmica por el interior	49
Solución 7. P.1 Particiones interiores horizontales (techo bajo cubierta) en contacto con espacios no habitables. Rehabilitación térmica por el interior. Para revestir con placa de yeso laminado.....	50
BLOQUE 3. CASOS PRÁCTICOS	51
B3.1. F.1 Fachadas. Rehabilitación térmica por el exterior. Sistema SATE	53
B3.1.1 Listado de materiales y coste del sistema de rehabilitación	53
B3.1.2 Aplicación a un edificio tipo	56
B3.2. F.2 Fachadas. Rehabilitación térmica por el interior. Para revestir con enlucido de yeso o con placa de yeso laminado.....	58
B3.2.1 Listado de materiales y coste del sistema de rehabilitación	58
B3.2.2 Aplicación a un edificio tipo	60
B3.3. C.1 Cubiertas planas. Rehabilitación térmica por el exterior. Cubiertas invertidas no transitables	61
B3.3.1 Listado de materiales y coste del sistema de rehabilitación	61
B3.3.2 Aplicación a un edificio tipo	63
B3.4. C.2 Cubiertas planas. Rehabilitación térmica por el exterior. Cubiertas invertidas transitables	63
B3.4.1 Listado de materiales y coste del sistema de rehabilitación	63
B3.4.2 Aplicación a un edificio tipo	65

B3.5. C.3 Cubiertas Inclinadas. Rehabilitación térmica por el exterior. Bajo teja	66
B3.5.1 Listado de materiales y coste del sistema de rehabilitación	66
B3.5.2 Aplicación a un edificio tipo	67
B3.6 S.1 Suelos exteriores o con espacios no habitables. Rehabilitación térmica por el interior	68
B3.6.1 Listado de materiales y coste del sistema de rehabilitación	68
B3.6.2 Aplicación a un edificio tipo	70
B3.7. P.1 Particiones interiores horizontales (techo bajo cubierta) en contacto con espacios no habitables.	
Rehabilitación térmica por el interior. Para revestir con placa de yeso laminado.	71
B3.7.1 Listado de materiales y coste del sistema de rehabilitación	71
B3.7.2 Aplicación a un edificio tipo	73
BLOQUE 4. NORMATIVA, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS	75
B4.1. Normativa y recomendaciones	77
B4.2. Bibliografía	77
B4.3. Histórico de modificaciones	78
Anexo 1.- Cuadro de características técnicas de los productos de aislamiento térmico de poliestireno extruido XPS	79
Anexo 2.- Glosario de términos relacionados con el poliestireno extruido XPS	81

Abreviaturas

- CTE.- Código Técnico de la Edificación
- DB-HE.- Documento Básico de Ahorro de Energía del CTE
- DEE.- Documento de Evaluación Europeo
- EAD.- European Assessment Document (DEE en español)
- IDAE.- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía
- SATE.- Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior
- RPC.- Reglamento de Productos de la Construcción

Índice de figuras

Fig. 1. Esquema de la envolvente térmica (discontinuo naranja) de un edificio	8
Fig. 2. Ejemplo de etiqueta de un producto de poliestireno extruido (XPS)	31
Fig. 3. Aplicación del sistema de aislamiento térmico por el exterior SATE con poliestireno extruido - XPS	32
Fig. 4. Izquierda: aislamiento de cubiertas inclinadas. Derecha: aislamiento de cubiertas planas invertidas	33
Fig. 5. Aislamiento térmico con poliestireno extruido de un suelo en contacto con espacio no habitable	34
Fig. 6. Aislamiento térmico con poliestireno extruido de una partición interior horizontal con no habitable	34
Fig. 7. Esquema del sistema de aislamiento térmico por el exterior SATE	37
Fig. 8. Esquema del sistema de aislamiento térmico de fachadas por el interior	41
Fig. 9. Esquema del sistema de aislamiento térmico de cubiertas no transitables	44
Fig. 10. Esquema del sistema de aislamiento térmico de cubiertas transitables	46
Fig. 11. Esquema del sistema de aislamiento térmico de cubiertas inclinadas	48
Fig. 12. Esquema del sistema de aislamiento térmico de suelos	50

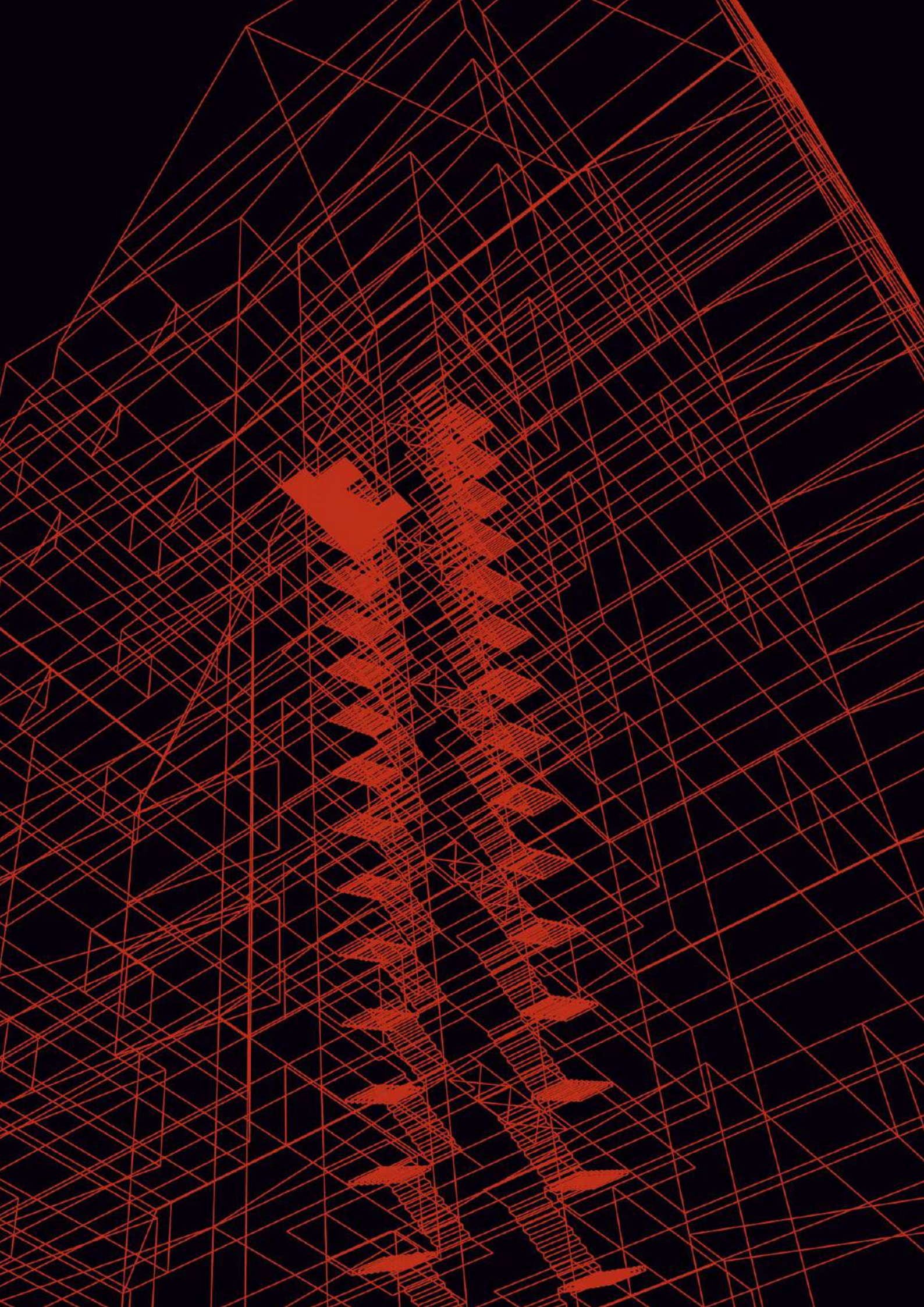
Índice de tablas

Tabla 1. Valores medios más habituales de conductividad térmica	14
Tabla 2. Tolerancias en longitud, anchura, rectangularidad y planicidad	15
Tabla 3. Clases posibles declaradas para la tolerancia en el espesor	15
Tabla 4. Euroclases de reacción al fuego	16
Tabla 5. Clases posibles declaradas de estabilidad dimensional	17
Tabla 6. Niveles posibles declarados de deformación bajo unas condiciones específicas de carga de compresión y de temperatura	18
Tabla 7. Niveles posibles declarados de tensión de compresión al 10% de deformación	18
Tabla 8. Niveles posibles declarados de resistencia a tracción perpendicular a las caras	19
Tabla 9. Niveles posibles declarados para la absorción de agua a largo plazo por inmersión total	20
Tabla 10. Niveles posibles declarados para la absorción de agua a largo plazo por difusión	20
Tabla 11. Niveles posibles declarados para el factor de resistencia a la difusión del vapor de agua μ	21
Tabla 12. Compatibilidad con otros productos	22
Tabla 13. Impactos para las etapas A1, A2 y A3 según UNE-EN 15879:2012	23
Tabla 14. Impactos para la etapa A4 según UNE-EN 15879:2012	24
Tabla 15. Impactos para la etapa A5 según UNE-EN 15879:2012	24
Tabla 16. Soluciones más habituales de rehabilitación energética	29
Tabla 17. Especificaciones del poliestireno extruido XPS en un sistema SATE	37
Tabla 18. Especificaciones del poliestireno extruido XPS para el aislamiento de fachadas por el interior revestido con enlucido de yeso	41
Tabla 19. Especificaciones del poliestireno extruido XPS para el aislamiento de fachadas por el interior revestido con placas de yeso laminado	42
Tabla 20. Especificaciones del poliestireno extruido XPS para el aislamiento de cubiertas no transitables	44
Tabla 21. Especificaciones del poliestireno extruido XPS para el aislamiento de cubiertas transitables	46
Tabla 22. Especificaciones del poliestireno extruido XPS para el aislamiento de cubiertas transitables	49
Tabla 23. Especificaciones del poliestireno extruido XPS para el aislamiento de suelos	50

Esta guía ha sido elaborada por:



www.etresconsultores.com



1. INTRODUCCIÓN

SEGÚN LA "ESTRATEGIA A LARGO PLAZO PARA LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA EN EL SECTOR DE LA EDIFICACIÓN EN ESPAÑA - ERESEE 2020" EN NUESTRO PAÍS EXISTEN 25,8 MILLONES DE VIVIENDAS CONSTRUIDAS. EL 54% DE ELLAS SE CONSTRUYÓ SIN NINGUNA PROTECCIÓN TÉRMICA AL SER ANTERIORES AL AÑO 1981, UN 38% DE ELLAS TIENEN UNA PROTECCIÓN TÉRMICA MÍNIMA YA QUE SE CONSTRUYERON CONFORME A LA NBE-CT/79 Y TAN SÓLO EL 5% DE ELLAS DISPONE DE UNA PROTECCIÓN TÉRMICA MÁS ACTUAL AL ESTAR CONSTRUIDAS CUMPLIENDO EL CTE HE 2006.

Con datos de 2018, las zonas climáticas con mayor número de viviendas son las B, C y D (casi el 83,9%) y además esas zonas climáticas tienen la mayor población (84%) y actualmente es donde se concentra la mayor actividad de la obra nueva (82,5%). Las provincias que concentran mayor actividad de obra nueva, por orden de mayor a menor, son: Madrid, Alicante, Málaga, Barcelona y Valencia.

Además, la rehabilitación energética de edificios está alineada con los objetivos de reducción de emisiones de la Unión Europea fijado en la descarbonización de la economía y la reducción en un 80% para 2050.

La movilización de fondos a través del programa Next Generation de la Unión Europea y el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia PRTR supondrá la financiación y subvención de las actuaciones de rehabilitación de edificios.

En la actualidad, el Real Decreto 853/2021 regula los programas de ayuda en materia de rehabilitación residencial y vivienda social y la puesta en funcionamiento, a nivel municipal, de las oficinas de rehabilitación.

La primera versión de la guía técnica para la rehabilitación de la envolvente térmica de los edificios se publicó por el IDAE en el año 2008, desde entonces la Sección de Ahorro de Energía DB-HE del Código Técnico de la Edificación (CTE) ha sufrido dos revisiones.

Estando actualmente en vigor el DB-HE publicado a finales de 2019 cuyas exigencias están relacionadas con los Edificios de Consumo de Energía casi Nulo - NZEB. Esta versión ha supuesto una mejora en las exigencias de protección térmica de los edificios.

En el caso de la rehabilitación de edificios donde se interviene en más del 25% de la superficie de la envolvente y para aquellas actuaciones en las que no se alcanza ese nivel, obras de reforma, se debe incorporar unos valores de aislamiento superiores a los propuestos en la guía publicada en 2008.

Esta actualización de la guía pretende actualizar los sistemas de rehabilitación mencionados en ella y por la propia evolución del mercado de la rehabilitación, se incluyen soluciones nuevas que ya existían entonces, pero en los últimos años están ganando una mayor participación.

Al tener que modificarse los espesores de aislamiento térmico también se ha procedido a actualizar los costes de los materiales y mano de obra.

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, suelos 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.

La Figura 1 muestra esquemáticamente el contorno de la envolvente térmica (discontinuo naranja) de un edificio tipo.

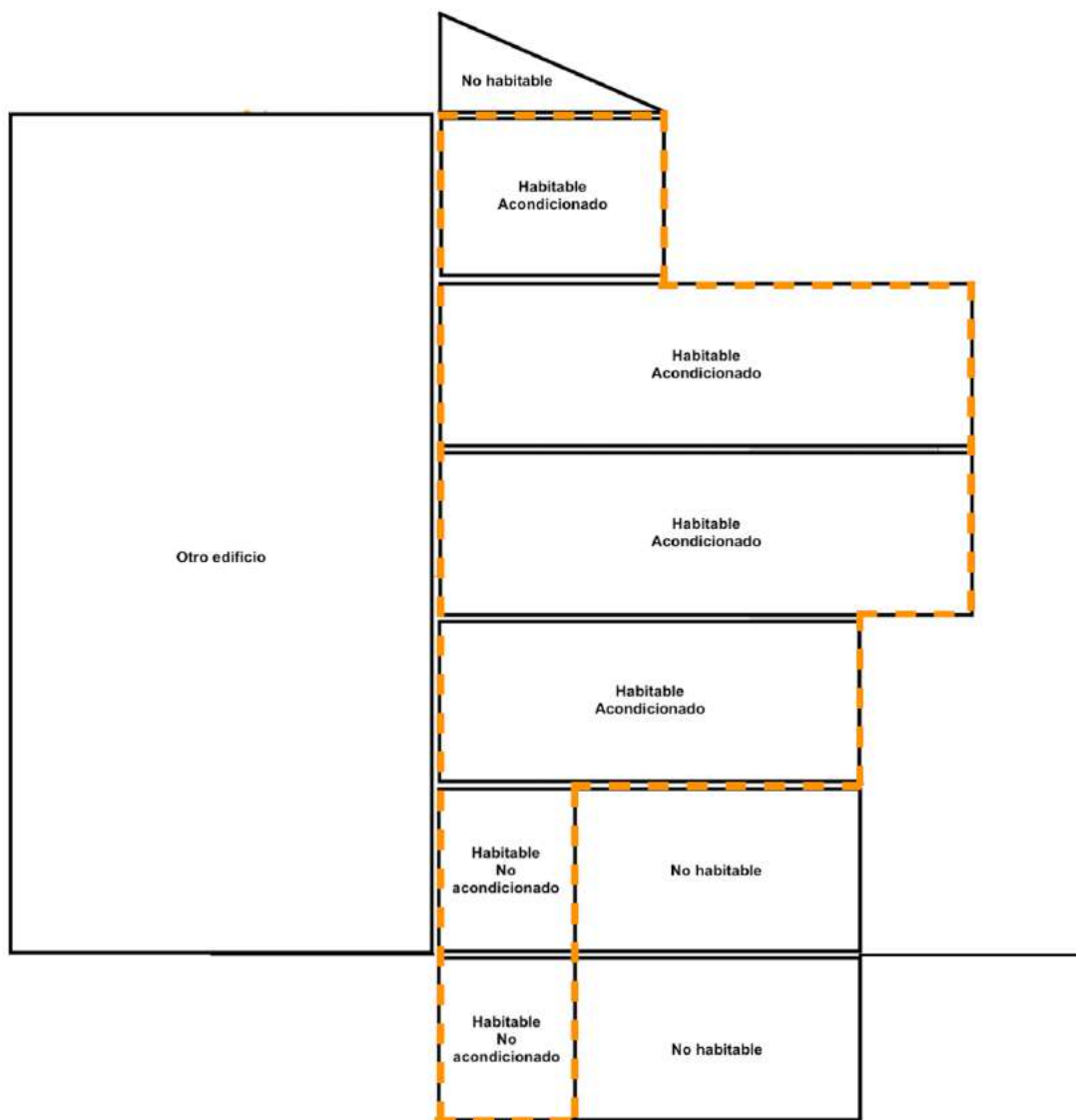


Fig. 1. Esquema de la envolvente térmica (discontinuo naranja) de un edificio

Este documento recoge la información técnica para la rehabilitación de edificios mediante el aislamiento térmico con productos de poliestireno extruido (XPS) que puede llevarse a cabo de las siguientes formas:

	<p>F.1 Fachada. Rehabilitación térmica por el exterior. Sistema SATE</p>
	<p>F.2 Fachada. Rehabilitación térmica por el interior. Para revestir con enlucido de yeso o con placa de yeso laminado.</p>
	<p>C.1 Cubiertas planas. Rehabilitación térmica por el exterior. Cubiertas invertidas no transitables</p>
	<p>C.2 Cubiertas planas. Rehabilitación térmica por el exterior. Cubiertas invertidas transitables</p>
	<p>C.3 Cubierta inclinadas. Rehabilitación térmica por el exterior. Bajo teja.</p>
	<p>S.1 Suelos exteriores o en contacto con espacios no habitables. Rehabilitación térmica por el interior</p>
	<p>P.1 Particiones interiores horizontales (techo bajo cubierta) en contacto con espacios no habitables. Rehabilitación térmica por el interior. Para revestir con placa de yeso laminado.</p>

2. OBJETIVO Y CONTENIDO DE LA GUÍA

EL OBJETIVO DE ESTA GUÍA ES AYUDAR A LOS AGENTES REHABILITADORES, PROPIETARIOS Y PROMOTORES DE VIVIENDAS, TANTO PÚBLICOS COMO PRIVADOS, A RENOVAR SUS EDIFICIOS DE UN MODO EFICIENTE DESDE UN PUNTO DE VISTA ENERGÉTICO.

Esta Guía Técnica actualiza la anterior versión a las nuevas exigencias del HE-2019 en materia de rehabilitación energética de edificios. En dicha guía se recogían los criterios generales para llevar a cabo una intervención de rehabilitación térmica de la envolvente.

En particular, la presente guía recoge diversas acciones en la rehabilitación de la envolvente del edificio, (fachadas, cubiertas y suelos) con productos de poliestireno extruido - XPS, con el objetivo de que el edificio sea más eficiente, mediante la reducción de la demanda energética del edificio en calefacción y refrigeración, tratando de responder a preguntas como:

- ¿Cómo se puede ahorrar energía?
- ¿Qué coste tiene y en cuánto tiempo se recupera la inversión?
- ¿Qué recomendaciones constructivas se deben seguir?

Todo edificio debe tender a ser eficiente energéticamente con el fin de:

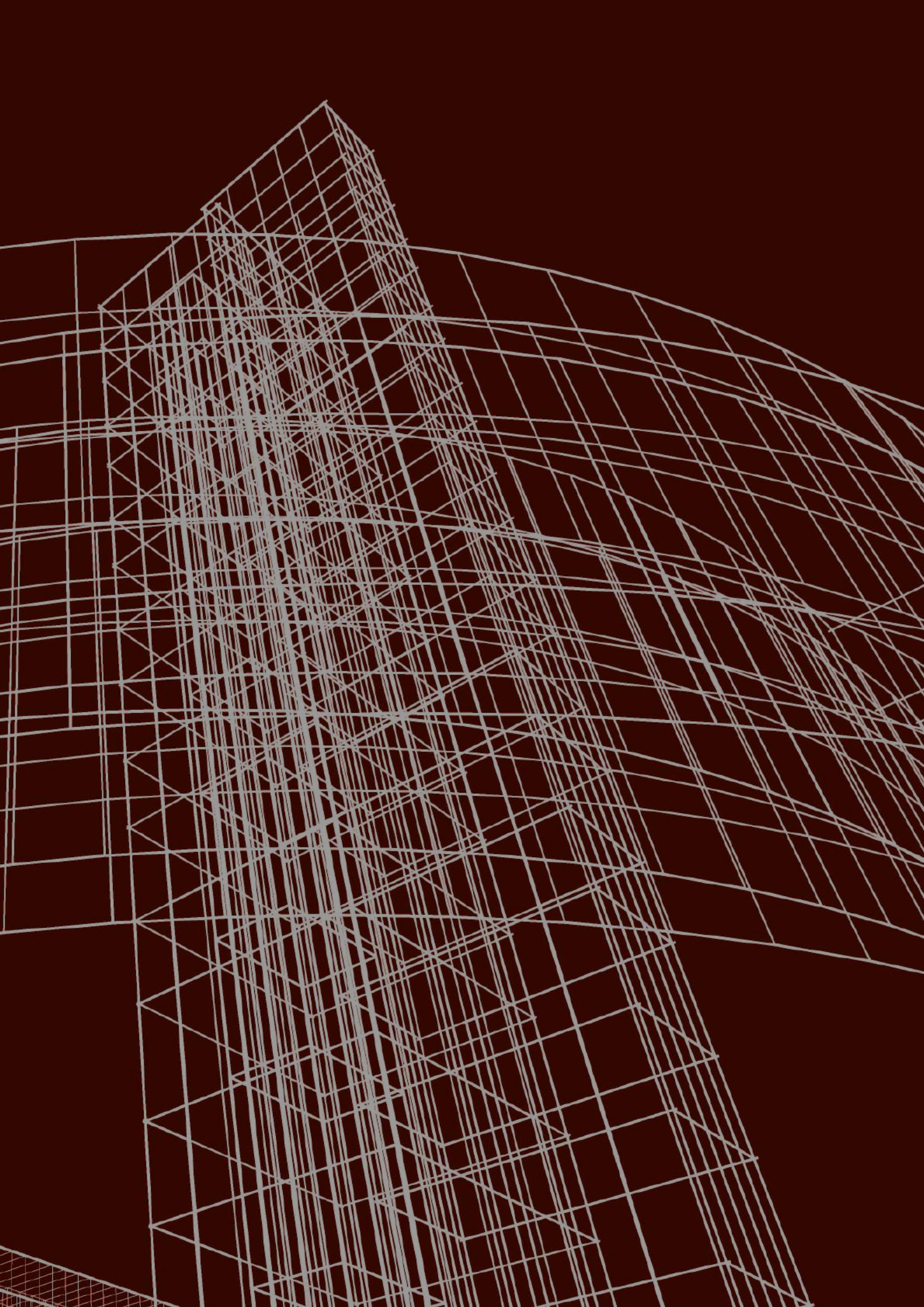
- Reducir la factura energética de sus ocupantes.
- Aportar el bienestar y confort necesario a los usuarios.
- Minimizar los costes de mantenimiento.
- Aumentar el valor de la propiedad.
- Reducir la contaminación local y global.
- Conservar los recursos no renovables.

Esta Guía está estructurada en cuatro bloques.

- Bloque 1. Se abordan las propiedades del XPS y sus aplicaciones más habituales en edificación y obra civil.
- Bloque 2. Se abordan las diferentes soluciones constructivas para la rehabilitación térmica de los edificios.
- Bloque 3. Se abordan diferentes casos prácticos y su estudio tanto energético como económico.
- Bloque 4. Bloque final con bibliografía y anexos.

BLOQUE 1. POLIESTIRENO EXTRUIDO - XPS





B1.1. PROPIEDADES DEL POLIESTIRENO EXTRUIDO XPS

HAY VARIAS NORMAS QUE APLICAN AL PRODUCTO EN LAS DISTINTAS APLICACIONES DE CONSTRUCCIÓN, TAMBIÉN MANDATADAS BAJO EL REGLAMENTO DE PRODUCTOS DE LA CONSTRUCCIÓN (RPC). ESTA GUÍA SE CENTRará EXCLUSIVAMENTE EN LA QUE APLICA AL AISLAMIENTO EN EDIFICACIÓN UNE EN 13164, CONCRETAMENTE A LA VERSIÓN CITADA EN EL BOE PARA SU ARMONIZACIÓN, AUNQUE HAYA ACTUALIZACIONES POSTERIORES.

La norma UNE EN 13164:2012+A1 [3], define el poliestireno extruido XPS como un material rígido aislante plástico, que ha sido extruido y extruido, con o sin revestimiento, a partir de poliestireno o de uno de sus copolímeros, presentando una estructura de célula cerrada. Además, define las siguientes situaciones o elementos.-

- Panel o plancha, placa.- producto aislante rígido o semirrígido, de forma y sección transversal rectangulares con un espesor uniforme y significativamente más pequeño que las otras dimensiones.
- Revestimiento.- capa superficial funcional o decorativa, con un espesor de 3 mm, por ejemplo, papel, lámina de plástico, tela o metal, que no se considera como una capa separada de aislamiento térmico adicional a la resistencia térmica del producto.
- Recubrimiento.- capa superficial funcional o decorativa, con un espesor de 3 mm, aplicada normalmente mediante pintura, pulverización, colada o espátula, que no se considera como una capa separada de aislamiento térmico adicional a la resistencia térmica del producto.
- Producto aislante compuesto.- producto que puede estar revestido o recubierto, fabricado a partir de dos o más capas unidas entre sí mediante adhesión química o física consistente en al menos una capa de material aislante térmico manufacturado.
- Producto aislante multicapa.- producto que puede estar revestido o recubierto, fabricado a partir de dos o más capas de material aislante térmico de la misma norma europea, unidas entre sí horizontalmente mediante adhesión química o física.

B1.1.1 PROPIEDADES FÍSICAS. PARA TODAS LAS APLICACIONES

Resistencia térmica y conductividad térmica. R_D y λ_D . - (siempre se declara)

Normas de ensayo: UNE-EN 12667 y UNE-EN 12939 para productos de alto espesor.

- $R_{90/90}$.- Resistencia térmica, a 10°C y en [m²·m/W], para un fractil del 90% con un nivel de confianza del 90%.
- $\lambda_{90/90}$.- Conductividad térmica, a 10°C y en [W/m·K], para un fractil del 90% con un nivel de confianza del 90%.
- R_D .- Resistencia térmica declarada por el fabricante, a 10°C y en [m²·m/W].
- λ_D .- Conductividad térmica declarada por el fabricante, a 10°C y en [W/m·K].

Cada fabricante debe indicar el valor de la resistencia térmica declarada R_D y de la conductividad térmica declarada λ_D , obtenidas a partir de un proceso estadístico sobre valores de ensayo que representan al menos el 90% de la producción con un nivel de confianza del 90%.

La resistencia térmica y la conductividad térmica se determina teniendo en cuenta el efecto del envejecimiento, conforme al anexo C de la norma UNE-EN 12164+A1.

En cualquier caso, se debe emplear, en los cálculos energéticos, los valores declarados por el fabricante. La Tabla 1 muestra los valores de conductividad térmica medios más habituales en productos comerciales de poliestireno extruido XPS.

Espesor mm	Conductividad térmica W/m·K a 10°C
40	0,033
50	0,034
60	0,034
70	0,035
80	0,035
90	0,036
100	0,036
120	0,036
140	0,036
160	0,036

Tabla 1. Valores medios más habituales de conductividad térmica

Tolerancias dimensionales. S_y , $S_{máx.}$ y $T(x)$. - (siempre se declara)

Normas de ensayo: EN 822 (longitud y anchura), EN 823 (espesor), EN 824 (rectangularidad) y EN 825 (planicidad).

La Tabla 2 recoge las tolerancias en longitud, anchura, rectangularidad y planicidad de las planchas.

Valor nominal longitud (l) o anchura (b) mm	Tolerancias		
	Longitud o anchura mm	Rectangularidad en longitud y anchura S_b - m/m	Planicidad $S_{máx.}$ - mm/m
l o $b \leq 1.500$ mm	± 8	5	6
l o $b > 1.500$ mm	± 10	5	6

Tabla 2. Tolerancias en longitud, anchura, rectangularidad y planicidad

La Tabla 3 indica las tolerancias del espesor en función de la clase declarada por el fabricante.

Clase	Espesor nominal d_N mm	Tolerancias mm	
T1	$d_N < 50$	± 2	
	$50 \leq d_N \leq 120$	-2	+3
	$d_N > 120$	-2	+6
T2	$d_N < 50$	$\pm 1,5$	
	$50 \leq d_N \leq 120$		
	$d_N > 120$		
T3	$d_N < 50$	± 1	
	$50 \leq d_N \leq 120$		
	$d_N > 120$		
Las clases T2 y T3 sólo son aplicables a los productos de XPS cepillados (sin piel de extrusión)			

Tabla 3. Clases posibles declaradas para la tolerancia en el espesor

Reacción al fuego.- (siempre se declara)

Norma de ensayo: EN 13501-1 con las reglas de montaje y fijación según EN 15715.

La reacción al fuego es la única propiedad, en el campo de los productos de aislamiento térmico, para los cuales la Unión Europea ha impuesto Euroclases. Este sistema europeo de clasificación de reacción al fuego ha provocado la armonización de los métodos de ensayo nacionales.

La Tabla 4 muestra las Euroclases de reacción al fuego:

Contribución energética al fuego		Opacidad al humo		Gotas inflamadas	
Clase	Descripción	Clase	Descripción	Clase	Descripción
A1	No combustible. Sin contribución en grado máximo al fuego	No necesita ensayo			
A2	No combustible. Sin contribución en grado menor al fuego	S1	Poca opacidad	d0	Ausencia
B	Combustible. Contribución muy limitada al fuego	S2	Ligera opacidad	d1	Presencia
C	Combustible. Contribución limitada al fuego	S3	Opacidad	d2	Muy abundante
D	Combustible. Contribución media al fuego				
E	Combustible. Contribución alta al fuego	No necesita ensayo	Sin gotas inflamadas		
			d2	Muy abundante	
F	No cumple Euroclase E				

Tabla 4. Euroclases de reacción al fuego

Según el esquema anterior, las Euroclases A2, B, C y D, se pueden clasificar también respecto a la opacidad al humo (S1, S2 o S3) y la caída de gotas inflamadas (d0, d1 o d2).

Es importante resaltar que, en función del revestimiento que tenga el producto aislante térmico en su aplicación final de uso una vez instalado en la obra, la clasificación de reacción al fuego será diferente. Así tendremos que:

- Para productos desnudos (sin ningún tipo de revestimiento, tal y como se presentan al mercado) la clase de reacción al fuego es E.
- Para situaciones en aplicación final de uso, la clase de reacción al fuego varía en función del tipo de revestimiento, así, por ejemplo, una plancha de XPS recubierta con una capa de enlucido de yeso o mortero de 1,5 cm de espesor, presenta una clasificación **B, s1, d0**.
- Un producto que presente una clasificación F significa que no ha superado el ensayo de clasificación E.

El fabricante puede declarar la clase de reacción al fuego en montajes normalizados para simular las condiciones finales de uso indicando, además de Euroclase, el número de la configuración del montaje del ensayo elegido.

B1.1.2 PROPIEDADES FÍSICAS. PARA APLICACIONES ESPECÍFICAS

Si no existe ningún requisito normativo para alguna de las propiedades que se presentan a continuación, el fabricante no tiene obligación de determinar y declarar dicha propiedad.

En la actualidad, el CTE exige que los productos aislantes térmicos declaren, al menos, su resistencia térmica (R_f) o conductividad térmica (λ_p) y su coeficiente de transmisión de vapor de agua (μ - mu).

Estabilidad dimensional bajo condiciones específicas. DS.-

Norma de ensayo: EN 1604 (en condiciones específicas de temperatura y humedad)

La estabilidad dimensional indica la alterabilidad del material ante cambios ambientales y se puede usar para probar la durabilidad de la resistencia térmica frente al calor, la climatología, el envejecimiento y la degradación.

La estabilidad dimensional bajo condiciones específicas hace referencia a la obtenida bajo unas condiciones específicas de temperatura y humedad relativa durante un periodo de tiempo (al menos 48 horas).

La Tabla 5 muestra la variaciones relativas en longitud, anchura y espesor en función de la clase declarada por el fabricante.

Clase	Condiciones	Requisitos	
		Longitud y anchura	Espesor
DS(70,-)	48 h, 70 °C	5 %	5 %
DS(23,90)	48 h, 23 °C, 90% HR	2 %	2 %
DS(70,90)	48 h, 70 °C, 90% HR	5 %	5 %

Tabla 5. Clases posibles declaradas de estabilidad dimensional

Deformación bajo condiciones específicas de carga a compresión y de temperatura. DLT(X)Y.-

Norma de ensayo: EN 1605.

Esta propiedad indica el comportamiento de un material sometido a carga. Dicho comportamiento de la deformación del material depende de la temperatura ambiente, siendo mayor la deformación cuanto mayor es la temperatura.

La Tabla 6 indica los niveles posibles declarados.

Nivel	Condiciones de ensayo	Requisitos %
DLT (1) 5	Carga: 20 kPa Temperatura: (80 ± 1) °C Tiempo: (48 ± 1) hora	≤ 5
DLT (2) 5	Carga: 40 kPa Temperatura: (70 ± 1) °C Tiempo: (168 ± 1) hora	≤ 5

Tabla 6. Niveles posibles declarados de deformación bajo unas condiciones específicas de carga de compresión y de temperatura

Tensión de compresión al 10% de deformación. CS(10\Y)XX.-

Norma de ensayo: EN 826.

Esta propiedad es necesaria para aplicaciones en las que se aplicará una carga sobre el material aislante térmico. La propiedad indica la tensión de compresión cuando el material se deforma un 10% de su espesor.

La Tabla 7 facilita los niveles posibles declarados.

Nivel	Requisito kPa
CS (10\Y) 100	> 100
CS (10\Y) 150	≥ 150
CS (10\Y) 200	≥ 200
CS (10\Y) 250	≥ 250
CS (10\Y) 300	≥ 300
CS (10\Y) 400	≥ 400
CS (10\Y) 500	≥ 500
CS (10\Y) 600	≥ 600
CS (10\Y) 700	≥ 700
CS (10\Y) 800	≥ 800
CS (10\Y) 1.000	≥ 1.000

Tabla 7. Niveles posibles declarados de tensión de compresión al 10% de deformación

Resistencia a tracción perpendicular a las caras. TRXX.-

Norma de ensayo: EN 1607.

La Tabla 8 indica los niveles posibles declarados.

Nivel	Requisito kPa
TR100	≥ 100
TR200	≥ 200
TR400	≥ 400
TR600	≥ 600
TR900	≥ 900
TR1.200	≥ 1.200

Tabla 8. Niveles posibles declarados de resistencia a tracción perpendicular a las caras

Fluencia a compresión. CC(X/Y/Z)M.-

Norma de ensayo: EN 1606.

La fluencia a compresión es la deformación bajo una carga específica (σ_c) en relación con el tiempo.

Con esta propiedad se declara la reducción total de espesor, el valor máximo de fluencia a compresión, el tiempo de extrapolación en años y la tensión declarada a la que se produce.

Así, por ejemplo, un código CC(2/1,5/50)100 indica un valor que no excede 1,5 % de fluencia a compresión y de 2 % para la reducción total de espesor después de una extrapolación a 50 años, es decir 30 veces en seis cientos ocho días de ensayo, bajo una tensión declarada de 100 kPa.

Absorción de agua WL(T)X y WD(V)X.-

Norma de ensayo: EN 12087 (absorción de agua por inmersión total) y EN 12088 (absorción de agua a largo plazo por difusión).

Se trata de ensayos acelerados para determinar el comportamiento del material en aplicaciones en las que se encuentra o puede estar en contacto con el agua líquida. En dichas situaciones, el material absorberá cierta cantidad de agua líquida y ello afectará a sus propiedades de ahorro energético (el valor de la conductividad térmica se incrementará). Esta propiedad debe ser considerada para determinar el valor de la conductividad térmica de diseño según EN ISO 10456 y asegurar así que, en los casos de presencia de agua líquida, las prestaciones de ahorro energético se mantienen en el edificio.

Hay dos tipos:

- Absorción de agua a largo plazo por inmersión total. WL(T).- Indica la absorción de agua del material tras un ensayo de 28 día manteniéndolo totalmente sumergido. La Tabla 9 muestra los niveles posibles declarados.

Nivel	Requisito Volumen %
WL(T)3	≤ 3 %
WL(T)1,5	≤ 1,5 %
WL(T)0,7	≤ 0,7 %

Tabla 9. Niveles posibles declarados para la absorción de agua a largo plazo por inmersión total

- Absorción de agua a largo plazo por difusión. WD(V). Indica la absorción de agua del material tras un ensayo de 28 días siendo atravesado continuamente por vapor de agua, por ello este ensayo es más exigente que el de inmersión total. La Tabla 10 muestra los niveles posibles declarados.

Nivel	Requisito Volumen %
WD(V)1	≤ 1 %
WD(V)2	≤ 2 %
WD(V)3	≤ 3 %
WD(V)4	≤ 4 %
WD(V)5	≤ 5 %

Tabla 10. Niveles posibles declarados para la absorción de agua a largo plazo por difusión

Resistencia a la congelación - descongelación.-

Norma de ensayo: EN 12091.

Se trata de un ensayo acelerado en el que se somete al material a 300 series de ciclos de congelación y de descongelación, comprobando la variación en el nivel de absorción de agua (por inmersión total o por difusión) y en la tensión a compresión al 10% de deformación. En este caso, la exigencia de la norma EN 13164+A1 es que la variación de la tensión de compresión sea inferior al 10% del valor inicial, después del ensayo.

Transmisión del vapor de agua Z_x o factor de difusión del vapor de agua MU_x .-

Norma de ensayo: EN 12086.

El valor de transmisión del vapor de agua o el factor de difusión del vapor de agua se emplea para analizar la formación de condensaciones intersticiales en los cerramientos. Dicha formación de condensaciones puede generar patologías en los edificios e incluso, a la larga, problemas de salud relacionados con la aparición de moho en los cerramientos.

Para productos homogéneos se emplea el factor de difusión del vapor de agua Z y para productos con revestimiento o no homogéneos se emplea la resistencia al vapor de agua Z.

La Tabla 11 muestra los posibles valores declarados por el fabricante. Para el caso en el que se declare el valor Z, ningún resultado de ensayo debe ser inferior al valor declarado.

Nivel	Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua μ adimensional
MU ₅₀	≥ 50
MU ₈₀	≥ 80
MU ₁₀₀	≥ 100
MU ₁₅₀	≥ 150
MU ₂₀₀	≥ 200
MU ₂₅₀	≥ 250
MU ₃₀₀	≥ 300

Tabla 11. Niveles posibles declarados para el factor de resistencia a la difusión del vapor de agua Z.

Emisión de sustancias peligrosas.-

Esta propiedad depende de las legislaciones nacionales de cada Estado Miembro y ellas pueden requerir verificación y declaración de emisión y, en ocasiones, de contenido, cuando los productos de construcción se comercializan en dichos mercados.

En el momento de redactar esta guía, no existen métodos de ensayo europeos normalizados.

Incandescencia continua.-

En el momento de redactar esta guía, se está desarrollando un método de ensayo para determinar esta propiedad, por lo que no está disponible aún dicha información.

Resistencia a cortante SS_i.-

Norma de ensayo: EN 12090.

Mediante la norma de ensayo EN 12090 se puede determinar la resistencia a cortante, τ . Si se declara la tensión de cortante, ningún resultado de ensayo debe ser menor que el valor declarado SS_i.

Otras propiedades adicionales.-

El Anexo E informativo, de la norma UNE-EN 13164+A1, facilita un listado de otras propiedades adicionales que los fabricante pueden declarar como información adicional: comportamiento bajo cargas cíclicas, módulo de elasticidad a compresión, resistencia a flexión, porcentaje en volumen de celdas cerradas.

B1.1.3 PROPIEDADES QUÍMICAS

Compatibilidad con otros productos (información no incluida en la norma UNE-EN 13164+A1)

Sustancia		Sustancia		Sustancia	
Agua	+	Ácidos débiles		Acrilonitrilo	-
Aguas del mar	+	Ácido carbónico	+	Cetonas	-
Lejías		Ácido cítrico	+	Diluyentes para lacas	-
Agua amonacal	+	Ácido húmico	+	Dimetilformamida	-
Agua de cal	+	Ácido láctico	+	Ester	-
Lejías blanqueares	+	Ácido tartárico	+	Eter	-
Potasa cáustica	+	Gases		Hidrocarburos	
Soluciones jabonosas	+	a) inorgánicos		Halogenados	-
Sosa cáustica	+	Amoniaco	-	Tetrahidrofurano	-
Ácidos diluidos		Bromo	-	Mat. Const. Inorgánicos	
Ácido acético, 50%	+	Cloro	-	Anhidrita	+
Ácido clorhídrico, 7%	+	Dióxido de azufre	-	Arena	+
Ácido clorhídrico, 18%	+	b) Orgánicos		Cal	+
Ácido fluorhídrico, 4%	+	Butadieno	-	Cemento	+
Ácido fluorhídrico, 40%	+	Butano	-	Yeso	+
Ácido fórmico, 50%	+	Buteno	-	Mat. Const. Orgánicos	
Ácido fosfórico, 7%	+	Etano	+	Bitumen	+
Ácido fosfórico, 50%	+	Eteno	+	Bitumen frío / masillas (base acuosa)	+
Ácido nítrico, 13%	+	Etino	+	Bitumen frío / masillas (base disolvente)	-
Ácido nítrico, 50%	+	Gas natural	+	Hidrocarburos aromáticos	
Ácido sulfúrico, 10%	+	Metano	+	Benceno	-
Ácido sulfúrico, 50%	+	Óxido de propileno	-	Cumeno	-
Ácidos concentrados		Propano	+	Estireno	-
Ácido acético, 96%	-	Propeno	+	Etilbenceno	-
Ácido clorhídrico, 36%	+	Gases licuados		Fenol, sol. acu. 1%	+
Ácido fórmico, 99%	+	a) inorgánicos		Fenol, sol. acu. 33%	+
Ácido nítrico, 65%	+	Amoniaco	+	Tolueno	-
Ácido propiónico, 99%	-	Dióxido de azufre	-	Xileno	-
Ácido sulfúrico 98%	-	Gases nobles	+	Vapores de	
Ácidos fumantes		Hidrógeno	+	Alcanfor	-
Ácido nítrico	-	Nitrógeno	+	Naftalina	-
Ácido sulfúrico	-	Oxígeno	+		
Anhidridos		b) orgánicos			
Anhídrico acético	-	Butano	-		
Dióxido de carbono, sólido	+	Buteno	-		
Trióxido de azufre	-	Butadieno	-		
		Etano	+		

Tabla 12. Compatibilidad con otros productos

+ Sin variación - Fuerte variación

Propiedades biológicas (información no incluida en la norma UNE-EN 13164+A1)

El poliestireno extruido no constituye un sustrato nutritivo para microorganismos. Es imputrescible, no enmohece y no se descompone. No obstante, en presencia de mucha suciedad, el XPS puede hacer de portador de microorganismos, sin participar en el proceso biológico. Tampoco se ve atacado por las bacterias del suelo.

El XPS no tiene ninguna influencia medioambiental perjudicial y no es peligroso para las aguas. Se puede adjuntar a los residuos domésticos o bien ser incinerado.

En cuanto al efecto de la temperatura, mantiene sus dimensiones estables hasta los 85 °C. No se produce descomposición ni formación de gases nocivos.

B1.1.4 IMPACTOS. ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA - ACV

A continuación se facilita información sobre los impactos, para las etapas A1, A2, A3, A4 y A5 según la norma UNE-EN 15879:2012 para los productos en forma de plancha de aislamiento térmico. Esta información ha sido obtenida mediante el software [4].

En las siguientes tablas las abreviaturas tienen el siguiente significado:

A1	GWP	Potencial de calentamiento global. kg CO2 eq.
A2	ODP	Potencial de agotamiento de la capa de ozono estratosférico. kg CFC11 eq.
A3	AP	Potencial de acidificación del suelo y de los recursos de agua. Kg SO2 eq.
A4	EP	Potencial de eutrofización kg (PO4)3 eq.
A5	POCP	Potencial de formación de ozono troposférico. kg etileno eq.
	ADPE	Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos no fósiles. kg Sb eq.
	ADFP	Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos fósiles. MJ
	PERT	Uso de energía primaria renovable. MJ
	PERNRT	Uso total de energía primaria no renovable. MJ
	FW	Uso neto de recurso de agua corriente. m3

Espesor	GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW
30	2,128	2,17E-07	0,011	0,003	4,76E-04	1,62E-05	31,223	4,484	34,785	0,051
40	2,737	2,86E-07	0,014	0,003	6,14E-04	1,75E-05	40,766	5,906	45,428	0,058
50	3,347	3,56E-07	0,017	0,004	7,53E-04	1,89E-05	50,336	7,332	56,101	0,065
60	3,966	4,25E-07	0,020	0,005	8,96E-04	2,11E-05	60,048	8,765	66,927	0,074
80	5,210	5,65E-07	0,026	0,006	0,001	2,59E-05	79,584	11,641	88,701	0,093
100	6,449	7,05E-07	0,033	0,008	0,001	3,03E-05	99,036	14,511	110,383	0,111

Tabla 13. Impactos para las etapas A1, A2 y A3 según UNE-EN 15879:2012

Espesor	GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW
30	0,005	6,13E-06	3,30E-04	6,60E-05	1,74E-05	2,83E-06	0,519	2,08E-06	0,064	9,90E-04
40	0,005	6,13E-06	3,30E-04	6,61E-05	1,74E-05	2,83E-06	0,519	2,77E-06	0,065	9,90E-04
50	0,005	6,13E-06	3,30E-04	6,61E-05	1,74E-05	2,83E-06	0,519	3,47E-06	0,065	9,90E-04
60	0,005	6,14E-06	3,31E-04	6,62E-05	1,75E-05	2,83E-06	0,521	4,16E-06	0,065	9,91E-04
80	0,005	6,16E-06	3,33E-04	6,65E-05	1,76E-05	2,84E-06	0,523	5,54E-06	0,066	9,95E-04
100	0,005	6,18E-06	3,34E-04	6,67E-05	1,76E-05	2,85E-06	0,525	6,93E-06	0,066	9,98E-04

Tabla 14. Impactos para la etapa A4 según UNE-EN 15879:2012

Espesor	GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW
30	0,007	3,94E-10	1,86E-05	5,28E-05	3,23E-06	1,05E-07	0,050	3,12E-04	0,040	0,006
40	0,008	4,63E-06	2,07E-05	5,35E-05	3,50E-06	1,05E-07	0,053	4,16E-04	0,047	0,006
50	0,010	5,33E-10	2,28E-05	5,42E-05	3,78E-06	1,05E-07	0,057	5,20E-04	0,054	0,006
60	0,011	6,02E-10	2,49E-05	5,49E-05	4,06E-06	1,05E-07	0,060	6,24E-04	0,061	0,006
80	0,014	7,40E-10	2,90E-05	5,63E-05	4,61E-06	1,06E-07	0,067	8,32E-04	0,075	0,006
100	0,017	8,79E-10	3,32E-05	5,77E-05	5,17E-06	1,06E-07	0,074	0,001	0,089	0,006

Tabla 15. Impactos para la etapa A5 según UNE-EN 15879:2012

B1.2. APLICACIONES DEL POLIESTIRENO EXTRUIDO XPS EN EDIFICACIÓN

EL POLIESTIRENO EXTRUIDO XPS, 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.

Las cualidades del poliestireno extruido XPS, tanto en su amplia gama de prestaciones así como los formatos en que se puede presentar, le convierten en material con amplias posibilidades de aplicación dentro del sector de la edificación con soluciones constructivas para el aislamiento térmico de los diferentes cerramientos.

El proyecto de norma UNE 92182 [5] facilita los valores mínimos recomendados, para las diferentes características definidas en la norma EN 13164, dependiendo de su aplicación.

En el siguiente bloque de esta guía, se analizan las soluciones constructivas en las que intervienen los productos de poliestireno extruido XPS.

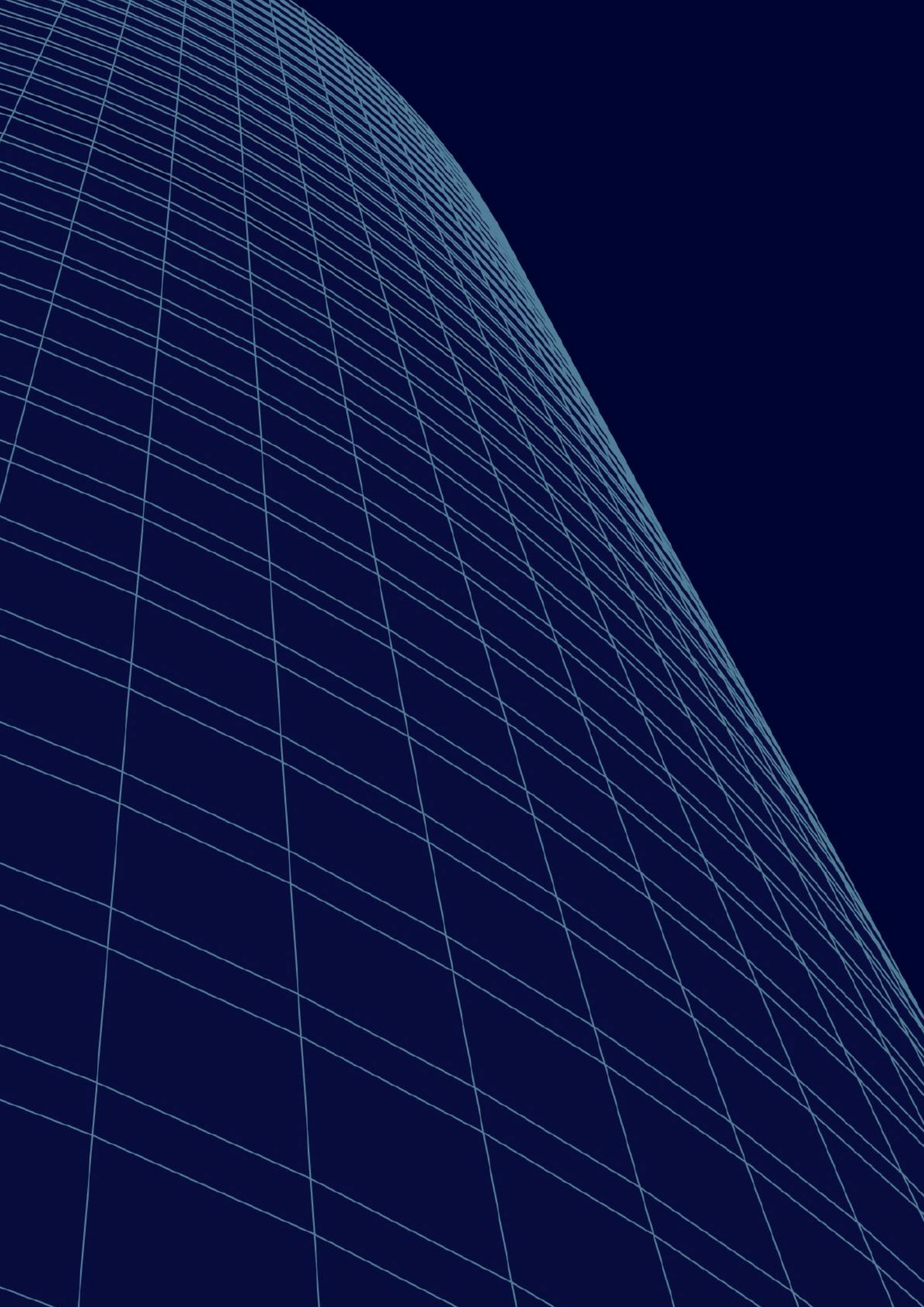
Con las tablas que relacionan las especificaciones de los productos en cada una de las aplicaciones se trata de facilitar la labor de proyectistas, jefes de obra y oficinas de control técnico a la hora de definir el correcto producto para la solución constructiva.

Las aplicaciones se dividen en cuatro grupos: fachadas, cubiertas, suelos y particiones interiores.



BLOQUE 2. SOLUCIONES PARA LA REHABILITACIÓN TÉRMICA





B2.1. TIPOS DE FACHADAS, CUBIERTAS, SUELOS Y PARTICIONES INTERIORES

EN ESTA GUÍA SE ANALIZAN LAS SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS DE REHABILITACIÓN MÁS HABITUALES EN LA QUE SE EMPLEA POLIESTIRENO EXTRUIDO (XPS) Y QUE SE ESPECIFICAN EN LA TABLA 16. NO OBSTANTE, PUEDEN EXISTIR OTRAS SOLUCIONES PARA LAS QUE EL POLIESTIRENO EXTRUIDO (XPS) TAMBIÉN SEA IDÓNEO, COMO EL AISLAMIENTO TÉRMICO DE MUROS ENTERRADOS O DE LOSAS DE HORMIGÓN.

Tipología	Soluciones de rehabilitación térmica
F. Fachadas	F.1 Fachadas. Rehabilitación térmica por el exterior. Sistema SATE
	F.2 Fachadas. Rehabilitación térmica por el interior. Para revestir con enlucido de yeso o con placa de yeso laminado
C. Cubierta	C.1 Cubiertas planas. Rehabilitación térmica por el exterior. Cubiertas invertidas no transitables.
	C.2 Cubiertas planas. Rehabilitación térmica por el exterior. Cubiertas invertidas transitables.
	C.3 Cubiertas inclinadas. Rehabilitación térmica por el exterior. Bajo teja
S. Suelos	S.1 Suelos exteriores o con espacios no habitables. Rehabilitación térmica por el interior
P. Particiones interiores	P.1 Particiones interiores horizontales (techo bajo cubierta) en contacto con espacios no habitables. Rehabilitación térmica por el interior. Para revestir con placa de yeso laminado.

Tabla 16. Soluciones más habituales de rehabilitación energética

Las intervenciones en fachada son recomendadas en todo tipo de edificaciones y el tipo de intervención viene condicionado por el aspecto exterior de la fachada, su posibilidad de conservación, el espacio aprovechable en el interior, etc.

En el caso de la cubierta es especialmente rentable en edificios con poca altura (dos o tres plantas); no obstante, en las últimas plantas de toda edificación tienen una repercusión notable al tratarse de una zona del edificio muy expuesta tanto en los ciclos de invierno como de verano.

En el caso del suelo, es especialmente interesante para reducir las pérdidas energéticas hacia el exterior del edificio o hacia espacios no habitables del mismo.

Donde sea posible es conveniente realizar una rehabilitación integral de la envolvente, esto significa que no debemos limitarnos a tratar los tramos centrales de cubiertas y fachadas, sino que se deben tratar los puentes térmicos, para evitar patologías de condensaciones intersticiales y superficiales principalmente. La solución más eficaz para este tratamiento suele ser el SATE.

B2.2. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS Y ZONAS CLIMÁTICAS

LAS SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS TRADICIONALMENTE ESTÁN UNIDAS A LAS ZONAS CLIMÁTICAS, ESPECIALMENTE EN LAS CUBIERTAS DONDE LO HABITUAL SON CUBIERTAS PLANAS EN ZONAS CÁLIDAS Y SECAS MIENTRAS QUE LOS TEJADOS O CUBIERTAS INCLINADAS SON PROPIAS DE CLIMAS LLUVIOSOS Y FRÍOS.

El caso del acabado o terminación exterior de las fachadas es más propios de la tradición y los condicionantes de abastecimiento de la zona. Aquellas zonas con fuerte tradición cerámica han desarrollado más intensamente la arquitectura del “caravista”, mientras que otras con otros recursos han empleado el revoco y sus combinaciones con diversos tipos de cerramientos pétreos o cerámicos.

No obstante, hoy en día se pueden encontrar todo tipo de edificios en las diversas zonas climáticas de nuestro país, por tanto esta guía recogerá en su análisis práctico toda la casuística de las zonas climáticas para la tipologías constructivas seleccionadas.

Las zonas climáticas analizadas corresponde con las indicadas para la severidad climática de invierno que recoge el Código Técnico de la Edificación (α , A, B, C, D y E).

B2.3. CRITERIOS DE CALIDAD Y DISEÑO

LOS PRODUCTOS DE POLIESTIRENO EXTRUIDO (XPS) EMPLEADOS EN CONSTRUCCIÓN COMO AISLAMIENTO TÉRMICO LLEVAN MARCADO CE CONFORME A LA NORMA DE PRODUCTO UNE-EN 13164+A1 [3].

Las especificaciones de los productos deben quedar recogidas en las etiquetas y en la Declaración de Prestaciones suministrada por el fabricante. Dicha información debe recoger de forma expresa aquellas especificaciones necesarias para cada aplicación constructiva. El proyecto de norma UNE 92182 [5] establece los valores mínimos recomendables para las diferentes características definidas en la norma UNE-EN 13164+A1 [3] según la aplicación.

En esta guía se recogen las especificaciones necesarias de los productos empleados en las aplicaciones de rehabilitación descritas.

La Figura 2 muestra un ejemplo de etiqueta de un producto de poliestireno extruido (XPS) empleado como aislamiento térmico en la edificación.

The diagram shows a technical label for XPS insulation with the following fields and callouts:

- Certificaciones Voluntarias:** AENOR logo (Producto Certificado).
- Aplicación (es):** Cubierta invertida.
- Tipo de producto aislante:** Poliestireno Extruido - XPS | Marca comercial.
- Trazabilidad (fábrica, fecha, turno, etc.):** Códigos de barras or internal control code.
- Marcado CE obligatorio:** CE mark.
- Código de designación:** XPS - EN 13164 - T1 - DS(70,90) - CS(10\Y)300 - WL(T)0,7 - TR200.

Poliestireno Extruido - XPS Marca comercial			
Cubierta invertida			
d(espesor) 80 mm	Largo x ancho 1.000 mm x 500 mm		
Bordes Lisos	Planchas 6 Uds.	Superficie 3,00 m ²	
Conductividad térmica declarada $\lambda_0 = 0,033 \text{ W/mK}$			CÓDIGO DE BARRAS O CÓDIGO INTERNO DE CONTROL
UNE EN 13163 (Nombre comercial) Euroclase E $R_p = 2,40 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ $d_n = 80 \text{ mm}$		(Fabricante) (Dirección) (Dos últimos dígitos del año)	
XPS - EN 13164 - T1 - DS(70,90) - CS(10\Y)300 - WL(T)0,7 - TR200			

Fig. 2. Ejemplo de etiqueta de un producto de poliestireno extruido (XPS)

B2.4. DESCRIPCIÓN DE LAS SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

SE VAN A ANALIZAR LAS SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS, DIVIDIENDO LAS INTERVENCIONES EN CUATRO GRANDES GRUPOS: FACHADAS, CUBIERTAS, SUELOS Y PARTICIONES INTERIORES.

Fachadas

Las fachadas pueden rehabilitarse térmicamente con poliestireno extruido XPS por el interior y por el exterior. Esta situación genera en el propietario dudas a la hora de decidir cómo intervenir:



- Actuar por el interior, sufriendo molestias por los trabajos y la pérdida de superficie útil pero manteniendo la estética exterior de la fachada.
- Actuar por el exterior modificando la estética de la fachada pero sin sufrir molestias ni pérdida de superficie útil.

Las soluciones constructivas que recoge esta guía son dos:

- F.1 Fachadas. Rehabilitación térmica por el exterior. Sistema SATE.
- F.2 Fachadas. Rehabilitación térmica por el interior. Para revestir con enlucido de yeso o con placa de yeso laminado.

Fig. 3. Aplicación del sistema de aislamiento térmico por el exterior SATE con poliestireno extruido - XPS

Cubiertas

Las cubiertas se dividen a su vez en dos grandes grupos según su pendiente y, por lo tanto, el material necesario para su impermeabilización: planas e inclinadas.

En el caso de las cubiertas planas y dependiendo del orden de colocación de la impermeabilización y el aislamiento térmico, pueden ser tradicionales o invertidas. Las cubiertas invertidas eran una solución típica en países fríos ya que la impermeabilización se protege con el aislamiento térmico colocado sobre ella, para aumentar su durabilidad. Este tipo de cubiertas ya son ampliamente utilizadas en todos los países europeos, incluida España.

La intervención térmica en la cubierta puede venir acompañada de reparaciones o actuaciones de mantenimiento, como por ejemplo la reparación de la impermeabilización (situación muy habitual en las cubiertas planas) o la renovación de las tejas (en el caso de cubiertas inclinadas).

Las soluciones constructivas que recoge esta guía son tres:

- C.1 Cubiertas planas. Rehabilitación térmica por el exterior. Cubiertas invertidas no transitables.
- C.2 Cubiertas planas. Rehabilitación térmica por el exterior. Cubiertas invertidas transitables.
- C.3 Cubiertas inclinadas. Rehabilitación térmica por el exterior. Bajo teja.



Fig. 4. Izquierda: aislamiento de cubiertas inclinadas. Derecha: aislamiento de cubiertas planas invertidas

Suelos

Los suelos pueden rehabilitarse bien por la cara inferior del soporte resistentes como continuación, por ejemplo, de un sistema de aislamiento térmico por el exterior SATE aplicado en las fachadas, o bien sobre el soporte resistente.

Esta guía recoge una propuesta de mejora:

- S.1 Suelos exteriores o con espacios no habitables. Rehabilitación térmica por el interior.



Fig. 5. Aislamiento térmico con poliestireno extruido de un suelo en contacto con espacio no habitable

Particiones interiores

La actuación, mediante rehabilitación térmica, en particiones interiores busca reducir las pérdidas energética hacia espacios no habitables como espacios bajo cubierta inclinada, trasteros, cuartos de instalaciones, garajes, etc.

Esta guía recoge una propuesta de mejora:

- P.1 Particiones interiores horizontales (techo bajo cubierta) en contacto con espacios no habitables. Rehabilitación térmica por el interior. Para revestir con placa de yeso laminado.



Fig. 6. Aislamiento térmico con poliestireno extruido de una partición interior horizontal con no habitable.

SOLUCIÓN 1. F1. FACHADAS. REHABILITACIÓN TÉRMICA POR EL EXTERIOR. SISTEMA SATE

En este apartado se describe la forma de incorporar planchas de aislamiento térmico de poliestireno extruido XPS en obras de rehabilitación térmica de fachadas con revestimientos aplicados directamente sobre las planchas aislantes, conocido como sistema de aislamiento térmico por el exterior o SATE.

Tipos de soporte

Sobre la cara exterior actual de los muros de fachada, que puede estar ejecutada con hojas de ladrillo caravista, bloques de diversos tipos o revestimientos de mortero de cemento, se instalan las placas de aislamiento térmico de poliestireno extruido - XPS que posteriormente son revestidas con morteros con el objetivo de dar protección y el nuevo acabado exterior de la fachada.

Ventajas y limitaciones

Intervenir por el exterior del muro de fachada presenta las siguiente particularidades:

- En todos los casos, la obra de rehabilitación se ejecuta con la **mínima interferencia para los usuarios** del edificio.
- Instalado el aislamiento térmico sobre el muro de fachada, **no se reduce la superficie útil** del edificio o vivienda.
- Se corrigen con mucha facilidad, todos los **puentes térmicos**, de modo que se evitan las paredes “frías”, la falta de confort asociado a ellas y, sobretodo, el riesgo de formación de condensaciones superficiales e incluso, la formación de moho. Esto es especialmente importante en el caso de fachadas, pues es donde se producen casi todos los puentes térmicos: encuentros con la estructura (pilares, frentes de forjado, etc.), contorno de huecos (jambas, alféizar, dinteles o capialzados), encuentro con cubiertas o suelos.
- Notemos que al aislar por el exterior, el muro soporte que forma la fachada, se encuentra relativamente caliente pues está protegido por el aislamiento térmico y, por tanto, cualquier área donde, por el motivo que fuera, se interrumpa el aislamiento térmico, no cambia la circunstancia ya que el soporte seguirá básicamente caliente, sobretodo 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 perforado 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 poliestireno extruido 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, las llamadas Evaluaciones técnicas Europeas basadas en las EAD.

Productos recomendados

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

- Producto de poliestireno extruido XPS, sin piel de extrusión para permitir el agarre del revestimiento. Resistencia a compresión CS(10\Y) 200. Dimensiones de la planta: 1.250 x 600 mm. Junta recta.

Proceso de instalación

Consiste en la aplicación, sobre la superficie exterior de la fachada o medianera existente, de las planchas de poliestireno extruido 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 poliestireno extruido 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 poliestireno extruido XPS.** Se dimensionará su espesor en función de los nuevos requisitos definidos en el Código Técnico de la Edificación, CTE HE-1.
- **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 poliestireno extruido XPS y de crear una superficie apta para la aplicación 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 sollicitaciones 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.

Detalles constructivos y especificaciones

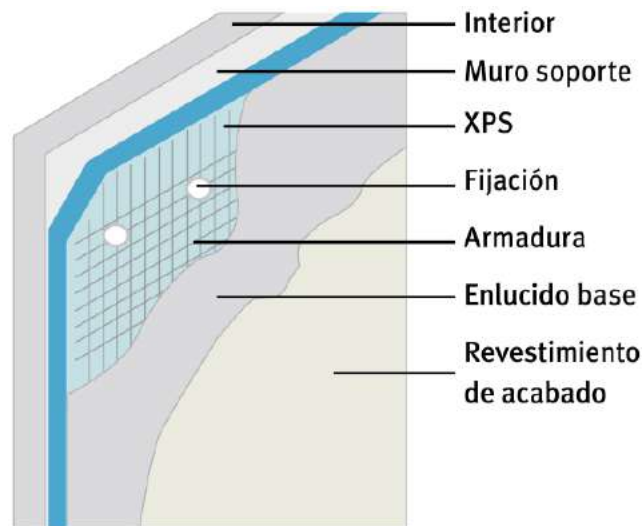


Fig. 7. Esquema del sistema de aislamiento térmico por el exterior SATE

Las especificaciones del poliestireno extruido XPS aplicado en un sistema SATE pueden extraerse de la norma UNE 92182 [5] cuyas especificaciones se muestran en la Tabla 17.

Especificación		Norma de ensayo	Nivel - Clase mínima
Tolerancias dimensionales	Espesor	EN 823	T(1)
Estabilidad dimensional	En condiciones específicas	EN 1604	DS(70,90)
Resistencia a tracción perpendicular a las caras		EN 1607	TR100
Factor de difusión del vapor de agua		EN 12086	MU50
Superficie			Rugosa

Tabla 17. Especificaciones del poliestireno extruido XPS en un sistema SATE

SOLUCIÓN 2. F.2 FACHADAS. REHABILITACIÓN TÉRMICA POR EL INTERIOR. PARA REVESTIR CON ENLUCIDO DE YESO O CON PLACA DE YESO LAMINADO

En este apartado se describe la forma de incorporar planchas de aislamiento térmico de poliestireno extruido XPS en obras de rehabilitación de fachadas aisladas por el interior con aislamiento revestido directamente con yeso in situ o con placa de yeso laminado.

Tipo 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 poliestireno extruido XPS, que posteriormente es revestido con yeso in situ o con placa de yeso laminado, para dar el acabado final visto.

Ventajas y limitaciones

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 poliestireno extruido 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, placa de yeso laminado). 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 poliestireno extruido XPS con incorporación directa del acabado interior (espesor total = unos 5 - 7 cm < 8 - 10 cm).
- 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 hacer por el exterior, dada la alteración que supondría de las fachadas.

Productos recomendados

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

- Para revestir con enlucido de yeso. Producto de poliestireno extruido XPS, sin piel de extrusión para permitir el agarre del enlucido de yeso o de la pasta adhesiva de la placa de yeso laminado. Resistencia a compresión CS(10\Y) 200. Dimensiones de la planta: 1.250 x 600 mm. Junta recta.
- Para revestir con placa de yeso laminado. Producto de poliestireno extruido XPS, sin piel de extrusión para permitir el agarre de la pasta adhesiva de la placa de yeso laminado. Resistencia a compresión CS(10\Y) 250. Dimensiones de la planta: 1.250 x 600 mm. Junta recta.

Proceso de instalación

Para revestir con enlucido de yeso

- Primero se pegarán las planchas de poliestireno extruido 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 poliestireno extruido 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 poliestireno extruido XPS son presionadas contra el soporte a base de pequeños golpes con ayuda de la llana, 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 poliestireno extruido 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 enlucido de 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.

Para trasdosar con placa de yeso laminado

- 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 poliestireno extruido 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 poliestireno extruido XPS con placa de yeso laminado se seguirá el proceso habitual con las placas de yeso laminado. 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 pelladas (pellada más espesor de panel). 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.

Detalles constructivos y especificaciones

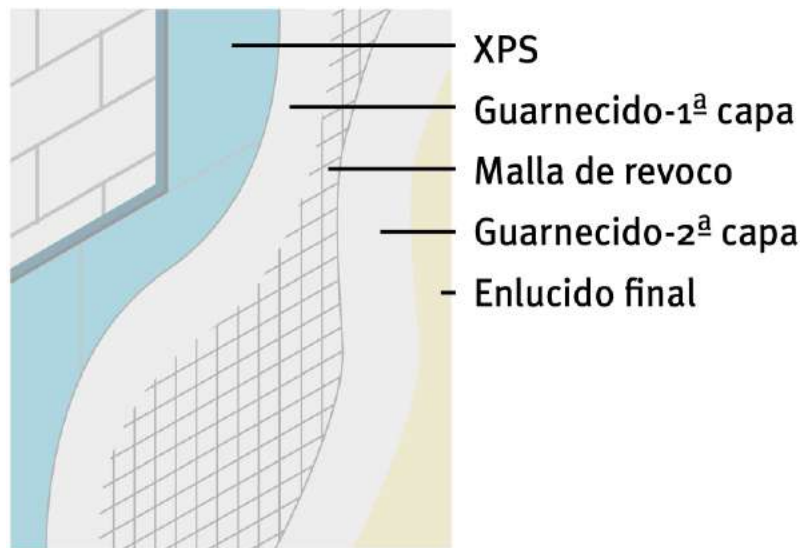


Fig. 8. Esquema del sistema de aislamiento térmico de fachadas por el interior

Las especificaciones del poliestireno extruido XPS aplicado por el interior de las fachadas para ser revestido con enlucido de yeso, pueden extraerse de la norma UNE 92182 [5] cuyas especificaciones se muestran en la Tabla 18.

Especificación		Norma de ensayo	Nivel - Clase mínima
Tolerancias dimensionales	Espesor	EN 823	T(1)
Tensión de compresión		EN 826	CS(10\Y)200
Estabilidad dimensional	En condiciones específicas	EN 1604	DS(70,-)
			DS(70,90)
Deformación bajo unas condiciones de carga de compresión y de temperatura específica		EN 1605	DLT(2)5
Resistencia a tracción perpendicular a las caras		EN 1607	TR100
Piel			Sin piel
Superficie			Rugosa

Tabla 18. Especificaciones del poliestireno extruido XPS para el aislamiento de fachadas por el interior revestido con enlucido de yeso

Las especificaciones del poliestireno extruido XPS aplicado por el interior de las fachadas para ser revestido con placas de yeso laminado, pueden extraerse de la norma UNE 92182 [5] cuyas especificaciones se muestran en la Tabla 19.

Especificación		Norma de ensayo	Nivel - Clase mínima
Tolerancias dimensionales	Espesor	EN 823	T(1)
Resistencia a tracción perpendicular a las caras		EN 1607	TR100
Factor de difusión del vapor de agua		EN 12086	MU80
Piel			Con piel
Superficie			Lisa

Tabla 19. Especificaciones del poliestireno extruido XPS para el aislamiento de fachadas por el interior revestido con placas de yeso laminado

SOLUCIÓN 3. C.1. CUBIERTAS PLANAS. REHABILITACIÓN TÉRMICA POR EL EXTERIOR. CUBIERTAS INVERTIDAS NO TRANSITABLES.

En este apartado se describe la forma de incorporar planchas de aislamiento térmico de poliestireno extruido XPS en obras de rehabilitación de cubiertas no transitables.

Tipos de soporte

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

Ventanas y limitaciones

En cualquiera de las disposiciones del aislamiento térmico explicadas en este documento, tanto si van colocadas al exterior del soporte, como al interior, las planchas de poliestireno extruido 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 cubierta, usualmente grava o baldosas). Intervenir por encima de la cubierta 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 térmicamente por el exterior, el soporte estructural (forjado) que forma la cubierta se encuentra relativamente caliente, pues está protegido por el aislamiento térmico 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 cubiertas 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 poliestireno extruido 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 poliestireno extruido XPS incorporada en fábrica. De este modo se puede conseguir, a la vez, el aislamiento térmico de la cubierta rehabilitada y el acabado y superficie por donde transitar.
- En cualquier caso, siempre se dispondrá de una **capa separadora**, generalmente formada por un geotextil, entre la capa de impermeabilización de la cubierta y la capa de aislamiento térmico, para evitar el contacto entre dichos materiales.

Productos recomendados

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

- Producto de poliestireno extruido XPS, con piel de extrusión. Resistencia a compresión CS(10\Y) 300. Fluencia a compresión CC(2/1,5/50)50. Absorción de agua por inmersión total WL(T) 0,7. Absorción de agua por difusión WD(V)3. Resistencia a ciclos de congelación-descongelación después del ensayo de absorción de agua por difusión FTCD1. Dimensiones de la planta: 1.250 x 600 mm. Junta a media madera.

Proceso de instalación

- Las planchas aislantes de poliestireno extruido XPS se colocan directamente encima de la impermeabilización (previa instalación de una capa separadora de geotextil), 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 poliestireno extruido XPS se debe proceder inmediatamente, tras su colocación, al lastrado con la protección pesada de grava, en un espesor mínimo de unos 5 cm, para conseguir ≥ 80 kg/m² de lastre (tamaño mínimo de árido: 4mm, máximo 32mm). Además, dicha capa de 5

cm de espesor cumple con la exigencia de clase de reacción al fuego de la sección SI2 Propagación exterior del DB-SI, limitada a $B_{roof}(t1)$, conforme al cuadro 2.2-1 del RD 312/2005 y sus modificaciones posteriores.

- Se dispondrá un geotextil entre protección pesada y planchas aislantes para evitar la formación de depósitos de carácter biológico sobre la membrana impermeabilizante y evitar que los finos presentes en la protección pesada sean arrastrados por el agua de lluvia y tapen las bajantes de pluviales del edificio.

Detalles constructivos y especificaciones

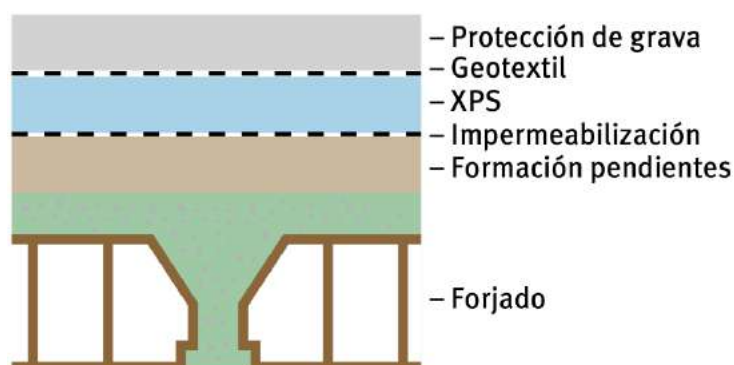


Fig. 9. Esquema del sistema de aislamiento térmico de cubiertas no transitables

Las especificaciones del poliestireno extruido XPS aplicado en cubiertas no transitables, pueden extraerse de la norma UNE 92182 [5] cuyas especificaciones se muestran en la Tabla 20.

Especificación		Norma de ensayo	Nivel - Clase mínima
Tolerancias dimensionales	Espesor	EN 823	T(1)
Tensión de compresión		EN 826	CS(10\Y)300
Estabilidad dimensional	En condiciones específicas	EN 1604	DS(70,-)
			DS(70,90)
Deformación bajo unas condiciones de carga de compresión y de temperatura específica		EN 1605	DLT(2)5
Fluencia a compresión		EN 1606	CC(2/1,5/50)50
Absorción de agua a largo plazo por inmersión total		EN 12087	WL(T) 0,7
Absorción de agua por difusión		EN 12088	WD(V) 3
Resistencia a ciclos de congelación-descongelación después del ensayo de absorción de agua por difusión		EN 12088	FTCD1
		EN 1209-1 y EN826	$\Delta\sigma10 < 10\%$
Superficie			Lisa

Tabla 20. Especificaciones del poliestireno extruido XPS para el aislamiento de cubiertas no transitables

SOLUCIÓN 4. C2. CUBIERTAS PLANAS. REHABILITACIÓN TÉRMICA POR EL EXTERIOR. CUBIERTAS INVERTIDAS TRANSITABLES.

En este apartado se describe la forma de incorporar planchas de aislamiento térmico de poliestireno extruido XPS en obras de rehabilitación de cubiertas transitables.

Tipos de soporte

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

Ventanas y limitaciones

Son las mismas que las indicadas para cubiertas invertidas no transitables.

Productos recomendados

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

- Producto de poliestireno extruido XPS, con piel de extrusión. Resistencia a compresión CS(10\Y) 300. Fluencia a compresión CC(2/1,5/50)90. Absorción de agua por inmersión total WL(T) 0,7. Resistencia a ciclos de congelación-descongelación después del ensayo de absorción de agua por inmersión total FTCI1. Dimensiones de la planta: 1.250 x 600 mm. Junta recta aunque también puede ser machihembrada o a media madera. También puede presentarse en forma de baldosa combinando la capa de aislamiento térmico y una capa de protección de mortero de cemento.

Proceso de instalación

Se pueden seguir los pasos descritos en la solución de cubierta 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 poliestireno extruido 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 las planchas de poliestireno extruido XPS y el 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 poliestireno extruido XPS incorporada en fábrica:

- Las baldosas se colocan directamente encima de la impermeabilización (previa instalación de una capa separadora de geotextil), 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 longitud total de la baldosa de poliestireno extruido 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 poliestireno extruido 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.

Detalles constructivos y especificaciones



Fig. 10. Esquema del sistema de aislamiento térmico de cubiertas transitables

Las especificaciones del poliestireno extruido XPS aplicado en cubiertas transitables, pueden extraerse de la norma UNE 92182 [5] cuyas especificaciones se muestran en la Tabla 21.

Especificación		Norma de ensayo	Nivel - Clase mínima
Tolerancias dimensionales	Espesor	EN 823	T(1)
Tensión de compresión		EN 826	CS(10\Y)300
Estabilidad dimensional	En condiciones específicas	EN 1604	DS(70,-)
			DS(70,90)
Deformación bajo unas condiciones de carga de compresión y de temperatura específica		EN 1605	DLT(2)5
Fluencia a compresión		EN 1606	CC(2/1,5/50)90
Absorción de agua a largo plazo por inmersión total		EN 12087	WL(T) 0,7
Resistencia a ciclos de congelación-descongelación después del ensayo de absorción de agua por inmersión total EN 1209-1 y EN826		EN 12087	FTCI 1
		$\Delta\sigma_{10} < 10\%$	
Superficie			Lisa

Tabla 21. Especificaciones del poliestireno extruido XPS para el aislamiento de cubiertas transitables

SOLUCIÓN 5. C3. CUBIERTAS INCLINADAS. REHABILITACIÓN TÉRMICA POR EL EXTERIOR. BAJO TEJA.

En este apartado se describe la forma de incorporar planchas de aislamiento térmico de poliestireno extruido XPS en obras de rehabilitación de cubiertas inclinadas, sistema bajo teja.

Tipos de soporte

Se pueden presentar tres tipos principales de soportes:

- 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.

Ventanas y limitaciones

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 poliestireno extruido 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 anteriormente, para el caso de la cubierta invertida (excepto, claro está, la relacionada con el concepto de cubierta invertida).

Además, específicamente hablando de la cubierta inclinada, 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 poliestireno extruido 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 de aire ventilada.

Productos recomendados

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

- Producto de poliestireno extruido XPS, con piel de extrusión. Resistencia a compresión CS(10\Y) 200. Absorción de agua por inmersión total WL(T) 0,7. Absorción de agua por difusión WD(V) 5. Resistencia a ciclos de congelación-descongelación después del ensayo de absorción de agua por inmersión total FTCD1. Dimensiones de la planta: 2.000 a 1.250 mm. Junta a media madera. Con superficie ranurada en una de su caras, para permitir el agarre del mortero de fijación de la teja.

Proceso de instalación

- Las planchas de poliestireno extruido 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.

Detalles constructivos y especificaciones

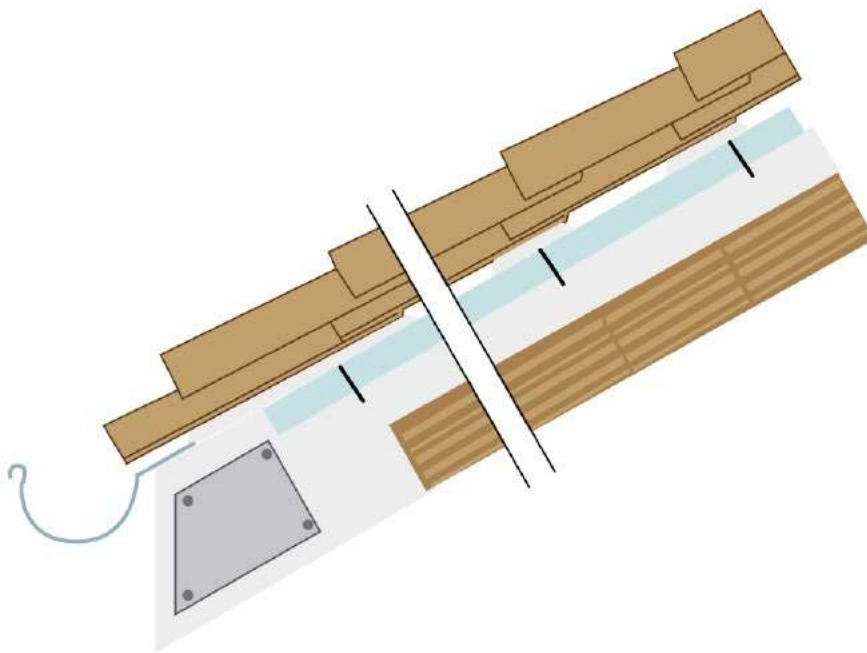


Fig. 11. Esquema del sistema de aislamiento térmico de cubiertas inclinadas

Las especificaciones del poliestireno extruido XPS aplicado en cubiertas transitables, pueden extraerse de la norma UNE 92182 [5] cuyas especificaciones se muestran en la Tabla 22.

Especificación		Norma de ensayo	Nivel - Clase mínima
Tolerancias dimensionales	Espesor	EN 823	T(1)
Tensión de compresión		EN 826	CS(10\Y)200
Estabilidad dimensional	En condiciones específicas	EN 1604	DS(70,-)
			DS(70,90)
Deformación bajo unas condiciones de carga de compresión y de temperatura específica		EN 1605	DLT(2)5
Absorción de agua a largo plazo por inmersión total		EN 12087	WL(T) 0,7
Absorción de agua a largo plazo por difusión		EN 12088	WD(V)5
Resistencia a ciclos de congelación-descongelación después del ensayo de absorción de agua por inmersión total EN 1209-1 y EN826		EN 12087	FTCD 1
		$\Delta\sigma_{10} < 10\%$	
Piel			Con piel
Superficie			Ranurada

Tabla 22. Especificaciones del poliestireno extruido XPS para el aislamiento de cubiertas transitables

SOLUCIÓN 6. S1. SUELOS EXTERIORES O CON ESPACIOS NO HABITABLES. REHABILITACIÓN TÉRMICA POR EL INTERIOR

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

Tipos de soporte

En general el soporte más habitual será formados de hormigón armado o soleras de hormigón armado.

Ventanas y limitaciones

En general las planchas de poliestireno extruido 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).

Productos recomendados

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

- Producto de poliestireno extruido XPS, con piel de extrusión. Resistencia a compresión CS(10\Y) 200. Dimensiones de la planta: 2.000 a 1.250 mm. Junta a media madera.

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 poliestireno extruido XPS, las cuales a su vez servirán de soporte al nuevo pavimento. El procedimiento es el siguiente:

- Las planchas de poliestireno extruido 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 poliestireno extruido 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.

Detalles constructivos y especificaciones

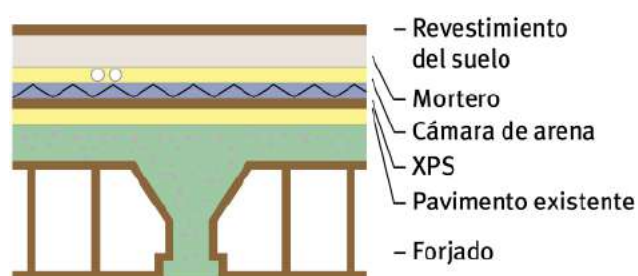


Fig. 12. Esquema del sistema de aislamiento térmico de suelos

Las especificaciones del poliestireno extruido XPS aplicado en suelos, pueden extraerse de la norma UNE 92182 [5] cuyas especificaciones se muestran en la Tabla 23.

Especificación		Norma de ensayo	Nivel - Clase mínima
Tolerancias dimensionales	Espesor	EN 823	T(1)
Tensión de compresión		EN 826	CS(10\Y)200
Deformación bajo unas condiciones de carga de compresión y de temperatura específica		EN 1605	DLT(2)5
Fluencia a compresión		EN 1606	CC(2/1,5/50)60
Superficie			Lisa

Tabla 23. Especificaciones del poliestireno extruido XPS para el aislamiento de suelos

SOLUCIÓN 7. P.1 PARTICIONES INTERIORES HORIZONTALES (TECHO BAJO CUBIERTA) EN CONTACTO CON ESPACIOS NO HABITABLES. REHABILITACIÓN TÉRMICA POR EL INTERIOR. PARA REVESTIR CON PLACA DE YESO LAMINADO.

Las especificaciones para esta solución son las mismas que las indicadas para la solución 2, F.2 Fachadas, rehabilitación térmica por el interior, para revestir con enlucido de yeso o con placa de yeso laminado.

BLOQUE 3. CASOS PRÁCTICOS

B3.1. F.1 FACHADAS. REHABILITACIÓN TÉRMICA POR EL EXTERIOR. SISTEMA SATE

B3.1.1 LISTADO DE MATERIALES Y COSTE DEL SISTEMA DE REHABILITACIÓN

En la siguiente tabla se resume el listado de materiales, componentes y mano de obra, necesaria para realizar un metro cuadrado de superficie de SATE. Los precios de referencia empleados en este estudio se han obtenido a partir del Generador de Precios de CYPE Ingenieros.

Descripción de la actuación

m2	Fachadas. Rehabilitación térmica por el exterior. Sistema SATE
	<p>Rehabilitación energética de fachada, mediante aislamiento térmico por el exterior, con sistema SATE, compuesto por: panel rígido de poliestireno extruido XPS, según UNE-EN 13164+A14, superficie sin piel, de 60 mm de espesor, resistencia a compresión mínima CS (10\Y) 150 y resistencia a tracción TR100, fijado al soporte con mortero, aplicado manualmente y fijaciones mecánicas con taco de expansión de polipropileno y clavo de polipropileno; capa de regularización de mortero, aplicado manualmente, armado con malla de fibra de vidrio, antiálcalis, de 5x4 mm de luz de malla, de 0,6 mm de espesor y de 160 g/m2 de masa superficial; capa de acabado de mortero acrílico, color blanco, sobre imprimación acrílica. Incluso perfiles de arranque de aluminio, perfiles de cierre superior de aluminio, perfiles de esquina de PVC con malla, masilla selladora monocomponente y cordón de espuma de polietileno extruido de celdas cerradas para sellado de juntas. El precio incluye la ejecución de remates en los encuentros con paramentos, revestimientos u otros elementos recibidos en su superficie, pero no incluye la preparación de la superficie soporte.</p>

Fachadas. Rehabilitación térmica por el exterior. Sistema SATE				
Ud	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1	Materiales			
m	Perfil de arranque de aluminio, de 60 mm de anchura, con goterón, para nivelación y soporte de los paneles aislantes de los sistemas de aislamiento térmico por el exterior sobre la línea de zócalo.	0,320	1,44 €	0,46 €
m	Perfil de cierre superior, de aluminio, de 60 mm de anchura, para coronación de los paneles aislantes de los sistemas de aislamiento térmico por el exterior	0,320	5,05 €	1,62 €

Fachadas. Rehabilitación térmica por el exterior. Sistema SATE

Ud	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
kg	Mortero tipo GP W2, según UNE-EN 998-1, compuesto de cemento blanco, cal aérea, áridos ligeros, áridos calizos seleccionados, fibras naturales, aditivos y resinas en polvo, impermeable al agua de lluvia, permeable al vapor de agua y con resistencia al envejecimiento, para aplicar con llana, para adherir los paneles aislantes y como capa base, previo amasado con agua.	6,000	0,69 €	4,14 €
m2	Panel rígido de poliestireno extruido, según UNE-EN 13164, superficie sin piel, de 60 mm de espesor, con resistencia al envejecimiento y permeable al vapor de agua, resistencia térmica 1,76 m2K/W, conductividad térmica 0,034 W/(m·K), Euroclase E de reacción al fuego según UNE EN 13501-1, resistencia a compresión mínima CS (10\Y) 150 y resistencia a tracción TR100.	1,050	14,22 €	14,93 €
Ud	Taco de expansión de polipropileno, de 120 mm de longitud, para fijación de placas aislantes.	6,000	0,18 €	1,08 €
m2	Malla de fibra de vidrio, antiálcalis, de 5x4 mm de luz de malla, de 0,6 mm de espesor, de 160 g/m2 de masa superficial y de 1x50 m, para armar morteros.	1,120	1,26 €	1,41 €
m	Perfil de esquina de PVC con malla, para refuerzo de cantos	0,190	0,40 €	0,08 €
m	Perfil de cierre lateral de aluminio, en U, de 60 mm de anchura	0,190	4,93 €	0,94 €
m	Perfil para protección de cantos	0,320	2,25 €	0,72 €
kg	Imprimación acrílica, compuesta por resinas acrílicas, pigmentos minerales y aditivos orgánicos e inorgánicos, impermeable al agua de lluvia y permeable al vapor de agua, para aplicar con brocha, rodillo o pistola.	0,250	3,27 €	0,82 €
kg	Mortero acrílico, color blanco, compuesto por resinas acrílicas, pigmentos minerales y aditivos orgánicos e inorgánicos, antimoho y antiverdín, permeable al vapor de agua y con resistencia al envejecimiento, a la contaminación urbana y a los rayos UV, para revestimiento de paramentos exteriores.	2,500	2,95 €	7,38 €
m	Cinta adhesiva de pintor, de 25 mm de anchura	1,750	0,10 €	0,18 €
m	Cordón de espuma de polietileno extruido de celdas cerradas, de sección circular de 6 mm de diámetro, para el relleno de fondo de junta.	0,320	0,06 €	0,02 €
Ud	Cartucho de masilla elastómera tixotrópica, monocomponente, a base de polímeros híbridos (MS), de color gris, de 600 ml, de alta adherencia, con elevadas propiedades elásticas, resistencia al envejecimiento y a los rayos UV, dureza Shore A aproximada de 25 y alargamiento en rotura > 600%, según UNE-EN ISO 11600.	0,270	8,24 €	2,22 €
Subtotal materiales				35,98 €

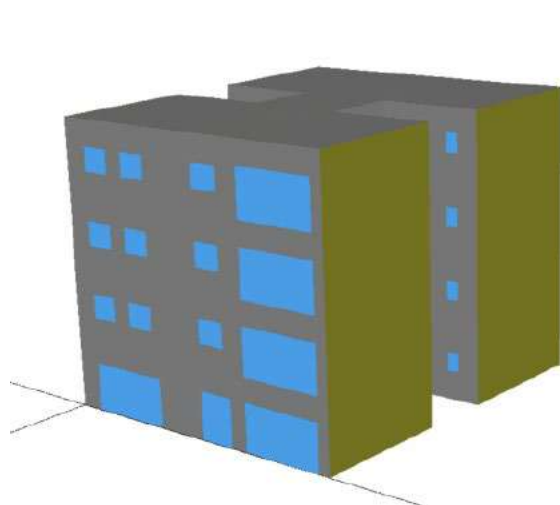
Fachadas. Rehabilitación térmica por el exterior. Sistema SATE				
Ud	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
2	Mano de obra			
h	Oficial 1ª montador de aislamientos.	0,109	20,48 €	2,23 €
h	Ayudante montador de aislamientos	0,109	18,92 €	2,06 €
h	Oficial 1ª revocador	0,822	19,93 €	16,38 €
h	Ayudante revocador	0,822	18,92 €	15,55 €
Subtotal mano de obra				36,23 €
3	Costes directos complementarios			
%	Costes directos complementarios	2 %	72,21 €	1,44 €
Total costes directos (1 + 2 + 3)				73,66 €

Cuadro resumen		
Ud	Descripción	Importe €/m2
m2	Fachadas. Rehabilitación térmica por el exterior. Sistema SATE con 50 mm de aislamiento térmico de poliestireno extruido XPS	71,10 €
m2	Fachadas. Rehabilitación térmica por el exterior. Sistema SATE con 80 mm de aislamiento térmico de poliestireno extruido XPS	79,08 €
m2	Fachadas. Rehabilitación térmica por el exterior. Sistema SATE con 100 mm de aislamiento térmico de poliestireno extruido XPS	85,15 €
m2	Fachadas. Rehabilitación térmica por el exterior. Sistema SATE con 110 mm de aislamiento térmico de poliestireno extruido XPS	89,16 €
m2	Fachadas. Rehabilitación térmica por el exterior. Sistema SATE con 140 mm de aislamiento térmico de poliestireno extruido XPS	99,51 €

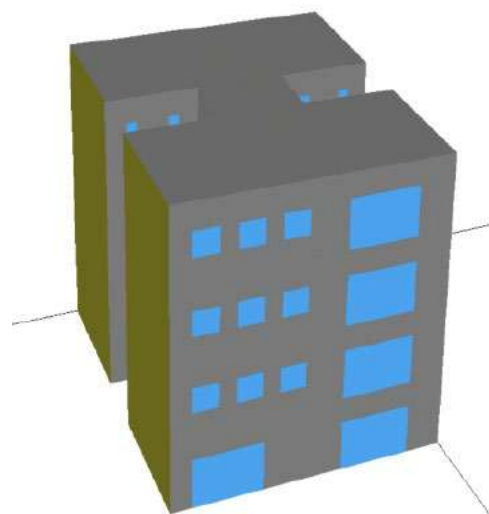
B3.1.2 APLICACIÓN A UN EDIFICIO TIPO

Los valores U obtenidos con la rehabilitación energética coinciden con los indicados en la Tabla A del Anejo E del DB-HE. A título de ejemplo, se adjunta la eficiencia energética que se obtiene con esta técnica aplicada al edificio tipo que se describe a continuación:

Características del edificio tipo			
Edificio entre medianeras		Año de construcción	
		Posterior a 1979	
Ancho de calle: 12 m			
Altura del edificio: PB con local comercial + 3 plantas			
Distribución por planta: 2 viviendas por planta + zonas comunes (distribuidor + escaleras)			
Cubierta plana			
Superficies.-			
Total del edificio.-	800 m ²	Por planta (13 x 15,4 m) 184 +16.-	200 m ²
Altura libre de planta.-	3,2 m en PB 2,5 en el resto	Superficie por vivienda.-	92 m ²
		Superficie zonas comunes por planta.-	16 m ²
		Superficie de patios interiores (4,5 x 3).-	27 m ²
Superficie acristalada en fachadas	Por planta, 18,80 m ²	3 huecos de 1,2 x 1 m y un hueco en terraza de 2 x 3,5 m en cada fachada (principal y posterior). Terraza de 6 m de largo con voladizo de 1 m	
Superficie acristalada de los patios interiores	Por planta, 3,2 m ²	4 huecos de 0,8 x 0,5 m en cada patio interior	
Superficie de huecos en PB	16 m ²	Fachada principal. Puerta de 2 x 1 m de acceso al zaguán. Locales comerciales: 2 puertas en fachada principal de 2 x 3,5 m y 2 puertas en fachada posterior de 2 x 3,3 m	



Fachada principal



Fachada posterior

Soluciones constructivas de la envolvente térmica del edificio tipo en su situación sin rehabilitar

Elemento constructivo	Material	Espesor (cm)
Fachadas U = 1,48 W/(m²·K)	Mortero monocapa exterior	2,0
	1/2 pie ladrillo perforado o hueco	11,5
	Cámara de aire	10,0
	Ladrillo hueco sencillo	4,0
	Enlucido de yeso interior	1,0
Divisiones interiores	Enlucido de yeso interior	1,0
	Ladrillo hueco	14,0
	Enlucido de yeso interior	1,0
Muros medianeros	1/2 pie ladrillo perforado o hueco	11,5
	Enlucido de yeso interior	1,0
Forjados entre plantas	Pavimento de plaqueta de gres	1,0
	Mortero de cemento	4,0
	Forjado unidireccional con bovedilla hormigón	30,0
	Enlucido de yeso interior	1,0
Suelo de planta baja sobre el terreno	Pavimento de plaqueta de gres	1,0
	Mortero de cemento	4,0
	Losa de hormigón armado	14,0
Cubierta U = 1,74 W/(m²·K)	Pavimento de baldosa cerámica	4,0
	Mortero de cemento	5,0
	Impermeabilización	0,5
	Mortero de cemento	3,0
	Forjado unidireccional con bovedilla hormigón	30,0
	Enlucido de yeso interior	1,0
Huecos de fachada	Marcos de aluminio sin rotura de puente térmico	6,0
	Acrisolamiento de vidrio monolítico	0,4

La tabla siguiente indica un resumen del porcentaje de reducción de la demanda energética del edificio en tres situaciones: (1) rehabilitando la parte ciega de la fachada; (2) rehabilitando fachada y ventanas; (3) rehabilitando fachada, ventanas y cubierta del edificio. También se indica el coste de dicha intervención para este edificio tipo.

Demanda energética media del edificio kWh/(m²·año), espesor de aislamiento, coste de la intervención por vivienda y % de ahorro respecto a la situación inicial

Zona climática	Situación inicial	Incorporando SATE			Incorporando SATE y mejora ventanas		Incorporando SATE, mejora ventanas y cubierta	
	Total	Espesor aislamiento	Coste intervención	Ahorro %	Coste intervención	Ahorro %	Coste intervención	Ahorro %
A3 (Cádiz)	134,13	50 mm	5.302,64 €	38,5 %	6.952,67 €	59,8 %	7.803,55 €	73,8 %
B4 (Sevilla)	185,74	80 mm	5.897,79 €	37,0 %	7.547,82 €	55,8 %	8.639,83 €	69,3 %
C2 (Barcelona)	198,34	100 mm	6.350,49 €	46,2 %	8.000,52 €	71,5 %	9.595,23 €	82,1 %
D3 (Madrid)	266,77	110 mm	6.649,55 €	52,8 %	8.299,59 €	68,0 %	9.978,90 €	79,8 %
E1 (Burgos)	357,14	140 mm	7.421,46 €	55,6 %	9.071,49 €	71,9 %	10.919,42 €	81,0 %

B3.2. F.2 FACHADAS. REHABILITACIÓN TÉRMICA POR EL INTERIOR. PARA REVESTIR CON ENLUCIDO DE YESO O CON PLACA DE YESO LAMINADO

B3.2.1 LISTADO DE MATERIALES Y COSTE DEL SISTEMA DE REHABILITACIÓN

En la siguiente tabla se resume el listado de materiales, componentes y mano de obra, necesaria para realizar un metro cuadrado de superficie de la solución de rehabilitación. Los precios de referencia empleados en este estudio se han obtenido a partir del Generador de Precios de CYPE Ingenieros. Se muestra precios para la solución con revestimiento de enlucido de yeso, aunque también se ejecuta con placa de yeso laminado.

Descripción de la actuación

m²	Fachadas. Rehabilitación térmica por el interior. Para revestir con enlucido de yeso
Rehabilitación energética de fachada por el interior, mediante panel rígido de poliestireno extruido XPS, según UNE-EN 13164+A14, superficie sin piel, de 60 mm de espesor, resistencia a compresión mínima CS (10\Y) 200, sobre el paramento vertical existente, fijado con pasta de agarre y capa de revestimiento de guarnecido y enlucido de yeso. El precio incluye la resolución de encuentros y puntos singulares.	

Fachadas. Rehabilitación térmica por el interior. Para revestir con enlucido de yeso				
Ud	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1	Materiales			
kg	Mortero tipo GP W2, según UNE-EN 998-1, compuesto de cemento blanco, cal aérea, áridos ligeros, áridos calizos seleccionados, fibras naturales, aditivos y resinas en polvo, impermeable al agua de lluvia, permeable al vapor de agua y con resistencia al envejecimiento, para aplicar con llana, para adherir los paneles aislantes y como capa base, previo amasado con agua.	6,000	0,69 €	4,14 €
m ²	Panel rígido de poliestireno extruido, según UNE-EN 13164, superficie sin piel, de 60 mm de espesor, con resistencia al envejecimiento y permeable al vapor de agua, resistencia térmica 1,76 m ² K/W, conductividad térmica 0,034 W/(m·K), Euroclase E de reacción al fuego según UNE EN 13501-1 y resistencia a compresión mínima CS (10\Y) 200	1,050	14,22 €	14,93 €
m ²	Malla de fibra de vidrio tejida, antiálcalis, de 5x5 mm de luz de malla, flexible e imputrescible en el tiempo, de 70 g/m ² de masa superficial y 0,40 mm de espesor de hilo, para armar yesos	1,155	0,76 €	0,88 €
m ³	Pasta de yeso de construcción B1, según UNE-EN 13279-1	0,012	148,50 €	1,78 €
m ³	Pasta de yeso para aplicación en cada fina C6, según UNE-EN 13279-1	0,003	166,70 €	0,50 €
m	Guardavivos de plástico y metal, estable a la acción de los sulfatos	0,215	0,35 €	0,08 €
Subtotal materiales				22,31 €
2	Mano de obra			
h	Oficial 1ª montador de aislamientos.	0,109	20,48 €	2,23 €
h	Ayudante montador de aislamientos	0,109	18,92 €	2,06 €
h	Oficial 1ª yesero	0,351	19,93 €	7,00 €
h	Ayudante yesero	0,234	18,92 €	4,43 €
Subtotal mano de obra				15,72 €
3	Costes directos complementarios			
%	Costes directos complementarios	2 %	38,02 €	0,76 €
Total costes directos (1 + 2 + 3)				38,78 €

Cuadro resumen		
Ud	Descripción	Importe €/m2
m2	Fachadas. Rehabilitación térmica por el interior. Para revestir con enlucido de yeso. Con 50 mm de aislamiento térmico de poliestireno extruido XPS	36,22 €
m2	Fachadas. Rehabilitación térmica por el interior. Para revestir con enlucido de yeso. Con 80 mm de aislamiento térmico de poliestireno extruido XPS	44,20 €
m2	Fachadas. Rehabilitación térmica por el interior. Para revestir con enlucido de yeso. Con 100 mm de aislamiento térmico de poliestireno extruido XPS	50,28 €
m2	Fachadas. Rehabilitación térmica por el interior. Para revestir con enlucido de yeso. Con 110 mm de aislamiento térmico de poliestireno extruido XPS	55,83 €
m2	Fachadas. Rehabilitación térmica por el interior. Para revestir con enlucido de yeso. Con 140 mm de aislamiento térmico de poliestireno extruido XPS	64,64 €

B3.2.2 APLICACIÓN A UN EDIFICIO TIPO

La tabla siguiente indica un resumen del porcentaje de reducción de la demanda energética del edificio en tres situaciones: (1) rehabilitando la parte ciega de la fachada; (2) rehabilitando fachada y ventanas; (3) rehabilitando fachada, ventanas y cubierta del edificio. También se indica el coste de dicha intervención para este edificio tipo.

Demanda energética media del edificio kWh/(m2·año), espesor de aislamiento, coste de la intervención por vivienda y % de ahorro respecto a la situación inicial

Zona climática	Situación inicial	Incorporando trasdosado			Incorporando trasdosado y mejora ventanas		Incorporando trasdosado, mejora ventanas y cubierta	
	Total	Espesor aislamiento	Coste intervención	Ahorro %	Coste intervención	Ahorro %	Coste intervención	Ahorro %
A (Cádiz)	134,13	50 mm	2.701,29 €	27,5 %	4.351,32 €	34,8 %	5.202,20 €	49,1 %
B (Sevilla)	185,74	80 mm	3.296,44 €	27,9 %	4.946,47 €	37,1 %	6.038,48 €	51,0 %
C (Barcelona)	198,34	100 mm	3.749,88 €	35,7 %	5.399,92 €	47,2 %	6.994,63 €	58,4 %
D (Madrid)	266,77	110 mm	4.163,80 €	41,1 %	5.813,84 €	56,3 %	7.493,15 €	68,4 %
E (Burgos)	357,14	140 mm	4.820,85 €	43,6 %	6.470,89 €	60,4 %	8.318,82 €	69,8 %

B3.3. C.1 CUBIERTAS PLANAS. REHABILITACIÓN TÉRMICA POR EL EXTERIOR. CUBIERTAS INVERTIDAS NO TRANSITABLES

B3.3.1 LISTADO DE MATERIALES Y COSTE DEL SISTEMA DE REHABILITACIÓN

En la siguiente tabla se resume el listado de materiales, componentes y mano de obra, necesaria para realizar un metro cuadrado de superficie de la solución de rehabilitación. Los precios de referencia empleados en este estudio se han obtenido a partir del Generador de Precios de CYPE Ingenieros.

Descripción de la actuación

m2	Cubiertas planas. Rehabilitación energética por el exterior. Cubiertas invertidas no transitables.
<p>Rehabilitación energética de cubierta plana no transitable, con la membrana impermeable en buen estado de conservación. Sin contacto entre la membrana impermeable y la nueva capa de aislamiento térmico. Panel rígido de poliestireno extruido XPS según UNE-EN 13164+A14, superficie lisa y mecanizado lateral a media madera, de 60 mm de espesor, resistencia a compresión mínima CS (10\Y) 300, absorción de agua por inmersión total WL(T)0,7, absorción de agua por difusión WD(V)3. Capa separadora bajo protección: geotextil no tejido compuesto por fibras de poliéster unidas por agujeteado (200 g/m2). Capa de protección formada por cantos rodados lavados con espesor medio de 10 cm. El precio incluye la resolución de encuentros y puntos singulares.</p>	

Cubiertas planas. Rehabilitación energética por el exterior. Cubiertas invertidas no transitables				
Ud	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1	Materiales			
m2	Panel rígido de poliestireno extruido, según UNE-EN 13164, de superficie lisa y mecanizado material a media madera, de 60 mm de espesor, con resistencia al envejecimiento y permeable al vapor de agua, resistencia térmica 1,76 m2K/W, conductividad térmica 0,034 W/(m·K), Euroclase E de reacción al fuego según UNE EN 13501-1, resistencia a compresión mínima CS (10\Y) 300, absorción de agua por inmersión total WL(T)0,7, absorción de agua por difusión WD(V)3	1,050	14,22 €	14,93 €

Cubiertas planas. Rehabilitación energética por el exterior. Cubiertas invertidas no transitables				
Ud Descripción		Rendimiento	Precio unitario	Importe
m2	Geotextil no tejido compuesto por fibras de poliéster unidas por agujeteado, con una resistencia a la tracción longitudinal de 1,63 kN/m, una resistencia a la tracción transversal de 2,08 kN/m, una apertura de cono al ensayo de perforación dinámica según UNE-EN ISO 13433 inferior a 27 mm, resistencia CBR a punzonamiento 0,4 kN y una masa superficial de 200 g/m2, según UNE-EN 13252	1,050	0,81 €	0,85 €
t	Capa de cantos rodados lavados, de granulometría comprendida entre 16 y 32 mm, con un espesor mínimo de 10 cm	0,180	21,23 €	3,82 €
Subtotal materiales				19,60 €
2	Mano de obra			
h	Oficial 1ª construcción	0,131	19,93 €	2,61 €
h	Ayudante construcción	0,131	18,92 €	2,48 €
h	Oficial 1ª montador de aislamientos	0,109	20,48 €	2,23 €
h	Ayudante montador de aislamientos	0,109	18,92 €	2,06 €
Subtotal mano de obra				9,38 €
3	Costes directos complementarios			
%	Costes directos complementarios	2 %	28,99 €	0,58 €
Total costes directos (1 + 2 + 3)				29,57 €

Cuadro resumen		
Ud	Descripción	Importe €/m2
m2	Cubiertas planas. Rehabilitación térmica por el exterior. Cubiertas invertidas no transitables. Con 60 mm de aislamiento térmico de poliestireno extruido XPS	29,57 €
m2	Cubiertas planas. Rehabilitación térmica por el exterior. Cubiertas invertidas no transitables. Con 90 mm de aislamiento térmico de poliestireno extruido XPS	37,95 €
m2	Cubiertas planas. Rehabilitación térmica por el exterior. Cubiertas invertidas no transitables. Con 140 mm de aislamiento térmico de poliestireno extruido XPS	55,42 €
m2	Cubiertas planas. Rehabilitación térmica por el exterior. Cubiertas invertidas no transitables. Con 150 mm de aislamiento térmico de poliestireno extruido XPS	58,36 €
m2	Cubiertas planas. Rehabilitación térmica por el exterior. Cubiertas invertidas no transitables. Con 170 mm de aislamiento térmico de poliestireno extruido XPS	64,22 €

B3.3.2 APLICACIÓN A UN EDIFICIO TIPO

La tabla siguiente indica un resumen del porcentaje de reducción de la demanda energética del edificio en tres situaciones: (1) rehabilitando la cubierta; (2) rehabilitando la cubierta y las ventanas; (3) rehabilitando la cubierta, las ventanas y las fachadas. También se indica el coste de dicha intervención para este edificio tipo.

Demanda energética media del edificio kWh/(m²·año), espesor de aislamiento, coste de la intervención por vivienda y % de ahorro respecto a la situación inicial

Zona climática	Situación inicial	Incorporando aislamiento sobre la cubierta			Mejorando cubierta y ventanas		Mejorando cubierta, ventanas y fachadas SATE	
		Total	Espesor aislamiento	Coste intervención	Ahorro %	Coste intervención	Ahorro %	Coste intervención
A (Cádiz)	134,13	60 mm	850,88 €	14,2 %	2.500,91 €	21,9 %	7.803,55 €	73,8 %
B (Sevilla)	185,74	90 mm	1.092,01 €	13,9 %	2.742,05 €	23,4 %	8.639,83 €	69,3 %
C (Barcelona)	198,34	140 mm	1.594,71 €	11,2 %	3.244,75 €	23,2 %	9.595,23 €	82,1 %
D (Madrid)	266,77	150 mm	1.679,31 €	12,2 %	3.329,35 €	28,1 %	9.978,90 €	79,8 %
E (Burgos)	357,14	170 mm	1.847,93 €	9,8 %	3.497,97 €	26,9 %	10.919,42 €	81,0 %

B3.4. C.2 CUBIERTAS PLANAS. REHABILITACIÓN TÉRMICA POR EL EXTERIOR. CUBIERTAS INVERTIDAS TRANSITABLES

B3.4.1 LISTADO DE MATERIALES Y COSTE DEL SISTEMA DE REHABILITACIÓN

En la siguiente tabla se resume el listado de materiales, componentes y mano de obra, necesaria para realizar un metro cuadrado de superficie de la solución de rehabilitación. Los precios de referencia empleados en este estudio se han obtenido a partir del Generador de Precios de CYPE Ingenieros.

Descripción de la actuación

m2	Cubiertas planas. Rehabilitación energética por el exterior. Cubiertas invertidas transitables.
<p>Rehabilitación energética de cubierta plana no transitable, con la membrana impermeable en buen estado de conservación. Sin contacto entre la membrana impermeable y la nueva capa de aislamiento térmico. Panel rígido de poliestireno extruido XPS según UNE-EN 13164+A14, superficie lisa y mecanizado lateral a media madera, de 60 mm de espesor, resistencia a compresión mínima CS (10\Y) 300, absorción de agua por inmersión total WL(T)0,7, absorción de agua por difusión WD(V)3. Capa separadora bajo protección: geotextil no tejido compuesto por fibras de poliéster unidas por agujeteado (200 g/m2). Capa de protección formada por baldosas de cemento sobre soportes regulables. El precio incluye la resolución de encuentros y puntos singulares.</p>	

Cubiertas planas. Rehabilitación energética por el exterior. Cubiertas invertidas transitables				
	Ud Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1	Materiales			
m2	Panel rígido de poliestireno extruido, según UNE-EN 13164, de superficie lisa y mecanizado material a media madera, de 60 mm de espesor, con resistencia al envejecimiento y permeable al vapor de agua, resistencia térmica 1,76 m2K/W, conductividad térmica 0,034 W/(m·K), Euroclase E de reacción al fuego según UNE EN 13501-1, resistencia a compresión mínima CS (10\Y) 300, absorción de agua por inmersión total WL(T)0,7, absorción de agua por difusión WD(V)3	1,050	14,22 €	14,93 €
m2	Geotextil no tejido compuesto por fibras de poliéster unidas por agujeteado, con una resistencia a la tracción longitudinal de 1,63 kN/m, una resistencia a la tracción transversal de 2,08 kN/m, una apertura de cono al ensayo de perforación dinámica según UNE-EN ISO 13433 inferior a 27 mm, resistencia CBR a punzonamiento 0,4 kN y una masa superficial de 200 g/m2, según UNE-EN 13252	1,050	0,81 €	0,85 €
Ud	Soporte regulable, de poliolefinas, con adición de carga mineral, de color negro, con 750 kg de capacidad mecánica a compresión y base redonda plana, para alturas entre 30 y 50 m; estabilidad térmica de -25°C hasta 110°C; imputrescible, resistencia al envejecimiento e intemperie.	7,500	1,06 €	7,95 €
m2	Baldosa de cemento con acabado en garbancillo, de 40x40cm	1,050	8,13 €	8,54 €
Subtotal materiales				32,27 €
2	Mano de obra			
h	Oficial 1ª construcción	0,164	19,93 €	3,27 €
h	Ayudante construcción	0,164	18,92 €	3,10 €
h	Oficial 1ª montador de aislamientos	0,109	20,48 €	2,23 €
h	Ayudante montador de aislamientos	0,109	18,92 €	2,06 €
Subtotal mano de obra				10,67 €
3	Costes directos complementarios			
%	Costes directos complementarios	2 %	42,93 €	0,86 €
Total costes directos (1 + 2 + 3)				43,79 €

Cuadro resumen		
Ud	Descripción	Importe €/m2
m2	Cubiertas planas. Rehabilitación térmica por el exterior. Cubiertas invertidas transitables. Con 60 mm de aislamiento térmico de poliestireno extruido XPS	43,79 €
m2	Cubiertas planas. Rehabilitación térmica por el exterior. Cubiertas invertidas transitables. Con 90 mm de aislamiento térmico de poliestireno extruido XPS	52,18 €
m2	Cubiertas planas. Rehabilitación térmica por el exterior. Cubiertas invertidas transitables. Con 140 mm de aislamiento térmico de poliestireno extruido XPS	69,65 €
m2	Cubiertas planas. Rehabilitación térmica por el exterior. Cubiertas invertidas transitables. Con 150 mm de aislamiento térmico de poliestireno extruido XPS	72,58 €
m2	Cubiertas planas. Rehabilitación térmica por el exterior. Cubiertas invertidas transitables. Con 170 mm de aislamiento térmico de poliestireno extruido XPS	78,45 €

B3.4.2 APLICACIÓN A UN EDIFICIO TIPO

La tabla siguiente indica un resumen del porcentaje de reducción de la demanda energética del edificio en tres situaciones: (1) rehabilitando la cubierta; (2) rehabilitando la cubierta y las ventanas; (3) rehabilitando la cubierta, las ventanas y las fachadas. También se indica el coste de dicha intervención para este edificio tipo.

Demanda energética media del edificio kWh/(m2·año), espesor de aislamiento, coste de la intervención por vivienda y % de ahorro respecto a la situación inicial

Zona climática	Situación inicial	Incorporando aislamiento sobre la cubierta			Mejora cubierta y ventanas		Mejora cubierta, ventanas y fachadas SATE	
	Total	Espesor aislamiento	Coste intervención	Ahorro %	Coste intervención	Ahorro %	Coste intervención	Ahorro %
A (Cádiz)	134,13	60 mm	1.260,06 €	14,2 %	2.910,09 €	21,9 %	8.212,73 €	73,8 %
B (Sevilla)	185,74	90 mm	1.501,48 €	13,9 %	3.151,52 €	23,4 %	9.049,30 €	69,3 %
C (Barcelona)	198,34	140 mm	2.004,18 €	11,2 %	3.654,21 €	23,2 %	10.004,70 €	82,1 %
D (Madrid)	266,77	150 mm	2.088,49 €	12,2 %	3.738,53 €	28,1 %	10.388,08 €	79,8 %
E (Burgos)	357,14	170 mm	2.257,40 €	9,8 %	3.907,43 €	26,9 %	11.328,89 €	81,0 %

B3.5. C.3 CUBIERTAS INCLINADAS. REHABILITACIÓN TÉRMICA POR EL EXTERIOR. BAJO TEJA

B3.5.1 LISTADO DE MATERIALES Y COSTE DEL SISTEMA DE REHABILITACIÓN

En la siguiente tabla se resume el listado de materiales, componentes y mano de obra, necesaria para realizar un metro cuadrado de superficie de la solución de rehabilitación. Los precios de referencia empleados en este estudio se han obtenido a partir del Generador de Precios de CYPE Ingenieros.

Descripción de la actuación

m2	Cubiertas inclinadas. Rehabilitación térmica por el exterior. Bajo teja.
<p>Rehabilitación energética de cubierta inclinada con una pendiente media del 30% a menos de 20 m de altura, con aislamiento térmico por el exterior, previo desmontaje de la capa de cobertura de teja cerámica existente.</p> <p>Panel rígido de poliestireno extruido XPS según UNE-EN 13164+A14, superficie acanalada a ambas caras y mecanizado lateral a media madera, de 60 mm de espesor, resistencia a compresión mínima CS (10\Y) 150, absorción de agua por inmersión total WL(T)0,7, absorción de agua por difusión WD(V)5. Fijación mecánica colocada directamente sobre la superficie soporte. Cobertura formada por tejas cerámicas fijadas mediante pELLadas de mortero de cemento aplicadas directamente sobre la superficie acanalada del aislamiento térmico. El precio incluye la resolución de encuentros y puntos singulares.</p>	

Cubiertas inclinadas. Rehabilitación térmica por el exterior. Bajo teja					
	Ud	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
	Materiales				
m2		Panel rígido de poliestireno extruido, según UNE-EN 13164, de superficie acanalada a ambas caras y mecanizado material a media madera, de 60 mm de espesor, con resistencia al envejecimiento y permeable al vapor de agua, resistencia térmica 1,76 m2K/W, conductividad térmica 0,034 W/(m·K), Euroclase E de reacción al fuego según UNE EN 13501-1, resistencia a compresión mínima CS (10\Y) 150, absorción de agua por inmersión total WL(T)0,7, absorción de agua por difusión WD(V)5	1,050	14,22 €	14,93 €
m2		Fijación mecánica para paneles aislantes de poliestireno extruido, colocados directamente sobre la superficie soporte.	2,500	0,19 €	0,48 €
m3		Agua	0,010	1,50 €	0,02 €
t		Mortero industrial para albañilería, de cemento, de color gris, categoría M-2,5 (resistencia a compresión 2,5 N/mm2, suministrado en sacos, según UNE-EN 998-2	0,056	32,93 €	1,84 €

Cubiertas inclinadas. Rehabilitación térmica por el exterior. Bajo teja				
Ud Descripción		Rendimiento	Precio unitario	Importe
Ud	Teja cerámica curva, acabada con engobe color rojo, 40,8x15x11,6 cm, según UNE-EN 1304	33,000	0,61 €	20,13 €
kg	Pigmento de mortero	0,027	6,00 €	0,16 €
Subtotal materiales				37,56 €
	Mano de obra			
h	Oficial 1ª construcción	0,638	19,93 €	12,72 €
h	Peón ordinario construcción	0,319	18,69 €	5,96 €
h	Oficial 1ª montador de aislamientos	0,082	20,48 €	1,68 €
h	Ayudante montador de aislamientos	0,082	18,92 €	1,55 €
Subtotal mano de obra				21,91 €
	Costes directos complementarios			
%	Costes directos complementarios	2 %	59,47 €	1,19 €
Total costes directos (1 + 2 + 3)				60,65 €

Cuadro resumen		
Ud	Descripción	Importe €/m2
m2	Cubierta inclinada. Rehabilitación térmica por el exterior. Bajo teja. Con 60 mm de aislamiento térmico de poliestireno extruido XPS	60,65 €
m2	Cubierta inclinada. Rehabilitación térmica por el exterior. Bajo teja. Con 90 mm de aislamiento térmico de poliestireno extruido XPS	69,04 €
m2	Cubierta inclinada. Rehabilitación térmica por el exterior. Bajo teja. Con 140 mm de aislamiento térmico de poliestireno extruido XPS	86,51 €
m2	Cubierta inclinada. Rehabilitación térmica por el exterior. Bajo teja. Con 150 mm de aislamiento térmico de poliestireno extruido XPS	89,44 €
m2	Cubierta inclinada. Rehabilitación térmica por el exterior. Bajo teja. Con 170 mm de aislamiento térmico de poliestireno extruido XPS	95,31 €

B3.5.2 APLICACIÓN A UN EDIFICIO TIPO

La tabla siguiente indica un resumen del porcentaje de reducción de la demanda energética del edificio en tres situaciones: (1) rehabilitando la cubierta; (2) rehabilitando la cubierta y las ventanas; (3) rehabilitando la cubierta, las ventanas y las fachadas. También se indica el coste de dicha intervención para este edificio tipo.

Demanda energética media del edificio kWh/(m2·año), espesor de aislamiento, coste de la intervención por vivienda y % de ahorro respecto a la situación inicial

Zona climática	Situación inicial	Incorporando aislamiento sobre la cubierta			Mejora cubierta y ventanas		Mejora cubierta, ventanas y fachadas SATE	
		Total	Espesor aislamiento	Coste intervención	Ahorro %	Coste intervención	Ahorro %	Coste intervención
A (Cádiz)	134,13	60 mm	1.745,20 €	14,2 %	3.395,24 €	21,9 %	8.697,88 €	73,8 %
B (Sevilla)	185,74	90 mm	1.986,63 €	13,9 %	3.636,66 €	23,4 %	9.534,45 €	69,3 %
C (Barcelona)	198,34	140 mm	2.489,33 €	11,2 %	4.139,36 €	23,2 %	10.489,85 €	82,1 %
D (Madrid)	266,77	150 mm	2.573,64 €	12,2 %	4.223,67 €	28,1 %	10.873,22 €	79,8 %
E (Burgos)	357,14	170 mm	2.742,55 €	9,8 %	4.392,58 €	26,9 %	11.814,04 €	81,0 %

B3.6 S.1 SUELOS EXTERIORES O CON ESPACIOS NO HABITABLES. REHABILITACIÓN TÉRMICA POR EL INTERIOR

B3.6.1 LISTADO DE MATERIALES Y COSTE DEL SISTEMA DE REHABILITACIÓN

En la siguiente tabla se resume el listado de materiales, componentes y mano de obra, necesaria para realizar un metro cuadrado de superficie de la solución de rehabilitación. Los precios de referencia empleados en este estudio se han obtenido a partir del Generador de Precios de CYPE Ingenieros.

Descripción de la actuación

m2	Suelos exteriores o con espacios no habitables. Rehabilitación térmica por el interior.
<p>Rehabilitación energética de suelo en contacto con el exterior o con espacios no habitables, con aislamiento térmico por el interior aplicado sobre el pavimento existente. Panel rígido de poliestireno extruido XPS según UNE-EN 13164+A14, superficie lisa y mecanizado lateral a media madera, de 60 mm de espesor, resistencia a compresión mínima CS (10\Y) 200. Film de polietileno de baja densidad LDPE de 0,2 mm de espesor. Capa de nivelación de 40 mm de espesor, de mortero de cemento autonivelante CT-C10-F3 según UNE-EN 13813, vertido con mezcladora bombeadora. Pavimento de baldosas cerámicas de gres esmaltado de 25x25 cm, capacidad de absorción de agua $3\% \leq E < 6\%$, grupo BIIa, resistencia al deslizamiento $35 < Rd \leq 45$, clase 0, recibidas con adhesivo cementoso de uso exclusivo en interiores Ci y rejuntado con mortero de juntas cementoso tipo L, color blanco, para juntas de hasta 3 mm. El precio incluye la resolución de encuentros y puntos singulares.</p>	

Suelos exteriores o con espacios no habitables. Rehabilitación térmica por el interior				
	Ud Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1	Materiales			
m2	Panel rígido de poliestireno extruido, según UNE-EN 13164, de superficie lisa y mecanizado material a media madera, de 60 mm de espesor, con resistencia al envejecimiento y permeable al vapor de agua, resistencia térmica 1,76 m2K/W, conductividad térmica 0,034 W/(m·K), Euroclase E de reacción al fuego según UNE EN 13501-1, resistencia a compresión mínima CS (10\Y) 200.	1,050	14,22 €	14,93 €
m2	Barrera de film de polietileno de baja densidad LDPE, de 0,2 mm de espesor y 200 g/m2 de masa superficial.	1,100	0,60 €	0,66 €
m	Cinta autoadhesiva para sellado de juntas	0,400	0,30 €	0,12 €
m3	Mortero autonivelante, CT-C10-F3 según UNE-EN 13813, a base de cemento, para espesores de 4 a 10 cm, usado en nivelación de pavimentos	0,040	213,40 €	8,54 €
kg	Adhesivo cementoso de uso exclusivo para interiores, Ci, color gris	3,000	0,22 €	0,66 €
m2	Baldosa cerámica de gres esmaltado, 25x25 cm, capacidad de absorción de agua $3\% \leq E < 6\%$, grupo BIIa, según UNE-EN 14411, resistencia al deslizamiento $35 < Rd \leq 45$ según UNE-EN 41901 EX, resbaladicidad clase 3 según CTE	1,050	8,00 €	8,40 €
kg	Mortero de juntas cementoso, tipo L, color blanco, para juntas de hasta 3 mm, a base de cemento blanco de alta resistencia y aditivos especiales, para rejuntado de piezas cerámicas con grado de absorción medio-alto	0,180	1,62 €	0,29 €
Subtotal materiales				33,60 €
2	Equipo y maquinaria			
h	Mescladora bombeadora para morteros y yesos proyectados de 3m3/h	0,015	8,52	0,13 €
Subtotal equipo y maquinaria				0,13 €
3	Mano de obra			

h	Oficial 1ª construcción	0,087	19,93 €	1,73 €
h	Peón ordinario construcción	0,058	18,69 €	1,08 €
h	Oficial 1ª soldador	0,437	19,93 €	8,71 €
h	Ayudante soldador	0,219	18,92 €	4,14 €
h	Oficial 1ª montador de aislamientos	0,109	20,48 €	2,23 €
h	Ayudante montador de aislamientos	0,109	18,92 €	2,06 €
Subtotal mano de obra				19,97 €
4	Costes directos complementarios			
%	Costes directos complementarios	2 %	53,69 €	1,07 €
Total costes directos (1 + 2 + 3 + 4)				54,64 €

Cuadro resumen		
Ud	Descripción	Importe €/m2
m2	Suelos exteriores o con espacios no habitable. Rehabilitación térmica por el interior. Con 50 mm de aislamiento térmico de poliestireno extruido XPS	52,08 €
m2	Suelos exteriores o con espacios no habitable. Rehabilitación térmica por el interior. Con 80 mm de aislamiento térmico de poliestireno extruido XPS	60,06 €
m2	Suelos exteriores o con espacios no habitable. Rehabilitación térmica por el interior. Con 100 mm de aislamiento térmico de poliestireno extruido XPS	66,13 €
m2	Suelos exteriores o con espacios no habitable. Rehabilitación térmica por el interior. Con 110 mm de aislamiento térmico de poliestireno extruido XPS	71,69 €
m2	Suelos exteriores o con espacios no habitable. Rehabilitación térmica por el interior. Con 140 mm de aislamiento térmico de poliestireno extruido XPS	80,49 €

B3.6.2 APLICACIÓN A UN EDIFICIO TIPO

En este caso se ha considerado que, en la planta primera del edificio, hay un voladizo tanto a sur como a norte, de 1,5 m de vuelo, en todo el ancho de las fachadas, por tanto la superficie de suelo exterior del edificio es de 51,88 m².

La tabla siguiente indica un resumen del porcentaje de reducción de la demanda energética del edificio en tres situaciones: (1) rehabilitando el suelo; (2) rehabilitando el suelo y sustituyendo ventanas; (3) rehabilitando el suelo, la fachada con SATE y sustituyendo ventanas. También se indica el coste de dicha intervención para este edificio tipo.

Demanda energética media del edificio kWh/(m²·año), espesor de aislamiento, coste de la intervención por vivienda y % de ahorro respecto a la situación inicial

Zona climática	Situación inicial	Incorporando aislamiento sobre el suelo			Mejora suelo y ventanas		Mejora suelo, ventanas y fachadas SATE	
	Total	Espesor aislamiento	Coste intervención	Ahorro %	Coste intervención	Ahorro %	Coste intervención	Ahorro %
A (Cádiz)	126,80	50 mm	450,32 €	2,5 %	2.100,35 €	8,6 %	7.402,99 €	57,5 %
B (Sevilla)	176,53	80 mm	519,32 €	2,6 %	2.169,35 €	10,2 %	8.067,14 €	53,6 %
C (Barcelona)	176,50	100 mm	571,80 €	3,7 %	2.221,84 €	14,0 %	8.572,33 €	69,7 %
D (Madrid)	274,64	110 mm	619,88 €	4,8 %	2.269,92 €	18,4 %	8.919,47 €	65,1 %
E (Burgos)	350,09	140 mm	695,88 €	5,1 %	2.345,92 €	10,9 %	9.767,38 €	69,2 %

B3.7. P.1 PARTICIONES INTERIORES HORIZONTALES (TECHO BAJO CUBIERTA) EN CONTACTO CON ESPACIOS NO HABITABLES. REHABILITACIÓN TÉRMICA POR EL INTERIOR. PARA REVESTIR CON PLACA DE YESO LAMINADO

B3.7.1 LISTADO DE MATERIALES Y COSTE DEL SISTEMA DE REHABILITACIÓN

En la siguiente tabla se resume el listado de materiales, componentes y mano de obra, necesaria para realizar un metro cuadrado de superficie de la solución de rehabilitación. Los precios de referencia empleados en este estudio se han obtenido a partir del Generador de Precios de CYPE Ingenieros.

Descripción de la actuación

m2	Particiones interiores horizontales (techo bajo cubierta) en contacto con espacios no habitables. Rehabilitación térmica por el interior. Para revestir con placa de yeso laminado
<p>Rehabilitación energética de partición interior horizontal, mediante falso techo, con aislamiento térmico por la cara inferior del forjado, mediante panel rígido de poliestireno extruido XPS según UNE-EN 13164+A14, superficie lisa y mecanizado lateral a media madera, de 60 mm de espesor. Falso techo continuo suspendido liso constituido por: estructura metálica de acero galvanizado de maestras primarias 60/27 mm con una modulación de 1000 mm y suspendidas del forjado o elemento soporte con descuelgues combinados cada 900 mm y maestras secundarias fijadas perpendiculares a las primarias con conectores tipo caballete con una modulación de 500mm y una capa de placas de yeso laminado de 12,5 mm de espesor con los bordes longitudinales afinados. Incluso banda autoadhesiva desolidarizante, perfiles en U de acero galvanizado, de 30 mm, fijaciones para el anclaje de los perfiles, tornillería para la fijación de las placas, pasta de juntas, cinta microperforada de papel y accesorios de montaje. El precio incluye las ayudas de albañilería para instalaciones y no incluye el revestimiento de pintura.</p>	

Particiones interiores horizontales (techo bajo cubierta) en contacto con espacios no habitables. Rehabilitación térmica por el interior. Para revestir con placa de yeso laminado.				
	Ud Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1	Materiales			
m2	Panel rígido de poliestireno extruido, según UNE-EN 13164, superficie lisa, de 60 mm de espesor, con resistencia al envejecimiento y permeable al vapor de agua, resistencia térmica 1,76 m2K/W, conductividad térmica 0,034 W/(m·K), Euroclase E de reacción al fuego según UNE EN 13501-1	1,050	14,22 €	14,93 €
m	Perfil en U, de acero galvanizado, de 30 mm	0,400	0,87 €	0,35 €
Ud	Fijación compuesta por taco y tornillo 5x27	2,000	0,06 €	0,12 €
Ud	Cuelgue para falsos techos suspendidos	1,200	0,46 €	0,55 €
Ud	Seguro para la fijación del cuelgue, en falsos techos suspendidos	1,200	0,04 €	0,05 €
Ud	Conexión superior para fijar la varilla al cuelgue, en falsos techos suspendidos	1,200	0,57 €	0,68 €
Ud	Varilla de cuelgue	1,200	0,38 €	0,46 €
m	Maestra 60/27, acero galvanizado, ancho 60mm, según UNE-EN 14195	3,200	0,85 €	2,72 €
Ud	Conector, para maestra 60/27	0,600	0,22 €	0,13 €
Ud	Conector tipo caballete, para maestra 60/27	2,300	0,26 €	0,60 €
m2	Placa de yeso laminado, espesor 12,5mm, bordes longitudinales afinados	1,000	4,67 €	4,67 €
Ud	Tornillo autoperforante 3,5x25 mm	17,000	0,01 €	0,17 €

Particiones interiores horizontales (techo bajo cubierta) en contacto con espacios no habitables. Rehabilitación térmica por el interior. Para revestir con placa de yeso laminado.				
Ud	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
m	Banda autoadhesiva desolidarizante de espuma de poliuretano de celdas cerradas, de 3,2 mm de espesor y 50 mm de anchura, resistencia térmica 0,10 m ² K/W, conductividad térmica 0,032 W/(m·K)	0,400	0,25 €	0,10 €
kg	Pasta de juntas, según UNE-EN 13963	0,300	1,14 €	0,34 €
m	Cinta microperforada de papel, según UNE-EN 13963	0,450	0,04 €	0,02 €
Subtotal materiales				25,89 €
2	Mano de obra			
h	Oficial 1ª montador	0,337	20,48 €	6,90 €
h	Ayudante montador	0,145	18,92 €	2,74 €
h	Oficial 1ª montador de aislamientos	0,076	20,48 €	1,56 €
h	Ayudante montador de aislamientos	0,076	18,92 €	1,44 €
Subtotal mano de obra				12,64 €
3	Costes directos complementarios			
%	Costes directos complementarios	2 %	38,53 €	0,77 €
Total costes directos (1 + 2 + 3)				39,30 €

Cuadro resumen		
Ud	Descripción	Importe €/m ²
m ²	Particiones interiores horizontales (techo bajo cubierta) en contacto con espacios no habitables. Rehabilitación térmica por el interior. Para revestir con placa de yeso laminado. Con 30 mm de aislamiento térmico de poliestireno extruido XPS	31,68 €
m ²	Particiones interiores horizontales (techo bajo cubierta) en contacto con espacios no habitables. Rehabilitación térmica por el interior. Para revestir con placa de yeso laminado. Con 60 mm de aislamiento térmico de poliestireno extruido XPS	39,30 €

B3.7.2 APLICACIÓN A UN EDIFICIO TIPO

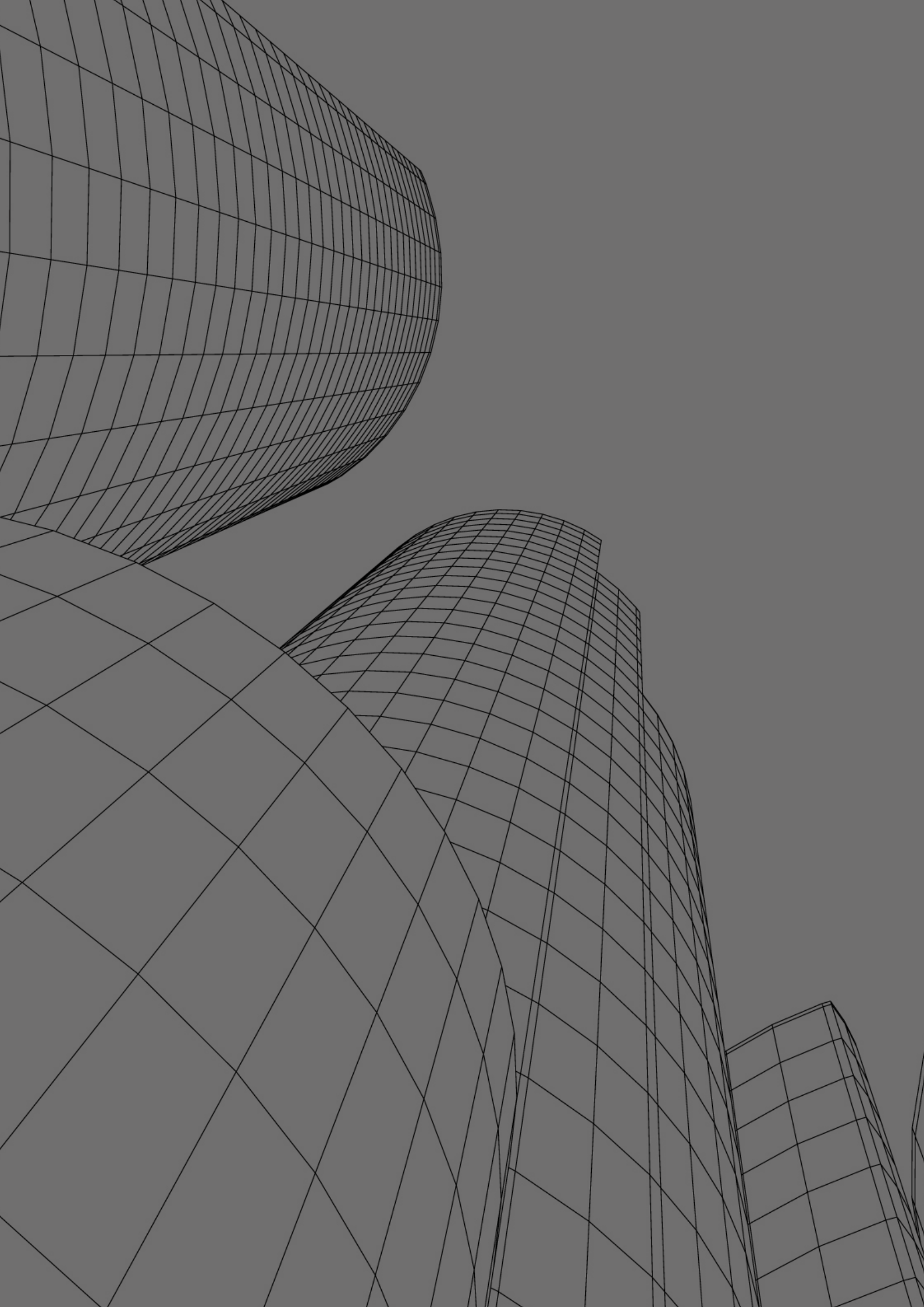
La tabla siguiente indica un resumen del porcentaje de reducción de la demanda energética del edificio en tres situaciones: (1) rehabilitando la partición interior horizontal; (2) rehabilitando la partición y sustituyendo ventanas; (3) rehabilitando la partición, la fachada con SATE y sustituyendo ventanas. También se indica el coste de dicha intervención para este edificio tipo.

Demanda energética media del edificio kWh/(m2·año), espesor de aislamiento, coste de la intervención por vivienda y % de ahorro respecto a la situación inicial

Zona climática	Situación inicial	Incorporando aislamiento en la partición interior horizontal			Mejora la partición y las ventanas		Mejora partición, ventanas y fachadas SATE	
	Total	Espesor aislamiento	Coste intervención	Ahorro %	Coste intervención	Ahorro %	Coste intervención	Ahorro %
A (Cádiz)	134,13	30 mm	911,59 €	10,4 %	2.561,63 €	18,1 %	7.864,27 €	70,0 %
B (Sevilla)	185,74	30 mm	911,59 €	10,4 %	2.561,63 €	19,9 %	8.459,41 €	65,9 %
C (Barcelona)	198,34	60 mm	1.130,86 €	9,4 %	2.780,89 €	21,4 %	9.131,38 €	80,4 %
D (Madrid)	266,77	60 mm	1.130,86 €	10,2 %	2.780,89 €	26,0 %	9.430,45 €	77,8 %
E (Burgos)	357,14	60 mm	1.130,86 €	8,0 %	2.780,89 €	25,1 %	10.202,35 €	79,4 %

BLOQUE 4. NORMATIVA, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS





B4.1. NORMATIVA Y RECOMENDACIONES

LA NORMATIVA BÁSICA APLICABLE ES EL CÓDIGO TÉCNICO DE EDIFICACIÓN (CTE) EN TODOS SUS APARTADOS.

- Parte 1. Exigencias básicas.
- Parte 2. Documentos Básicos de aplicación del CTE (DB-SE, DB-SI, DB-SUA, DB-HE, DB-HR y DB- HS).

Se recomienda el uso de normas voluntarias de carácter nacional (UNE), europeo (EN) o internacional (ISO) en los casos de productos o aplicaciones que no estén recogidos en los Documentos Básicos del CTE.

Se recomienda el uso de Documentos de Idoneidad Técnica (DIT) o Adecuación al Uso (DAU) nacionales y sobretodo europeos (ETE) así como las GUÍAS de evaluación de dichos documentos (EAD) como referencias normativas para las aplicaciones no recogidas expresamente en los Documentos Básicos del CTE.

B4.2. BIBLIOGRAFÍA

(1) ERESEE 2020. Actualización 2020 de la estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España. <https://www.mitma.gob.es/el-ministerio/planes-estrategicos/estrategia-a-largo-plazo-para-la-rehabilitacion-energetica-en-el-sector-de-la-edificacion-en-espana>

(2) DB-HE Documento Básico de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación. <https://www.codigotecnico.org/DocumentosCTE/AhorroEnergia.html>

(3) EN 13164:2013+A1. Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de poliestireno extruido (XPS). Especificación.

(4) Generador de precios de la construcción. CYPE Ingenieros.

(5) UNE 92182. Características mínimas recomendables para distintas aplicaciones. Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de poliestireno extruido (XPS).

(6) Catálogo de Elementos del CTE. <https://www.codigotecnico.org/Programas/CatalogoElementosConstructivos.html>

B4.3. HISTÓRICO DE MODIFICACIONES

Revisión	Fecha	Modificaciones efectuadas
1	09/01/23	Emisión del documento

ANEXO 1. CUADRO DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS PRODUCTOS DE AISLAMIENTO TÉRMICO DE POLIESTIRENO EXTRUIDO XPS

Símbolo	Unidades	Observaciones
λ_D Conductividad Térmica Declarada. Cuanto más bajo es el valor, mejores prestaciones aislantes.	W/m·K a 10°C	El valor declarado de la conductividad térmica se obtiene a partir del redondeo al alza (0,001 W/m·K) del valor estadístico que representa al 90% de los productos y al 90% del valor declarado. Por ejemplo: $\lambda_{90/90}=0,0353$ [W/m·K] implica $\lambda_D=0,036$ [W/m·K]
Resistencia térmica declarada para un espesor dN. Cuanto más alto es este valor mayor nivel de aislamiento térmico	m ² ·K/W	El valor declarado de la resistencia térmica se obtiene a partir del redondeo a la baja (0,05 m ² ·K/W) del valor estadístico que representa al 90% de los productos y al 90% del valor declarado. Por ejemplo, para el caso anterior un producto de 6 cm de espesor: $R_{90/90}=1,66$ [m ² ·K/W] implica $RD=1,65$ [m ² ·K/W]

Propiedad	Concepto	Símbolo	Niveles	Especificaciones
Tolerancias dimensionales	Longitud	—	≤ 1.500 mm > 1.500 mm	± 8 mm ± 10 mm
	Ancho	—	≤ 1.500 mm > 1.500 mm	± 8 mm ± 10 mm
	Rectangularidad	S _b	—	5 mm/m
	Rectangularidad	S _{máx.}	—	6 mm/m
	Espesor dN	T	T1 T2 T3	dN < 50 mm → ± 2 mm 50 ≤ dN < 120 mm → - 2 + 3 mm dN ≥ 120 mm → - 2 + 6 mm ± 1,5 mm ± 1 mm

Propiedad	Concepto	Símbolo	Especificaciones	
			Longitud y anchura	Espesor
Estabilidad	Estabilidad en condiciones específicas	DS(70,-)	5 %	5 %
		DS(23,90)	2 %	2 %
		DS(70,90)	5 %	5 %

Propiedad	Concepto	Símbolo	Niveles	Especificaciones	Aplicable a	Observaciones
Resistencias mecánicas	Deformación bajo condiciones específicas de carga a compresión y de temperatura	DLT	1 2	≤ 5 % ≤ 5%	Materiales sometidos a carga	
	Tensión de compresión	CS	100 a 1.000	Indica la tensión de compresión para una deformación del 10% del espesor expresada en kPa	Productos para suelos y cubiertas	Capacidad para soportar cargas
	Tracción	TR	100 a 1.200	Indica la resistencia a tracción perpendicular a las caras expresada en kPa	Complejos de traspasado. Núcleos para paneles sándwich	Resistencia al deslaminado
	Fluencia	CC	-	Indica la reducción total del espesor (%), la reducción diferida (%) el número de años y la carga considerada (kPa)	Aislamiento de cimentaciones	Capacidad de soportar cargas elevadas de forma permanente.
Agua	Absorción de agua a largo plazo por inmersión total	WL(T)	3 1,5 0,7	El valor indica el porcentaje de absorción de agua por inmersión total	Cubiertas invertidas o aislamiento por el exterior de muros o suelos enterrados	Capacidad de estar en contacto habitualmente con el agua
	Absorción de agua a largo plazo por difusión	WD(V)	1 2 3 4 5	El valor indica el porcentaje de absorción de agua por difusión		
Vapor de agua	Permeabilidad al vapor de agua	MU	50 a 300	El valor indica el factor de difusión de vapor de agua	Condensación intersticial en cerramientos	

ANEXO 2. GLOSARIO DE TÉRMINOS RELACIONADOS CON EL POLIESTIRENO EXTRUIDO XPS

Aislante térmico. Elemento que tiene una conductividad térmica menor que $0,060 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ y una resistencia térmica mayor que $0,25 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$.

Clase. (UNE-EN 13164+A1) Combinación de los dos niveles de la misma propiedad entre los que debe situarse el rendimiento, en la que los niveles proceden del valor declarado de la característica correspondiente.

Nivel. (UNE EN 13164+A1) Valor dado que constituye el límite superior o inferior de un requisito. El nivel se obtiene a partir del valor declarado de las características correspondientes.

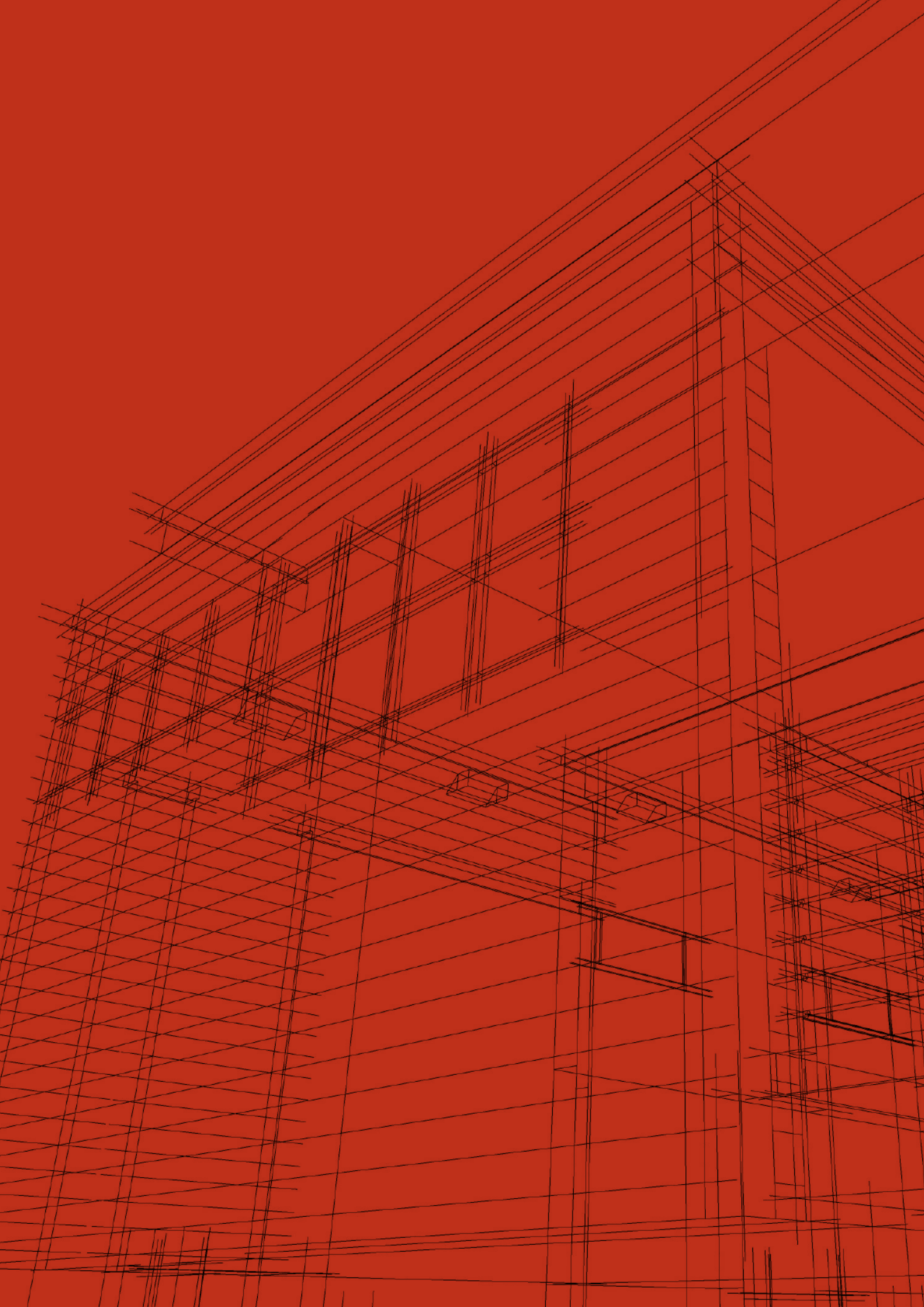
Panel o plancha, placa. (UNE EN 13164+A1) Producto aislante rígido o semirrígido de forma y sección transversal rectangulares con un espesor uniforme y significativamente más pequeño que las otras dimensiones. Los paneles o planchas suelen ser más delgados que las placas. También puede suministrarse con espesor variable.

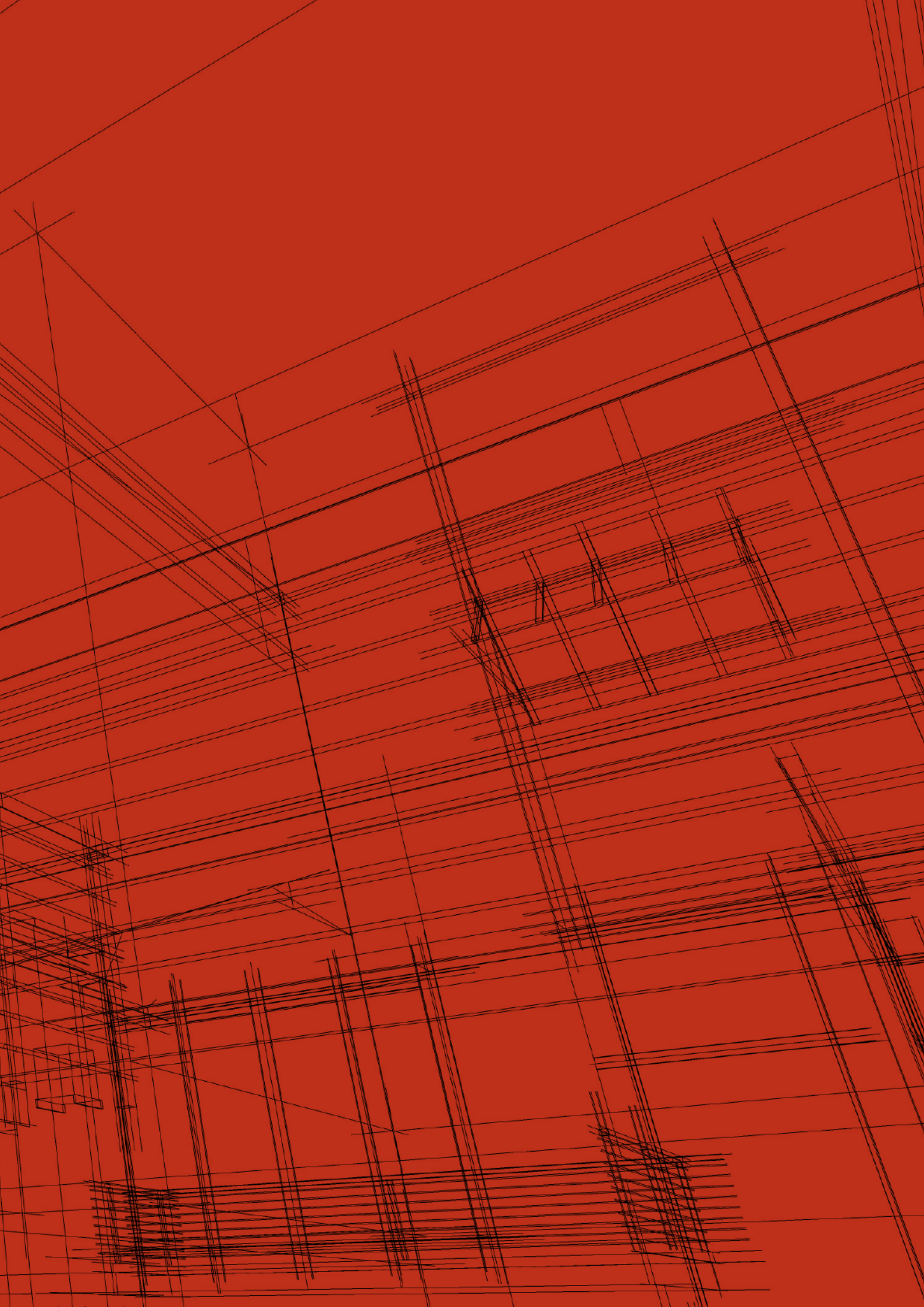
Espuma de poliestireno extruido. (UNE EN 13164+A1) Material rígido aislante plástico que ha sido extruido y expandido, con o sin revestimiento, a partir de poliestireno o de uno de sus copolímeros presentando una estructura de célula cerrada.

Valor térmico declarado. (UNE-EN ISO 10456) Valor esperado de una propiedad térmica de un material o producto de edificación:

- evaluado a partir de datos medidos en condiciones de referencia de temperatura y humedad;
- dado para una fracción establecida con un nivel de confianza dado;
- correspondiente a un tiempo de vida de servicio esperado razonable bajo condiciones normales.

Valor térmico de diseño. (UNE-EN ISO 10456) Valor de una propiedad térmica de un material o producto de edificación bajo condiciones específicas exteriores e interiores que pueden considerarse típicas del comportamiento de ese material o producto cuando se incorpora a un componente de edificación.







Pº Castellana, 216
28046 Madrid
Tel. +34 91 914 63 31
info@aipex.es


ASOCIACIÓN IBÉRICA DE POLIESTIRENO EXTRUIDO