

EFICIENCIA Y AHORRO ENERGETICO



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

**Soluciones de Aislamiento con
poliestireno expandido - EPS**

Actualización al CTE HE-2019



Índice de contenido

1. Introducción	7
2. Objetivo y contenido de la guía	9
BLOQUE 1. POLIESTIRENO EXPANDIDO - EPS	10
B1.1. Propiedades del poliestireno expandido EPS.	11
B1.1.1 Propiedades físicas. Para todas las aplicaciones	11
B1.1.2 Propiedades físicas. Para aplicaciones específicas	15
B1.1.3 Propiedades químicas.	22
B1.1.4 Impactos. Análisis de Ciclo de Vida - ACV.	23
B1.2. Aplicaciones del poliestireno expandido EPS en edificación.	25
BLOQUE 2. SOLUCIONES PARA LA REHABILITACIÓN TÉRMICA	26
B2.1. Tipos de fachadas, cubiertas y suelos.	27
B2.2. Soluciones constructivas y zonas climáticas	28
B2.3. Criterios de calidad y diseño	28
B2.4. Descripción de las soluciones constructivas	29
Solución 1. F01. Fachadas. Sistema SATE. Intervención por el exterior	32
Solución 2. F02. Fachadas. Trasdosado con placa de yeso laminado. Intervención por el interior ...	36
Solución 3. F03. Fachadas. Relleno de cámaras de aire. Intervención por el interior	38
Solución 4. C01. Cubiertas. Planas invertidas. Intervención por el exterior	39
Solución 5. C02. Cubiertas. Inclínadas. Intervención por el exterior	42
Solución 6. S01. Suelos. Mejora ruido de impactos. Intervención por el interior	44
Solución 7. S02. Suelos. Aislamiento térmico por el exterior por la cara inferior del soporte resistente. .	47
Solución 8. P01. Particiones interiores	48
B2.5. Recomendaciones para el proyecto y la ejecución.	49
BLOQUE 3. CASOS PRÁCTICOS	56
B3.1. Fachadas. Rehabilitación térmica por el exterior. Sistema SATE - ETICs.	57
B3.1.1 Listado de materiales y coste del sistema de rehabilitación	57
B3.1.2 Aplicación a un edificio tipo	59
B3.2. Fachadas. Rehabilitación térmica por el interior. Trasdosados con placa de yeso laminado	62
B3.2.1 Listado de materiales y coste del sistema de rehabilitación	62
B3.2.2 Aplicación a un edificio tipo	63
B3.3. Fachadas. Rehabilitación térmica por el interior. Relleno de cámaras de aire.	63
B3.3.1 Listado de materiales y coste del sistema de rehabilitación	63
B3.3.2 Aplicación a un edificio tipo	64

GUÍA TÉCNICA PARA LA REHABILITACIÓN DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA DE LOS EDIFICIOS
 Primera edición: Octubre 2022

© ANAPE · anape.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.

B3.4. Cubiertas. Rehabilitación térmica por el exterior. Cubiertas planas	65
B3.4.1 Listado de materiales y coste del sistema de rehabilitación	65
B3.4.2 Aplicación a un edificio tipo	67
BLOQUE 4. NORMATIVA, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS	68
B4.1. Normativa y recomendaciones	69
B4.2. Bibliografía	69
B4.3. Histórico de modificaciones	70
Anexo 1.- Cuadro de características técnicas de los productos de aislamiento térmico de poliestireno expandido EPS	71
Anexo 2.- Glosario de términos relacionados con el poliestireno expandido EPS	74

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)
- EPS.- Expanded Polystyrene. Poliestireno expandido
- EPS-h.- EPS hidrófobo según UNE EN 13163
- EPS-t.- EPS plastificado para suelos flotantes según UNE EN 13163
- ETICS.- External Thermal Insulation Composite System
- 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. Curva de conductividad térmica según Anexo F - EN13163. Rojo: valor medio. Azul: valor previsto	12
Fig. 3. Deformación del material en función de la temperatura y de la presión (carga)	17
Fig. 4. Ejemplo de etiqueta de un producto de poliestireno expandido (EPS)	29
Fig. 5. Aplicación del sistema de aislamiento térmico por el exterior SATE - ETICS	30
Fig. 6. Izquierda: aislamiento de cubiertas planas invertidas. Derecha: aislamiento de cubiertas inclinadas	30
Fig. 7. Izquierda: aislamiento ruido de impacto. Derecha: aislamiento exclusivamente térmico	31
Fig. 8. Esquema del sistema de aislamiento térmico por el exterior SATE - ETICS	33
Fig. 9. Esquema del trasdosado con placa de yeso laminado	36

Fig. 10. Detalle del relleno de una cámara de aire con perlas de EPS	38
Fig. 11. Esquema de la cubierta invertida	39
Fig. 12. Cubierta invertida no transitable con acceso limitado a mantenimiento	40
Fig. 13. Detalles. Izquierda: encuentro con desagües. Derecha: encuentro con murete perimetral	42
Fig. 14. Detalles. Izquierda: sobre espacio no habitable. Derecha: sobre espacio habitable	42
Fig. 15. Transmisión de ruido de impactos	44
Fig. 16. Instalación de plantas de poliestireno expandido elastificado EPS T en un suelo flotante	46
Fig. 17. Sistema SATE aplicado durante la rehabilitación de un edificio de viviendas. Izquierda: estado sin rehabilitar. Derecha: estado rehabilitado	47
Fig. 18. Detalle 1. Sistema SATE. Encuentro de fachada con dintel	48
Fig. 19. Detalle 2. Sistema SATE. Encuentro de fachada con alféizar	49
Fig. 20. Detalle 3. Sistema SATE. Encuentro de fachada con el primer forjado del edificio	49
Fig. 21. Detalle 4. Sistema SATE. Encuentro de fachada con particiones interiores	50
Fig. 22. Detalle 1. Aislamiento térmico por el interior. Encuentro de fachada con dintel	50
Fig. 23. Detalle 2. Aislamiento térmico por el interior. Encuentro de fachada con alféizar	51
Fig. 24. Detalle 3. Aislamiento térmico por el interior. Encuentro de fachada con primer forjado del edificio	51
Fig. 25. Detalle 4. Aislamiento térmico por el interior. Encuentro de fachada con particiones interiores	52
Fig. 26. Detalle 1. Aislamiento térmico por el interior. Encuentro de fachada con dintel	52
Fig. 27. Detalle 2. Aislamiento térmico por el interior. Encuentro de fachada con alféizar	53
Fig. 28. Detalle 3. Aislamiento térmico por el interior. Encuentro de fachada con primer forjado del edificio	53
Fig. 29. Detalle 4. Aislamiento térmico por el interior. Encuentro de fachada con particiones interiores	54

Índice de tablas

Tabla 1. Valores medios y previstos de la conductividad térmica en función de la densidad	12
Tabla 2. Tolerancias dimensionales según EN 13163:2012+A1	13
Tabla 3. Euroclases de reacción al fuego	14
Tabla 4. Clases de estabilidad dimensional	15
Tabla 5. Niveles de tensión de compresión al 10% de deformación	16
Tabla 6. Niveles de resistencia a flexión	16
Tabla 7. Niveles de deformación bajo unas condiciones de carga de compresión y de temperatura específicas	17
Tabla 8. Correlación entre la resistencia a flexión y la resistencia a cortante según EN 13163	18
Tabla 9. Correlación entre tipo de EPS y el factor o la permeabilidad al vapor según EN 13163	19
Tabla 10. Niveles de rigidez dinámica	20
Tabla 11. Clase de tolerancias en espesor dL	20
Tabla 12. Niveles de compresibilidad	21
Tabla 13. Compatibilidad con otros productos	22

Tabla 14. Resultados del Análisis de Ciclo de Vida ACV. Impactos medioambientales para 1 m3 - EPS 15 Kg/m3	23
Tabla 15. Resultados del Análisis de Ciclo de Vida ACV. Uso de recursos para 1 m3 - EPS 15 Kg/m3	24
Tabla 16. Resultados del Análisis de Ciclo de Vida ACV. Flujos de salida y residuos para 1 m3 - EPS 15 Kg/m3	24
Tabla 17. Soluciones más habituales de rehabilitación energética.	27
Tabla 18. Especificaciones del EPS en un sistema SATE	33
Tabla 19. Especificaciones del EPS con trasdosado de placa de yeso laminado	36
Tabla 20. Especificaciones del EPS aplicado en cubiertas invertidas (EPSh).....	40
Tabla 21. Especificaciones del EPS aplicado en cubiertas inclinadas	43
Tabla 22. Especificaciones del EPS T aplicado en suelo flotantes para mejora del ruido de impactos ...	45
Tabla 23. Valores de referencia para la mejora a ruido aéreo y a ruido de impactos	45

1. INTRODUCCIÓN

Según la "Estrategia a largo plazo para la Rehabilitación Energética en el Sector de la Edificación en España - ERESEE 202" [1] 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 Código Técnico de la Edificación (CTE) DB-HE 2006.

Con datos de 2018, las zonas climáticas con mayor número de viviendas son las B, C y D (casi el 83,9%) siendo además esas zonas climáticas las que 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 [3] 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 a la guía pretende actualizar los sistemas de rehabilitación mencionados en la primera versión 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 por envolvente térmica del edificio: los cerramientos que separan los recintos habitables del ambiente exterior (cubiertas, fachadas y suelos); las particiones interiores (horizontales y verticales) que separan los recintos habitables de los no habitables y que a su vez estén en contacto con el ambiente exterior; los cerramientos en contacto con el terreno (muros, suelos y cubiertas) y las medianeras (separación con otros edificios existentes).

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

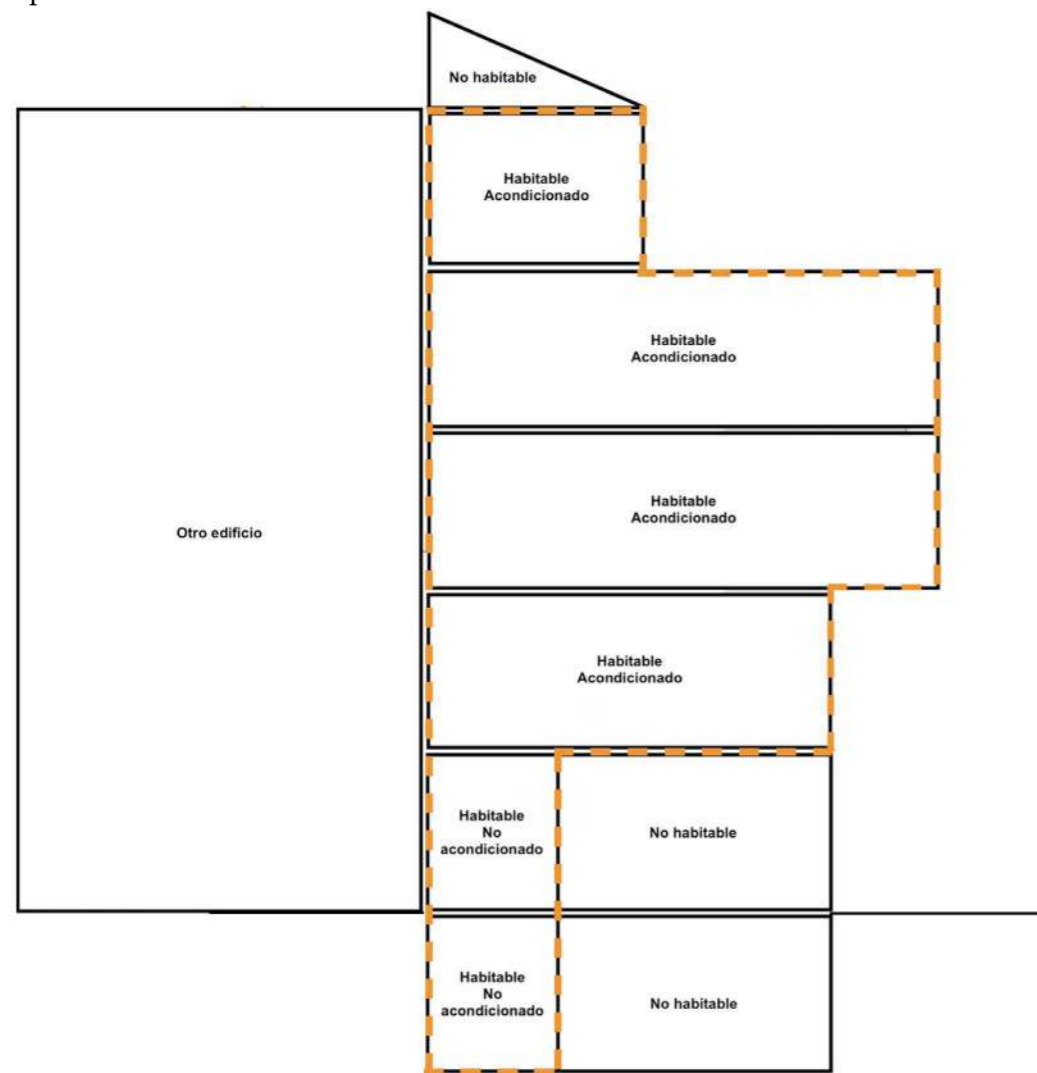


Fig. 1. Esquema de la envolvente térmica (discontinuo naranja) de un edificio

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

- Fachadas
 - Rehabilitación térmica por el exterior. Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior (SATE).
 - Rehabilitación térmica por el interior. Trasdosados con placa de yeso laminado.
 - Rehabilitación térmica por el interior. Relleno de cámaras de aire.
- Cubiertas
 - Rehabilitación térmica por el exterior. Cubiertas planas.
- Suelos
 - Rehabilitación térmica por el exterior. Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior (SATE).
 - Rehabilitación térmica por el exterior. Falso techo.
 - Rehabilitación térmica por el interior. Sobre el soporte resistente.

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 expandido - EPS, 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:

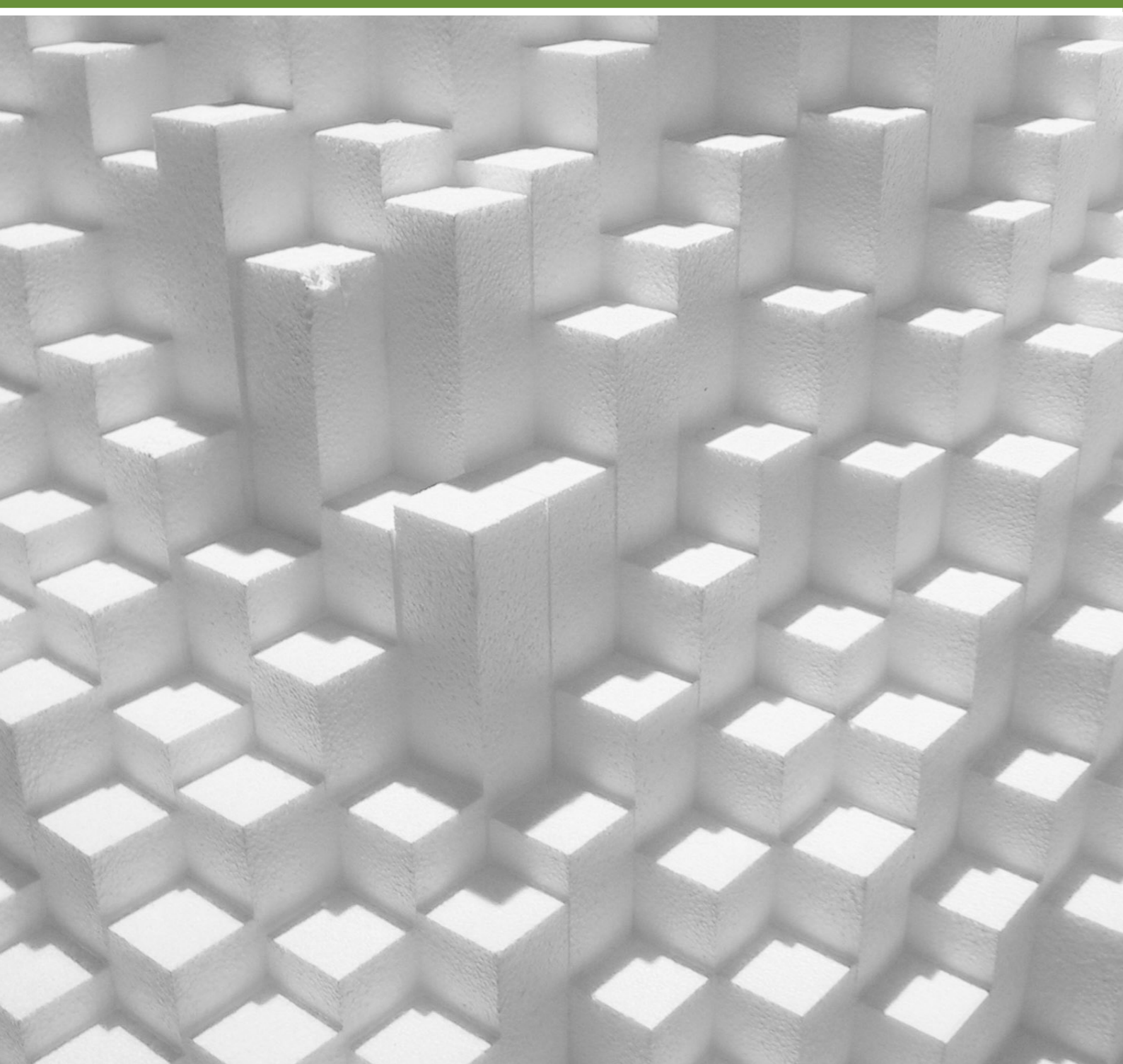
- Reducir la factura energética de sus ocupantes.
- Aportar el bienestar y confort necesario a los usuarios.
- Minimizar los costes de mantenimiento.
- Aumentar el valor de la propiedad.
- Reducir la contaminación local y global.
- Conservar los recursos no renovables.

Esta Guía está estructurada en cuatro bloques.

- Bloque 1. Se abordan las propiedades del EPS 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 EXPANDIDO - EPS



B1.1. PROPIEDADES DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO EPS

El Poliestireno Expandido o EPS es un material plástico espumado utilizado en el sector de la construcción, principalmente como aislamiento térmico, acústico y como elemento aligerante de estructuras y en el campo del envase y embalaje para diferentes sectores de actividad en aplicaciones diversas relacionadas con su capacidad aislante y de absorción de impactos.

Hay varias normas que aplican al producto en las distintas aplicaciones de construcción e ingeniería civil, 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 13163, concretamente a la versión citada en el BOE para su armonización, aunque haya actualizaciones posteriores.

La norma UNE EN 13163:2012+A1 [3], define el poliestireno expandido - EPS como un material plástico celular y rígido fabricado a partir del moldeo de perlas o gránulos de poliestireno expandible o uno de sus copolímeros, que presenta una estructura celular cerrada y rellena de aire y que se divide en cuatro tipos relacionados con el uso previsto:

- EPS_i.- para aplicaciones portante, donde “i” representa el valor declarado (expresado en tensión de compresión al 10% de deformación)
- EPS S.- para aplicaciones no portante.
- EPS SD.- para aplicaciones no portantes con propiedades acústicas.
- EPS T.- para aplicaciones de suelo flotante.

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 Figura 2 reproduce la curva que aparece en el anexo F de la norma armonizada EN 13163. Esta curva expresa la relación entre la conductividad térmica (para un espesor de referencia de 50 mm y a una temperatura media de 10°C) y la densidad aparente.

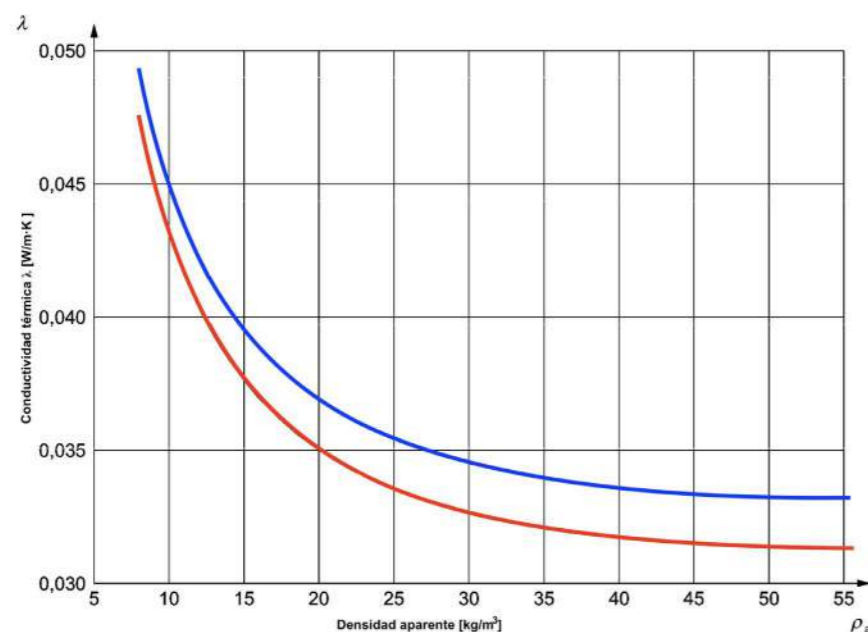


Fig. 2. Curva de conductividad térmica según Anexo F - EN13163. Rojo: valor medio. Azul: valor previsto

La curva anterior sólo es válida para productos de EPS obtenidos con materias primas estándar (blancos). Otros productos obtenidos a partir de materias primas especiales que incorporan aditivos controladores de radiación para mejorar el comportamiento térmico, también conocidos como productos grises, tienen otra curva distinta. Es posible obtener un valor más exacto de esta propiedad empleando las siguientes fórmulas (para valores de densidad comprendidos entre 8 y 55 kg/m³):

$$\lambda_{med} = 0,025314 + 5,1743 \cdot 10^{-5} \cdot \rho_a + 0,173606 / \rho_a \quad [\lambda_{med} \text{ en W/m}\cdot\text{K y } \rho_a \text{ en kg/m}^3]$$

$$\lambda_{prev} = 0,027167 + 5,1743 \cdot 10^{-5} \cdot \rho_a + 0,173606 / \rho_a \quad [\lambda_{med} \text{ en W/m}\cdot\text{K y } \rho_a \text{ en kg/m}^3]$$

En cualquier caso, se debe emplear en los cálculos los valores declarados por el fabricante, empleando la información anterior para obtener valores de referencia. La Tabla 1 incluye los valores más habituales de la conductividad térmica, para una serie de densidades. La resistencia térmica declarada se puede obtener a partir del valor del espesor nominal y la conductividad térmica declarada.

Densidad [kg/m ³]	Conductividad térmica [W/m·K]	
	Media	Prevista
12	0,040	0,042
15	0,038	0,040
18	0,036	0,038
20	0,035	0,037
22	0,034	0,036
25	0,034	0,035
28	0,033	0,035

Densidad [kg/m ³]	Conductividad térmica [W/m·K]	
	Media	Prevista
30	0,033	0,035
32	0,032	0,034
35	0,032	0,034
38	0,032	0,034
40	0,032	0,034
42	0,032	0,034
45	0,032	0,033

Tabla 1. Valores medios y previstos de la conductividad térmica en función de la densidad

Tolerancias dimensionales. L(X), W(X), T(X), S(X) y P(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 desviaciones máximas permitidas respecto a los valores nominales en función de la clase declarada por el fabricante.

Se debe notar que la tolerancia expresada entre paréntesis es distinta en valor numérico a la que, en versiones anteriores de la norma, aparecía sin ellos. Esto es debido a la actualización de la misma.

Propiedad	Clase	Tolerancias	
		Planchas	Rollos
Longitud	L (2)	± 2 mm	- 1%
	L (3)	± 0,6% o ± 3 mm ^a	+ sin restricción
Anchura	W (1)	± 1 mm	± 0,6%
	W (2)	± 2 mm	o ± 1 mm ^a
	W (3)	± 0,6% o ± 3 mm ^a	± 0,6% o ± 3 mm ^a
Espesor ^b	T (1)	± 1 mm	
	T (2)	± 2 mm	
Rectangularidad de longitud y anchura	S (1)	± 1 mm/m	
	S (2)	± 2 mm/m	
	S (5)	± 5 mm/m	
Planicidad ^c	P (3)	3 mm	
	P (5)	5 mm	
	P (10)	10 mm	
	P (15)	15 mm	
	P (30)	30 mm	

Notas.-
a.- El que presente la mayor tolerancia numérica
b.- Para otras clases véase el apartado 4.3.15.1 de la EN 13163:2012+A1
c.- La planicidad viene expresada en metros recorridos

Tabla 2. Tolerancias dimensionales según EN 13163:2012+A1

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 3 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	
F	No cumple Euroclase E			d2	Muy abundante

Tabla 3. 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 EPS 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). Para aislantes acústicos se pide su rigidez dinámica (S_p) y su comprensibilidad (CC), según las siglas de la norma para el código de designación.

Estabilidad dimensional. DS.-

Norma de ensayo: EN 1603 (en condiciones normales de laboratorio) y EN 1604 (en condiciones específicas de temperatura y humedad)

Se distinguen dos tipos de estabilidad dimensional. La primera hace referencia a la obtenida en condiciones constantes de laboratorio (23°C y 50% de humedad relativa) y, la segunda, hace referencia a la obtenida bajo unas condiciones específicas de temperatura y humedad relativa durante un periodo de tiempo (al menos 48 horas).

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 Tabla 4 recoge la variaciones relativas en longitud, anchura y espesor en función de la clase declarada por el fabricante.

Clase	Condiciones	Método de ensayo	Requisitos	
			Longitud y anchura	Espesor
DS(N) 5	23°C, 50% HR	EN 1603	± 0,5 %	-
DS(N) 2			± 0,2 %	-
DS(23,90)	48 h, 70°C	EN 1604	1 %	1 %
DS(70,-)1			1 %	1 %
DS(70,-)2			2 %	2 %
DS(70,-)3			3 %	3 %
DS(70,-)5			5 %	5 %
DS(70,90)1	48 h, 70°C, 90% HR		1 %	1 %
DS(70,90)5			5 %	5 %

Tabla 4. Clases de estabilidad dimensional

Tensión de compresión al 10% de deformación. CS(10)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 5 muestra los niveles posibles declarados. Pueden declararse valores superiores a los indicados en la Tabla 5 con intervalos de 10 kPa.

Nivel	Requisito kPa
CS(10)30	30
CS(10)50	50
CS(10)60	60
CS(10)70	70
CS(10)80	80
CS(10)90	90
CS(10)100	100
CS(10)150	150
CS(10)200	200
CS(10)250	250

Tabla 5. Niveles de tensión de compresión al 10% de deformación

Resistencia a flexión. BS(XX).-

Norma de ensayo: EN 12089.

Un adecuado nivel de esta propiedad asegura una buena cohesión del material y, por tanto, un valor concreto en las propiedades de absorción de agua. La norma armoniza exigen que el nivel mínimo de esta propiedad sea de 50 kPa (para asegurar la manipulación) pero permite que se declaren otros niveles superiores (en función de la aplicación final de uso).

La Tabla 6 muestra los niveles posibles declarados. Pueden declararse valores superiores a los indicados en la Tabla 6 con intervalos de 5 kPa.

Nivel	Requisito kPa	Nivel	Requisito kPa
BS50	50	BS135	135
BS75	75	BS150	150
BS100	100	BS200	200
BS115	115	BS250	250
BS125	125	BS350	350

Tabla 6. Niveles de resistencia a flexión

Resistencia a tracción perpendicular a las caras. TR_t.-

Norma de ensayo: EN 1607.

El valor mínimo obtenido en el ensayo debe ser de 20 kPa. Puede declararse valores superiores a intervalos de 10 kPa.

Deformación bajo unas condiciones de carga de compresión y de temperaturas específicas. 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, tal y como muestra la Figura 3.

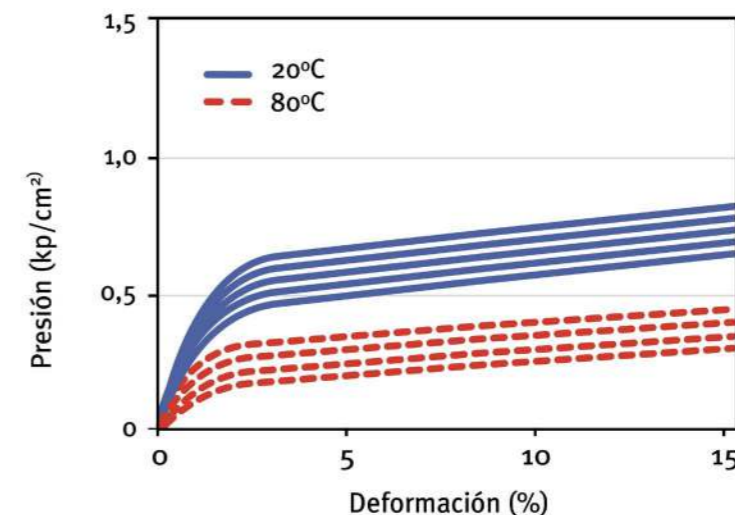


Fig. 3. Deformación del material en función de la temperatura y de la presión (carga)

La Tabla 7 muestra los niveles posibles declarados.

Nivel	Condiciones	Requisitos %
DLT (1) 5	Carga: 20 kPa Temperatura: (80 ± 1) °C Tiempo: (48 ± 1) hora	≤ 5 ^a
DLT (2) 5	Carga: 40 kPa Temperatura: (70 ± 1) °C Tiempo: (168 ± 1) hora	≤ 5 ^a
DLT (3) 5	Carga: 80 kPa Temperatura: (60 ± 1) °C Tiempo: (168 ± 1) hora	≤ 5 ^a

Nota.-
a.- para espesores menores de 20mm el requisito es 1mm en lugar de un 5%

Tabla 7. Niveles de deformación bajo unas condiciones de carga de compresión y de temperatura específicas

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) 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(2,5/2/50)100 indica un valor que no excede 2% de fluencia a compresión y de 2,5% 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.

Comportamiento a cortante.-

Norma de ensayo: EN 12090.

Mediante la norma de ensayo EN 12090 se puede determinar la resistencia a cortante, τ , y/o el módulo a cortante, G. Los valores de resistencia a cortante se declaran en niveles con intervalos de 5 kPa y los del módulo a cortante en niveles con intervalos de 50 kPa.

La Tabla 8 facilita una correlación entre la resistencia a flexión y la resistencia a cortante conforme a la norma EN 13163.

Requisito de resistencia a flexión σ_b	Correlación con la resistencia a cortante τ	Requisito de resistencia a flexión σ_b	Correlación con la resistencia a cortante τ
50	25	200	100
75	35	250	125
100	50	350	170
115	55	450	225
125	60	525	260
135	65	600	300
150	75	750	375
170	85		

Tabla 8. Correlación entre la resistencia a flexión y la resistencia a cortante según EN 13163

Comportamiento a cargas cíclicas.-

Norma de ensayo: EN 13793.

La deformación relativa, en porcentaje, se determina tras un número definido de ciclos de carga y de la tensión de compresión aplicada.

Absorción de agua $WL(P)_i$, $WL(T)_i$ y $WD(V)_i$.-

Norma de ensayo: EN 12087 (absorción de agua por inmersión) y EN 12088 (absorción de agua 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. En dichas situaciones, el material absorberá cierta cantidad de agua 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 tres tipos:

- Absorción de agua a largo plazo por inmersión parcial. $WL(P)_i$.- Indica la absorción de agua del material tras un ensayo de 28 día manteniéndolo parcialmente sumergido. El valor se declara en niveles a intervalos de 0,1 kg/m².
- Absorción de agua a largo plazo por inmersión total. $WL(T)_i$.- Indica la absorción de agua del material tras un ensayo de 28 día manteniéndolo totalmente sumergido. El valor se declara en niveles a intervalos de 0,5% en volumen.

- Absorción de agua a largo plazo por difusión. $WD(V)_i$. 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. El valor se declara en niveles a intervalos de 1% en volumen

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 (-200C) y de descongelación (+200C), comprobando la variación en el nivel de absorción de agua (por inmersión total o por difusión) y en la tensión a compresión. En este caso, la exigencia de la norma EN 13163 es que la variación de la tensión de compresión sea inferior al 10% después del ensayo.

Transmisión del vapor de agua Z o factor de difusión del vapor de agua μ .-

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.

A falta de valores declarados por el fabricante, se puede emplear los valores tabulados facilitados por la norma EN 13163 y que se reproducen en la Tabla 9.

Tipo*	Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua μ adimensional	Permeabilidad al vapor de agua δ mg/(Pa·h·m)
EPS 30	20 a 40	0,015 a 0,030
EPS 50		
EPS 60		
EPS 70		
EPS 80	30 a 70	0,009 a 0,020
EPS 90		
EPS 100		
EPS 120		
EPS 150		
EPS 200	40 a 100	0,006 a 0,015
EPS 250		
EPS 300		
EPS 350		
EPS 400		
EPS 500	20 a 40	0,015 a 0,030
EPS T, EPS SD		

Tabla 9. Correlación entre tipo de EPS y el factor o la permeabilidad al vapor según EN 13163.

* Los valores indican la tensión de compresión al 10% de deformación.

Rigidez dinámica. SD X.-

Norma de ensayo: EN 29052-1.

Esta propiedad es necesaria para aplicaciones con requisitos de o bien aislamiento acústico a ruido aéreo o bien aislamiento acústico a ruido de impacto. La elasticidad de un material mide por la rigidez dinámica S' y en la norma armonizada EN 13163 se designa con el código SD junto a un número que indica el valor de la rigidez dinámica en MN/m^3 . Valores elevados de rigidez dinámica significan una menor elasticidad del material y, por tanto, peor comportamiento acústico a ruido aéreo y a ruido de impacto.

La Tabla 10 muestra los niveles posibles declarados.

Nivel	Requisito MN/m^3
SD50	≤ 50
SD40	≤ 40
SD30	≤ 30
SD25	≤ 25
SD20	≤ 20
SD15	≤ 15
SD10	≤ 10
SD9	≤ 9
SD8	≤ 8
SD7	≤ 7
SD6	≤ 6
SD5	≤ 5

Tabla 10. Niveles de rigidez dinámica

Para productos EPS T (aplicaciones en suelo flotante para ruido de impacto) el requisito de estabilidad dimensional DS(70,-) debe ser como máximo un 5% para mantener la rigidez dinámica declarada.

Compresibilidad.-

Se trata de un grupo de requisitos específicos para aplicaciones en suelo flotante destinado al tratamiento del ruido de impacto.

Espesor d_L . Se determina según EN 12431. El espesor d_L es el espesor del producto bajo una carga de 250 Pa. La Tabla 11 indica las clases de tolerancia para el espesor.

Clase	Tolerancias	
	Mínima	Máxima
T(1)	-5% ó -1 mm ^a	+15% ó +3 mm ^a
T(0)	0	+10% ó +2 mm para $d_L < 35$ mm ^a +15% ó +3 mm para $d_L \geq 35$ mm ^a

Nota "a".- La que presente una mayor tolerancia numérica

Tabla 11. Clase de tolerancias en espesor d_L

Espesor d_B . Se determina según EN 12431. El espesor d_B es el espesor del producto bajo una carga de 2 Pa tras la retirada de una carga adicional de 48 kPa y se determina con una pausa de 300 segundos antes de medir el valor del espesor.

Compresibilidad, c. La compresibilidad, c, se determina como la diferencia entre d_L y d_B . La Tabla 12 indica los niveles de compresibilidad.

Nivel	Carga aplicada sobre la losa	Compresibilidad c	
		Compresibilidad nominal mm	Tolerancia de los resultados de ensayos
CP5	$\leq 2,0$	≤ 5	≤ 2 para $d_L < 35$ ≤ 3 para $d_L \geq 35$
CP4	$\leq 3,0$	≤ 4	
CP3	$\leq 4,0$	≤ 3	
CP2	$\leq 5,0$	≤ 2	≤ 1 para $d_L < 35$ ≤ 2 para $d_L \geq 35$

Tabla 12. Niveles de compresibilidad

Reducción del espesor a largo plazo. Se determina según EN 1606. Si la carga aplicada sobre la losa excede de 5 kPa, sólo pueden utilizarse productos con un nivel declarado de compresibilidad de CP2 y se debe determinar su reducción de espesor a largo plazo.

Densidad.-

Norma de ensayo: EN 1602

La densidad no es una propiedad que declaren los fabricantes ya que sólo es un parámetro de control de producción.

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.

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.

B1.1.3 Propiedades químicas

Compatibilidad con otros productos

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	+		
Anhídridos		b) orgánicos			
Anhídrico acético	-	Butano	-		
Dióxido de carbono, sólido	+	Buteno	-		
Trióxido de azufre	-	Butadieno	-		
		Etano	+		

Tabla 13. Compatibilidad con otros productos

+ Sin variación
- Fuerte variación

Propiedades biológicas

Estas propiedades no están incluidas en la norma de producto mencionada.

El poliestireno expandido no constituye un sustrato nutritivo alguno para microorganismos. Es imputrescible, no enmohece y no se descompone. No obstante, en presencia de mucha suciedad, el EPS puede hacer de portador de microorganismos, sin participar en el proceso biológico.

Tampoco se ve atacado por las bacterias del suelo. Los productos de EPS cumplen con las exigencias sanitarias y de seguridad e higiene establecidas, con lo que pueden utilizarse con total seguridad en la fabricación de artículos de embalaje destinados al contacto alimenticio.

El EPS 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 de [4]. En las siguientes tablas las abreviaturas tienen el siguiente significado:

A1	Suministro de materias primas	A2	Transporte de materias primas
A3	Fabricación de producto	A4	Transporte del producto
A5	Proceso de instalación del producto y construcción		

Tipo	Unidad	A1-A3	A4	A5	C2	C3/1	C3/2	C4/1	C4/2	D/1	D/2	
Blanco	GWP	kg CO _{2eq}	47,08	0,89	0,92	0,15	0,00	10,88	50,57	0,00	-27,58	-35,96
	ODP	Kg CFC _{11eq}	2,97 e ⁻⁹	4,10 e ⁻¹²	2,27 e ⁻¹²	5,85 e ⁻¹³	0,00	1,68 e ⁻⁹	9,68 e ⁻¹¹	0,00	-7,30 e ⁻¹⁰	-2,91 e ⁻⁹
	AP	kg SO _{2eq}	1,19 e ⁻¹	2,35 e ⁻³	7,21 e ⁻⁵	4,44 e ⁻⁴	0,00	1,13 e ⁻²	2,89 e ⁻³	0,00	-1,23 e ⁻¹	-9,77 e ⁻²
	EP	kg (PO ₄) _{3eq}	1,10 e ⁻²	5,50 e ⁻⁴	1,52 e ⁻⁵	9,51 e ⁻⁵	0,00	1,31 e ⁻³	6,07 e ⁻⁴	0,00	-5,89 e ⁻³	-8,68 e ⁻³
	POCP	kg etileno _{eq}	2,50 e ⁻¹	-6,92 e ⁻⁴	6,39 e ⁻⁶	-1,48 e ⁻⁴	0,00	1,71 e ⁻³	3,62 e ⁻⁴	0,00	-8,00 e ⁻³	-1,82 e ⁻²
	ADPE	kg SB _{eq}	2,29 e ⁻⁵	5,94 e ⁻⁸	5,83 e ⁻⁹	4,62 e ⁻⁹	0,00	1,15 e ⁻⁶	2,45 e ⁻⁷	0,00	-2,94 e ⁻⁶	-1,95 e ⁻⁵
	ADPF	MJ	1315,7	12,29	0,13	2,16	0,00	163,88	4,80	0,00	-368,23	-1154,9
Gris	GWP	kg CO _{2eq}	47,13	0,88	0,70	0,15	0,00	10,88	50,57	0,00	-26,99	-35,88
	ODP	Kg CFC _{11eq}	3,01 e ⁻⁹	4,06 e ⁻¹²	1,51 e ⁻¹²	5,85 e ⁻¹³	0,00	1,68 e ⁻⁹	9,68 e ⁻¹¹	0,00	-6,42	-2,88 e ⁻⁹
	AP	kg SO _{2eq}	1,18 e ⁻¹	2,32 e ⁻³	4,89 e ⁻⁵	4,44 e ⁻⁴	0,00	1,13 e ⁻²	2,89 e ⁻³	0,00	-1,23 e ⁻¹	-9,75 e ⁻²
	EP	kg (PO ₄) _{3eq}	1,09 e ⁻²	5,44 e ⁻⁴	1,04 e ⁻⁵	9,51 e ⁻⁵	0,00	1,31 e ⁻³	6,07 e ⁻⁴	0,00	-5,78 e ⁻³	-8,66 e ⁻³
	POCP	kg etileno _{eq}	1,96 e ⁻¹	-6,84 e ⁻⁴	4,94 e ⁻⁶	-1,48 e ⁻⁴	0,00	1,71 e ⁻³	3,62 e ⁻⁴	0,00	-7,86 e ⁻³	-1,82 e ⁻²
	ADPE	kg SB _{eq}	2,32 e ⁻⁵	5,88 e ⁻⁸	3,88 e ⁻⁹	4,62 e ⁻⁹	0,00	1,15 e ⁻⁶	2,45 e ⁻⁷	0,00	-3,32 e ⁻⁶	-1,95 e ⁻⁵
	ADPF	MJ	1320,00	12,15	0,08	2,16	0,00	163,88	4,80	0,00	-363,51	-1153,80
Legenda	GWP.- Potencial de calentamiento global; ODP.- Potencial de agotamiento de la capa de ozono estratosférico; AP.- Potencial de acidificación del suelo y de los recursos de agua; EP.- Potencial de eutrofización; POCP.- Potencial de formación de ozono troposférico; ADPE.- Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos no fósiles; ADPF.- Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos fósiles											

Tabla 14. Resultados del Análisis de Ciclo de Vida ACV. Impactos medioambientales para 1 m3 - EPS 15 Kg/m3

B1.2. Aplicaciones del poliestireno expandido EPS en edificación

Las cualidades del poliestireno expandido, 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 ámbito de la construcción. Las aplicaciones en esta área se centran fundamentalmente en la edificación con soluciones constructivas para el aislamiento termoacústico de los diferentes cerramientos así como en soluciones de aligeramiento y conformado de diversas estructuras de la edificación, además de otras aplicaciones como moldes de encofrado y juntas de dilatación.

La norma UNE 92181 [5] facilita los valores mínimos recomendados, para las diferentes características definidas en la norma EN 13163, dependiendo de su aplicación. También facilita otra información sobre características no recogidas en la norma EN 13163 sobre acabados superficiales y laterales de las planchas y placas de aislamiento térmico de EPS.

A continuación se analizan las soluciones constructivas en que intervienen los productos de poliestireno expandido EPS.

Algunas de estas soluciones, como la cubierta invertida, se deben al desarrollo de materias primas específicas que permiten obtener productos de poliestireno expandido EPS con baja absorción de agua (denominado como poliestireno expandido hidrófobo o EPSH). La aplicación se viene empleando en todo Europa y en algunos países ya han aparecido normativas específicas o documentación técnica para su estandarización.

Productos tradicionales, como el poliestireno expandido EPS elastificado o flexibilizado, que se empleó corrientemente en los años 70 y 80 en la solución de suelo flotante para reducir la transmisión de ruido de impactos a través de los forjados, vuelve a tener un papel protagonista con las exigencias de aislamiento acústico de la actual normativa de edificación.

Sin duda el SATE con EPS es la solución constructiva más popular para la rehabilitación energética por su versatilidad y su excelente comportamiento a largo plazo. En el correspondiente apartado se explicarán las exigencias más adecuadas para el aislamiento en esta aplicación según la normativa en proceso.

Aunque no se trata en esta guía debido a que no es una solución habitual en la rehabilitación energética de edificios, el EPS también se emplea como soporte aislante de las tuberías de distribución del agua caliente para los sistemas de calefacción por suelo radiante. Los sistemas térmicos formados por máquinas frigoríficas con bomba de calor aire - agua (aeroterminia) suelen utilizar soluciones de suelo radiante. En el caso de una rehabilitación con suelo radiante, habrá que llevar especial cuidado con la reducción de la altura libre en los recintos interiores del edificio.

Con las tablas que relacionan las especificaciones de los productos con 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 tres grupos: fachadas, cubiertas y suelos.

Tipo	Unidad	A1-A3	A4	A5	C2	C3/1	C3/2	C4/1	C4/2	D/1	D/2	
Blanco	PERE	MJ	29,38	0,70	2,42	0,01	0,00	11,60	0,74	0,00	-44,71	-15,94
	PERM	MJ	2,40	0,00	-2,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	PERT	MJ	31,78	0,70	0,02	0,01	0,00	11,60	0,74	0,00	-44,71	-15,94
	PENRE	MJ	738,50	12,33	8,97	2,17	0,00	179,52	605,74	0,00	-390,88	-1179,2
	PENRM	MJ	608,82	0,00	-8,82	0,00	0,00	-600,00	-600,00	0,00	0,00	0,00
	PENRT	MJ	1347,50	12,33	0,15	2,17	0,00	-420,48	5,74	0,00	-390,88	-1179,20
	SM	kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,00
	RSF	MJ	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	NRSF	MJ	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	FW	m ³	2,55 e ⁻¹	1,75 e ⁻³	2,05 e ⁻³	1,10 e ⁻⁵	0,00	2,03 e ⁻²	9,60 e ⁻²	0,00	-1,29 e ⁻¹	1,81 e ⁻¹
Gris	PERE	MJ	27,92	0,69	0,49	0,01	0,00	11,60	0,74	0,00	-48,63	-15,76
	PERM	MJ	0,48	0,00	-0,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	PERT	MJ	28,40	0,69	0,01	0,01	0,00	11,60	0,74	0,00	-48,63	-15,76
	PENRE	MJ	741,00	12,20	8,92	2,17	0,00	179,52	605,74	0,00	-382,41	-1177,80
	PENRM	MJ	608,82	0,00	-8,82	0,00	0,00	-600	-600	0,00	0,00	0,00
	PENRT	MJ	1349,80	12,20	0,10	2,17	0,00	-420,48	5,74	0,00	-382,41	-1177,80
	SM	kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,00
	RSF	MJ	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	NRSF	MJ	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	FW	m ³	2,59 e ⁻¹	1,73 e ⁻³	1,52 e ⁻³	1,10 e ⁻⁵	0,00	2,03 e ⁻²	9,60 e ⁻²	0,00	-1,30 e ⁻¹	-1,80 e ⁻¹
Leyenda	PERE.- Uso de energía primaria renovable excluyendo la energía primaria renovable de recursos usados como materias primas; PERM.- Uso de energía primaria renovable de recursos usados como materias primas; PERT.- Uso total de energía primaria renovable; PENRE.- Uso de energía primaria renovables de recursos usados como materias primas; PENRT.- Uso total de energía primaria no renovable; SM.- Uso de materiales secundarios; RSF.- Uso de combustibles secundarios renovables; NRSF.- Uso de combustibles secundarios no renovables; FW.- Uso neto de agua fría.											

Tabla 15. Resultados del Análisis de Ciclo de Vida ACV. Uso de recursos para 1 m³ - EPS 15 Kg/m³

Tipo	Unidad	A1-A3	A4	A5	C2	C3/1	C3/2	C4/1	C4/2	D/1	D/2	
Blanco	HWD	kg	1,41 e ⁻²	9,33 e ⁻⁷	1,13 e ⁻⁹	8,05 e ⁻¹⁰	0,00	4,79 e ⁻⁸	4,58 e ⁻⁹	0,00	-1,59 e ⁻⁷	-1,40 e ⁻²
	NHWD	kg	6,36 e ⁻¹	1,04 e ⁻³	1,34 e ⁻³	1,09 e ⁻⁵	0,00	4,25 e ⁻²	5,01 e ⁻²	0,00	-1,09 e ⁻¹	-5,74 e ⁻¹
	RWD	kg	1,26 e ⁻²	1,76 e ⁻⁵	8,77 e ⁻⁶	2,51 e ⁻⁶	0,00	6,23 e ⁻³	3,74 e ⁻⁴	0,00	-8,93 e ⁻³	-9,63 e ⁻³
	CRU	kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	MFR	kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	MER	kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	EEE	MJ	0,00	0,00	1,56	0,00	0,00	0,00	79,40	0,00	0,00	0,00
	EET	MJ	0,00	0,00	3,56	0,00	0,00	0,00	181,02	0,00	0,00	0,00
Gris	HWD	kg	1,43 e ⁻²	9,22 e ⁻⁷	6,73 e ⁻¹⁰	8,05 e ⁻¹⁰	0,00	4,79 e ⁻⁸	4,58 e ⁻⁹	0,00	-1,66 e ⁻⁷	-1,40 e ⁻²
	NHWD	kg	6,39 e ⁻¹	1,02 e ⁻³	8,52 e ⁻⁴	1,09 e ⁻⁵	0,00	4,25 e ⁻²	5,01 e ⁻²	0,00	-1,13 e ⁻¹	-5,73 e ⁻¹
	RWD	kg	1,18 e ⁻²	1,74 e ⁻⁵	5,84 e ⁻⁶	2,51 e ⁻⁶	0,00	6,23 e ⁻³	3,74 e ⁻⁴	0,00	-7,47 e ⁻³	-9,53 e ⁻³
	CRU	kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	MFR	kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	MER	kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	EEE	MJ	0,00	0,00	1,28	0,00	0,00	0,00	79,40	0,00	0,00	0,00
	EET	MJ	0,00	0,00	2,90	IND	0,00	0,00	181,02	0,00	0,00	0,00
Leyenda	HWD.- Residuos peligrosos eliminados; NHWD.- Residuos no peligrosos eliminados; RWD.- Residuos radiactivos eliminados; CRU.- Componentes para la reutilización; MFR.- Materiales para el reciclaje; MER.- Materiales para la recuperación de energía; EEE.- Energía eléctrica exportada; EET.- Energía térmica exportada											

Tabla 16. Resultados del Análisis de Ciclo de Vida ACV. Flujos de salida y residuos para 1 m³ - EPS 15 Kg/m³

BLOQUE 2 SOLUCIONES PARA LA REHABILITACIÓN TÉRMICA

B2.1. Tipos de fachadas, cubiertas y suelos

En esta guía se analizan las soluciones constructivas de rehabilitación más habituales en la que se emplea poliestireno expandido (EPS) y que se especifican en la Tabla 17. No obstante, pueden existir otras soluciones para las que el poliestireno expandido (EPS) también sea idóneo.

Tipología	Soluciones de rehabilitación térmica
Fachadas	F01. Sistema SATE - ETICs. Aislamiento térmico por el exterior.
	F02. Trasdosado con placa de yeso laminado. Aislamiento térmico por el interior
	F03. Relleno de cámara de aire. Aislamiento térmico por el interior
Cubierta	C01. Planas invertidas. Aislamiento térmico sobre el soporte resistente.
	C02. Inclinas. Aislamiento térmico bajo teja.
Suelos	S01. Mejora de aislamiento térmico y acústico a ruido de impactos. Aislamiento sobre el soporte resistente.
	S02. Sistema SATE - ETICs. Aislamiento térmico por el exterior

Tabla 17. 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 de suelo, es especialmente interesante para mejorar su comportamiento acústico a ruido de impacto donde el poliestireno expandido elastificado tiene una de sus aplicaciones más destacadas.

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 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.

En el caso de las fachadas en el acabado 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 expandido (EPS) empleados en construcción como aislamiento térmico llevan Marcado CE conforme a la norma de producto UNE-EN 13163 [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. La norma UNE 92181 [5] establece los valores mínimos recomendables para las diferentes características definidas en la norma UNE-EN 13163 [3] según la aplicación.

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

La Figura 4 muestra un ejemplo de etiqueta de un producto de poliestireno expandido (EPS) empleado como aislamiento térmico en la edificación.

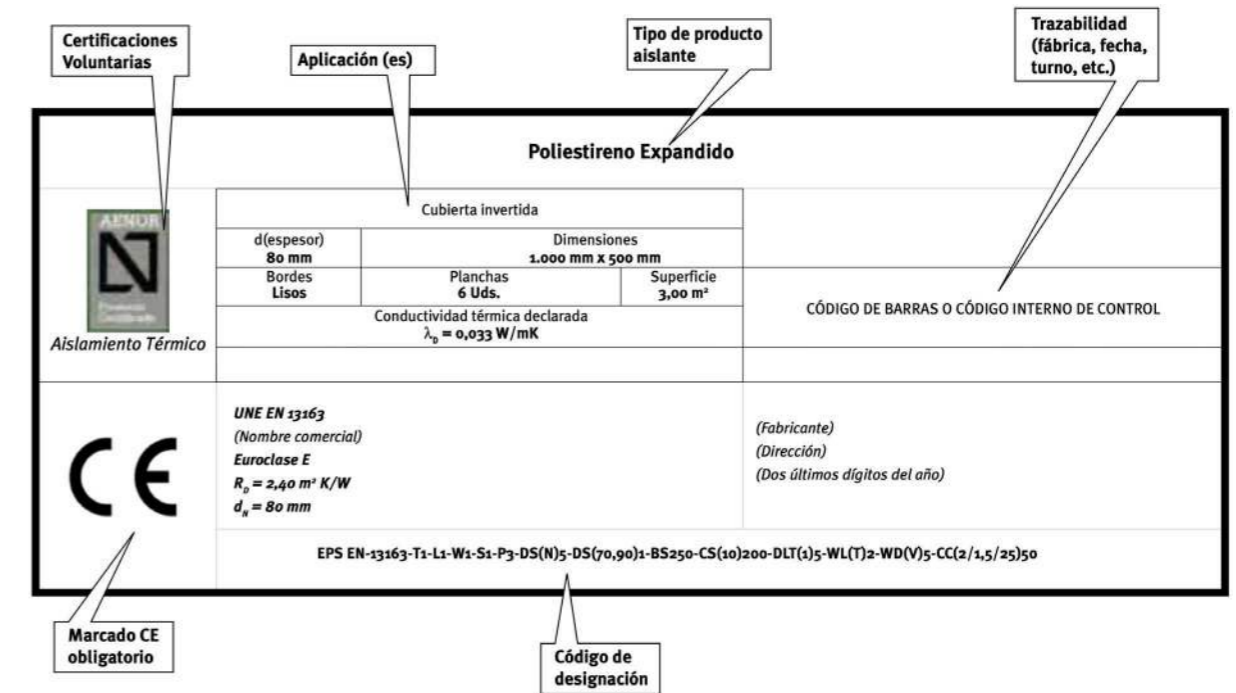


Fig. 4. Ejemplo de etiqueta de un producto de poliestireno expandido (EPS)

B2.4. Descripción de las soluciones constructivas

Se van a analizar las soluciones constructivas, dividiendo las intervenciones en tres grandes grupos: fachadas, cubiertas y suelos.

Fachadas

Las fachadas pueden rehabilitarse térmicamente por el interior, por el exterior y, en caso de existir cámaras de aire accesibles, rellenándola.

Dejando aparte el relleno de cámaras de aire cuya técnica requiere de especialistas con experiencia, los muros que habitualmente forman la fachada provocan en el propietario la cuestión de cómo intervenir:

- Sufrir molestias de los trabajos en el interior y la pérdida de superficie útil pero mantener la estética exterior de la fachada.
- O, modificar la estética exterior de la fachada.

Las soluciones constructivas que recoge esta guía son tres:

- F01. Sistema SATE. Aislamiento térmico por el exterior.
- F02. Trasdosado con placa de yeso laminado. Aislamiento térmico por el interior.
- F03. Relleno de cámara de aire.



Fig. 5. Aplicación del sistema de aislamiento térmico por el exterior SATE - ETICs



Fig. 6. Izquierda: aislamiento de cubiertas planas invertidas. Derecha: aislamiento de cubiertas inclinadas.

Las cubiertas planas pueden rehabilitarse por el interior y por el exterior. Las cubiertas inclinadas pueden rehabilitarse térmicamente por el exterior y, en el caso de espacios bajo cubierta accesibles, por el interior bajo el faldón o bien sobre el soporte resistente.

La intervención en este caso viene condicionada por otros trabajos a realizar sobre la cubierta, como:

- Reparación o renovación completa de la impermeabilización, operación muy común en las cubiertas planas.
- Renovación del tejado.
- Reforma en el techo bajo cubierta.
- Modificación del espacio bajo cubierta.

Las soluciones constructivas que recoge esta guía son dos:

- C01. Cubiertas planas invertidas. Aislamiento térmico sobre el soporte resistente.
- C02. Cubiertas inclinadas. Aislamiento térmico bajo teja.

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 en cuyo caso, además de la mejora térmica, se puede lograr una mejora acústica a ruido de impacto con el aislamiento adecuado.



Fig. 7. Izquierda: aislamiento ruido de impacto. Derecha: aislamiento exclusivamente térmico.

Las soluciones constructivas que recoge esta guía son dos:

- S01. Mejora de aislamiento térmico y acústico a ruido de impactos. Aislamiento sobre el soporte resistente.
- S02. Aislamiento térmico por el exterior por la cara inferior del soporte resistente.

Solución 1. F01. Fachadas. Sistema SATE. Intervención por el exterior

El diseño y la instalación de aislamiento por el exterior bajo revoco es una cuestión de especialistas. Se recomienda el uso de sistemas certificados tanto en los productos aislantes como en el resto de productos que forman el sistema: fijaciones, imprimaciones, revestimientos, acabados, refuerzos, etc. Por seguridad en el funcionamiento conjunto y su garantía, se recomiendan sistemas comercializados por empresas que posean un Documento de Evaluación Europeo (DEE) también conocido como EAD, avalado por un organismo notificado por la EOTA, que ofrece el marcado CE voluntario del sistema.

Actualmente, en los Comités Europeos de Normalización (CEN) se está trabajando en una norma que se pretende que sea armonizada para el mercado CE del sistema completo: prez 17237.

Para facilitar el aseguramiento de calidad adecuada de los productos de EPS para SATE a los fabricantes de sistemas, existe la Marca AENOR SATE, que certifica las propiedades adecuadas para estos productos.

En el mercado existen proveedores que disponen de Documentos de Idoneidad Técnica de todo el sistema constructivo.

Especialmente recomendado en los siguientes casos:

- Seguridad por el reforzamiento de la fachada para evitar desprendimientos.
- Mantenimiento y estética por el deterioro por efecto del clima y el envejecimiento de los materiales.

En todos estos casos de reparación exterior de la fachada es recomendable el uso de sistemas de aislamiento por el exterior ya que los costes fijos asociados a la intervención son elevados y el sobrecoste de incluir el sistema de aislamiento queda muy reducido en esos casos.

Se debe prestar especial atención a la hora de realizar el proyecto a los encuentros con la cubierta, los balcones, la carpintería exterior (ventanas y puertas) así como cualquier heterogeneidad que tenga la fachada o la existencia de instalaciones fijadas a la fachada (equipos de aire acondicionado, cableados, farolas, etc.).

Descripción del sistema de aislamiento térmico por el exterior SATE - ETICs

Los sistemas tienen tres grupos de materiales:

- El aislamiento, en esta caso poliestireno expandido (EPS), cuya misión es ahorrar energía al edificio.
- Las fijaciones y/o adhesivos, cuya misión es asegurar la unión del sistema al muro soporte.
- Los acabados, cuya misión principal es proteger al sistema de las solicitaciones climatológicas, mecánicas, químicas, etc. y como misión secundaria aportar parte de la estética del edificio.

El sistema está formado por los siguientes elementos:

- Aislamiento (EPS).
- Mortero adhesivo y/o fijaciones mecánicas (espigas).
- Perfiles metálicos o plásticos para el replanteo del sistema y los encuentros con los huecos de la fachada (ventanas, puertas) y los remates superior e inferior.
- Revestimiento base o imprimación.
- Mallas de refuerzo.
- Revestimiento de acabado.

La Figura 8 muestra un esquema de este sistema de aislamiento térmico.

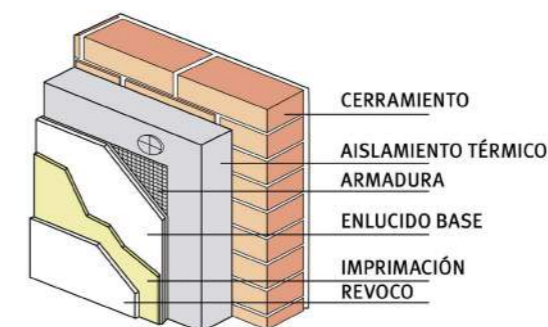


Fig. 8. Esquema del sistema de aislamiento térmico por el exterior SATE - ETICs

Las especificaciones del poliestireno expandido (EPS) aplicado en un sistema SATE pueden extraerse de distintas fuentes con pequeñas variaciones: prez 17237 [7] o la UNE 92181 [5], en la Tabla 18 se ha optado por exponer las de la futura norma. Aunque como se ha resaltado anteriormente, lo importante es que el sistema debe haber sido ensayado conjuntamente.

Especificación		Norma de ensayo	Nivel - Clase mínima
Tolerancias dimensionales	Longitud	EN 822	L(2)
	Ancho	EN 822	W(2)
	Espesor	EN 823	T(1)
	Rectangularidad	EN 824	S(3)
	Planicidad	EN 825	P(3)
Estabilidad dimensional	En condiciones normales	EN 1603	DS(N)2
	En condiciones específicas	EN 1604	DS(70,-)2
Resistencia a tracción perpendicular a las caras		EN 1607	TR100
Comportamiento a cortante		EN 12090	SS ≥ 20 kPa
Fluencia a compresión		EN 12090	GM ≥ 0,3 MPa
Absorción de agua por inmersión total		EN 16535 Método 2	WL(T)0,5

Tabla 18. Especificaciones del EPS en un sistema SATE

Ventajas de los sistemas de aislamiento por el exterior bajo revoco

- Protege el cerramiento de fábrica del edificio.
- Mejora la eficiencia energética del edificio.
- Asegura un índice robusto de eficiencia energética.
- Reduce el efecto de los puentes térmicos, minimiza el riesgo de condensaciones intersticiales y las pérdidas de calor.
- Reduce la sollicitación térmica de la estructura.

- Transfiere el punto potencial de condensación fuera de la estructura de edificio.
- Optimiza el uso de la inercia térmica, limitando las fluctuaciones de la temperatura interior del edificio.
- Puede contribuir a aislamiento acústico de la fachada en caso de renovación integral (incluye ventanas).
- Sistemas disponibles en diversos acabados.
- Relativamente fácil y rápido de instalar.
- Sistema fácil de controlar durante la ejecución ya que el espesor de aislamiento queda visible.
- Sistemas e instalaciones fácilmente certificables y asegurables.

Ventajas particulares en caso de rehabilitación

- Proporciona más mejoras al edificio que otros sistemas.
- Renueva el aspecto de la fachada.
- Corrige grietas y fisuras soporte evitando posibles filtraciones.
- Tiene bajos costes de mantenimiento.
- Aumenta la vida útil del edificio.
- Aumenta el valor de la propiedad.
- Evita trabajos en el interior.
- Se puede instalar en recintos ocupados.
- No reduce el espacio útil.
- Se pueden instalar grandes espesores que optimicen la intervención.
- Acompañado de condiciones de ventilación, contribuye a la eliminación de problemas de salubridad interior como humedades y condensaciones.

Detalles críticos del sistema en general

- El revestimiento debe tener las especificaciones necesarias para satisfacer las necesidades de protección del sistema.
- Deben respetarse las especificaciones del fabricante del mortero de revestimiento en cuanto a las juntas de dilatación del sistema.
- Deben respetarse las juntas de unión y los sellados del sistema con los encuentros, las instalaciones, etc.
- Se deben detallar en el proyecto cómo van a quedar las instalaciones que atraviesan el sistema o que necesitan perforarlo en sus fijaciones (por ejemplo, la instalación de gas natural).

Detalles críticos del sistema en rehabilitación

- Las fijaciones al soporte: se debe tener en cuenta el tipo de sustrato, así como su resistencia mecánica y la degradación sufrida con el tiempo.
- Se debe evitar la corrosión de los sistemas de fijación y los posibles movimientos del sistema completo. Si es necesario se reparará previamente el soporte en las zonas con huecos o de baja adherencia.
- Los puentes térmicos: especialmente en los contornos de ventanas, puertas y balcones.
- Juntas de dilatación: además de las juntas propias del sistema de revestimiento (especificadas por cada fabricante), se deben respetar la juntas de dilatación estructural del edificio existente.
- Estudio en profundidad de los encuentros con las instalaciones existentes.

Durabilidad y mantenimiento

El aislamiento exterior bajo revoco es vulnerable a ser dañado sobre todo en la planta a pie de calle, por ello debe protegerse con piezas de refuerzo especial en las zonas bajas y esquinas. El mantenimiento del material de revestimiento es función de la ubicación del edificio.

Factores como la polución ambiental o las solicitaciones climatológicas marcarán el aspecto de la fachada y, por tanto, las necesidades de mantenimiento de la misma.

Para los acabados acrílicos, los fabricantes recomiendan lavados a presión cada 5 ó 10 años según la ubicación del edificio.

Solución 2. F02. Fachadas. Trasdosado con placa de yeso laminado. Intervención por el interior

La rehabilitación térmica de la fachada por el interior se recomienda especialmente en los siguientes casos:

- Durante la realización de otros trabajos en el interior del edificio (suelos, particiones, ventanas, etc.).
- Cuando no se considere modificar el aspecto exterior del edificio con lo que no se realizará ningún gasto en elementos auxiliares como andamios.
- Siempre que compense la pérdida de espacio útil con los ahorros energéticos y beneficios medioambientales que supone la intervención. Se debe prestar especial atención a los encuentros con cerramientos (ventanas y puertas) así como a la resolución de los puentes térmicos.

La Figura 9 muestra un esquema de este sistema de aislamiento térmico.

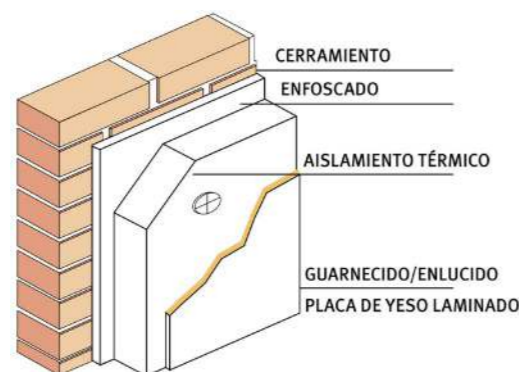


Fig. 9. Esquema del trasdosado con placa de yeso laminado

Las especificaciones del poliestireno expandido (EPS) aplicado con placa de yeso laminado están reflejadas en la UNE 92181 [5] y se resumen en la Tabla 19.

Especificación	Norma de ensayo	Nivel - Clase mínima	
Tolerancias dimensionales	Longitud	EN 822	L(2)
	Ancho	EN 822	W(2)
	Espesor	EN 823	T(1)
	Rectangularidad	EN 824	S(2)
	Planicidad	EN 825	P(5)
Estabilidad dimensional	En condiciones normales	EN 1603	DS(N)2
	En condiciones específicas	EN 1604	DS(23,90)
Resistencia a flexión	EN 12089	BS50	
Factor de difusión del vapor de agua μ	EN 12086	30 - 70	

Tabla 19. Especificaciones del EPS con trasdosado de placa de yeso laminado

Ventajas del sistema de aislamiento por el interior con placa de yeso laminado

Un factor clave para la renovación térmica de la fachada por el interior es la optimización del espacio útil. Por ello, los sistemas recomendados tienen la máximas prestaciones con el mínimo espesor, es el caso de los complejos de aislamiento y placa de yeso laminado. Existen sistemas de aislamiento de EPS con materiales especiales de baja conductividad térmica (λ 0,030 - 0,032 W/m·K) que aportan más aislamiento con menos espesor.

Detalles críticos del sistema en rehabilitación

- La fijación de las planchas de aislamiento es la parte más crítica del sistema. Los sistemas adheridos deben emplearse en edificios sin patologías de humedades por filtraciones o condensaciones superficiales, para evitar un posible despegue del adhesivo. En ese caso se emplearán fijaciones mecánicas o bien se reparará la red para asegurar una correcta protección de la pared frente a humedades.
- El adhesivo se aplicará mediante pelladas de 5 cm de diámetro separadas unos 40 cm entre sí y 5 cm de los bordes. También se aplicarán bandas de adhesivo en el perímetro cercano a puertas y ventanas así como en la periferia de la pared.
- Se pondrá especial atención en el cálculo de condensaciones intersticiales, en caso de que se necesario se emplearán sistemas que incluyan una barrera de control de vapor en el lado caliente del aislamiento, por ejemplo, una lámina de polietileno.
- Se cuidarán los sellados y remates de la placa de yeso laminado en esquinas y encuentros con ventanas, puertas y otros elementos de la fachada.
- Se tratarán los puentes térmicos, en con- tornos de puertas y ventanas, así como pilares y cajas de persiana para optimizar la mejora energética de la fachada y evitar condensaciones.

En general se recomienda seguir los consejos del fabricante del sistema escogido.

Solución 3. F03. Fachadas. Relleno de cámaras de aire. Intervención por el interior

Esta solución sólo es aplicable cuando existente una cámara de aire no ventilada en la fachada, generalmente en soluciones de doble hoja cerámica.

Esta solución es recomendable en los casos en, por algún motivo, no es viable ni una intervención de la fachada por el exterior ni por la cara interior. Hay que tener en cuenta que esta solución es la que tiene un menor impacto en términos de reducción de la demanda energética ya que se encuentra limitada por varios factores como:

- El espesor de la cámara de aire.
- El estado interior de la cámara de aire ya que puede presentar rellenos de materiales de obra o desperdicios.
- La continuidad de la cámara de aire que puede verse interrumpida por encuentros con otros elementos del edificio como pilares o divisiones o tabiquerías interiores.
- También hay que prestar especial cuidado a la distribución del material de relleno de la cámara, generalmente perlas de poliestireno expandido.
- En general, los pasos para la ejecución de esta solución son:
 - Realización de pequeños taladros (generalmente de 10 a 15 mm de diámetro) en diferentes puntos de la fachada y a diferentes alturas, para permitir la introducción de un videoendoscopio para analizar el estado de la cámara de aire y determinar si es viable o no rellenarla. Por ejemplo, la presencia de desperdicios o materiales sueltos de obra reducen la cámara de aire y pueden no hacer viable esta solución.
 - Relleno de la cámara de aire por tongadas. Dentro de un mismo paño de fachada, se recomienda realizar en la fachada un orificio a media altura, realizar el relleno de la cámara hasta esa altura, sellar el orificio y repetir el proceso pero a una altura superior.

Generalmente el producto (perlas de poliestireno expandido) se sirve a la obra en sacos. Un sistema avanzado incluye un ligante o especie de adhesivo que se aplica sobre las perlas de poliestireno expandido junto antes de rellenar la cámara de aire y asegura la unión entre perlas, mejorando el comportamiento térmico al reducir la presencia de oquedades entre perlas una vez vertidas en la cámara de aire.

La Figura 10 muestra un detalle durante el relleno de una cámara de aire con perlas de poliestireno expandido.



Fig. 10. Detalle del relleno de una cámara de aire con perlas de EPS

Solución 4. C01. Cubiertas. Planas invertidas. Intervención por el exterior

En general, es preferible realizar una intervención en cubierta por el exterior para no molestar a los usuarios del edificio y no reducir la altura útil bajo cubierta.

Se recomienda especialmente esta aplicación cuando se aproveche la renovación de la impermeabilización por encontrarse deteriorada y ser posible causa de goteras y otras patologías debidas a las humedades.

Las cubiertas planas se clasifican en frías o calientes en función de la posición del aislamiento con respecto al sistema de impermeabilización.

La cubierta caliente es propia de climas lluviosos y fríos en los que la impermeabilización se coloca sobre el aislamiento para protegerlo y mantener sus propiedades térmicas en esas condiciones climáticas.

La cubierta fría o invertida es propia de climas cálidos y secos. En este caso el aislamiento es el que protege la impermeabilización al colocarse encima y reducir las sollicitaciones térmicas y por tanto su desgaste. En este caso se coloca una protección sobre el aislamiento según el uso que se vaya a dar a la cubierta.

El poliestireno expandido (EPS) empleado en esta aplicación se denomina EPS-h (EPS hidrófobo). Es un material específico de baja absorción de agua, para aplicaciones que requieran esta propiedad en el aislamiento, como es el caso de la cubierta invertida.

La Figura 11 muestra un esquema de este sistema de aislamiento térmico.

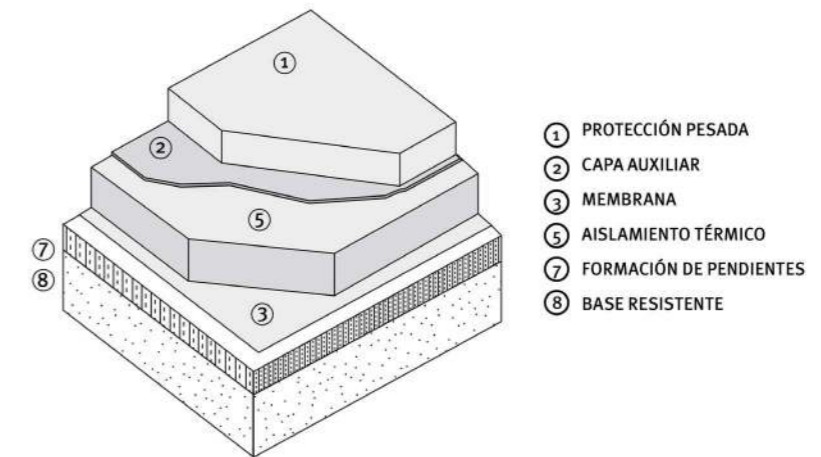


Fig. 11. Esquema de la cubierta invertida

Descripción de la cubierta invertida con EPS-h

En la cubierta plana tradicional la lámina de impermeabilización está expuesta a unas duras condiciones de trabajo, en nuestro país especialmente altas temperaturas, lo que provoca generalmente su deterioro con el tiempo y finalmente su fallo.

La cubierta invertida con EPS-h es un sistema de aislamiento que protege la lámina de impermeabilización de los cambios de temperatura y del deterioro continuo por efectos del clima y el uso o mantenimiento de la cubierta.

El producto aislante que forme parte de la cubierta invertida en España debe por tanto aportar una serie de prestaciones al sistema:

- Resistencia a la absorción de agua.
- Estabilidad dimensional en condiciones de temperatura y humedad.
- Resistencia mecánica en función de su uso.

La cubierta invertida tiene diferentes aplicaciones en función de su uso:

- **Cubierta no transitable o con acceso limitado al mantenimiento.** En este caso el acabado de la cubierta suele ser de grava (mínimo 5 cm) dejando unas zonas transitables a modo de pasillos para el mantenimiento. La Figura 12 muestra un esquema de esta solución.

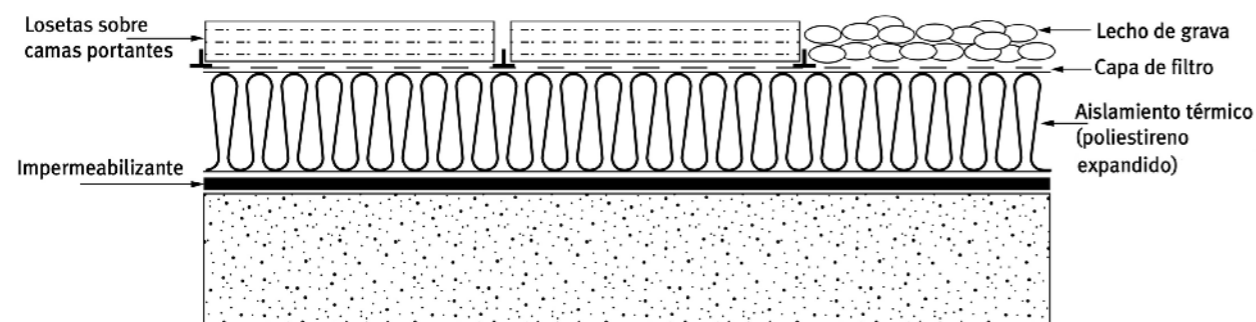


Fig. 12. Cubierta invertida no transitable con acceso limitado a mantenimiento

- **Cubierta transitable.** En este caso el acabado suele ser con elementos pétreos colocados sobre elevadores, de modo que la cubierta permanece ventilada. También existen en el mercado compuestos integrados por productos aislantes y acabado pétreo a base de mortero. Se debe evaluar la resistencia a la carga de viento.
- **Cubierta ajardinada.** En este caso el acabado es el usual en una cubierta ecológica o ajardinada, complementada con un sistema de drenaje.

Las especificaciones del poliestireno expandido (EPS) aplicado en cubiertas invertidas están reflejadas en la UNE 92181 [5] y se resumen en la Tabla 20.

Especificación		Norma de ensayo	Nivel - Clase mínima
Tolerancias dimensionales	Longitud	EN 822	L(3)
	Ancho	EN 822	W(3)
	Espesor	EN 823	T(2)
	Rectangularidad	EN 824	S(2)
	Planicidad	EN 825	P(10)
Estabilidad dimensional	En condiciones normales	EN 1603	DS(N)5
	En condiciones específicas	EN 1604	DS(70,90)1

Especificación	Norma de ensayo	Nivel - Clase mínima
Tensión de compresión al 10% de deformación	EN 826	CS(10)200
Resistencia a flexión	EN12089	BS250
Nivel de deformación bajo carga y temperatura	EN 1605	DLT(2)5
Fluencia a compresión	EN 1606	CC(2/1.5/25)50
Absorción de agua a largo plazo por inmersión total	EN 12087	WL(T)2
Absorción de agua a largo plazo por difusión	EN 12088	WD(V)5
Resistencia a ciclos de congelación - descongelación	EN 12091	FTCD 5
Factor de difusión del vapor de agua μ	EN 12086	40 - 100

Tabla 20. Especificaciones del EPS aplicado en cubiertas invertidas (EPSH)

Detalles críticos del sistema en rehabilitación

A la hora de valorar la cubierta invertida con EPS-h como opción en un proyecto de rehabilitación se tendrán en cuenta los siguientes factores:

- El estado de la lámina de impermeabilización.
- Capacidad portante de la estructura original para soportar la carga adicional que supone el sistema de cubierta invertida con EPS-h.
- Los diversos aspectos de drenaje y encuentros con las heterogeneidades de la cubierta.

Las recomendaciones se centran en los siguientes aspectos:

- **Sobrecarga.** Las condiciones de carga son definitivas a la hora de diseñar la cubierta invertida con EPS-h, tanto la solución de grava como la de losas vienen determinadas por esta limitación. Una vez asegurado que la estructura puede soportar la carga adicional que supone la cubierta invertida, esta queda limitada por los siguientes valores mínimos: 80 kg/m² (0,80 kN/m²) en el caso de la cubierta acabada con grava y 25 kg/m² (0,25 kN/m²) en el caso de la cubierta de losa (prefabricada o no).
- **Lámina de impermeabilización.** Se debe analizar previamente al estado de la impermeabilización, aunque con el sistema de cubierta invertida con EPS-h se alargue la vida de la membrana hay que comprobar que no existe ningún daño anterior a la instalación del aislamiento.
- **Condensaciones.** La posible aparición de condensaciones entre la lámina de impermeabilización y el soporte (forjado o capa de formación de pendientes) queda resuelta con la cubierta invertida con EPS-h al dejar de ser la membrana la cara fría del cerramiento.
- **Drenajes y capas separadoras.** La incorporación de un sistema de cubierta invertida con EPS-h da la oportunidad de mejorar el sistema de drenaje de la cubierta, los diseños específicos de productos moldeados con esta finalidad garantizan la evacuación del agua.
- **Detalles constructivos.** La instalación de la cubierta invertida supone la suma de una serie de capas que deben ser adecuadas al resto de la cubierta. Deben cuidarse los bordes y encuentros con los diversos elementos de la cubierta. La figura 13 muestra un par de detalles constructivos de la solución en dos puntos singulares: zona de drenaje de la cubierta y encuentro con muretes del perímetro de la cubierta.

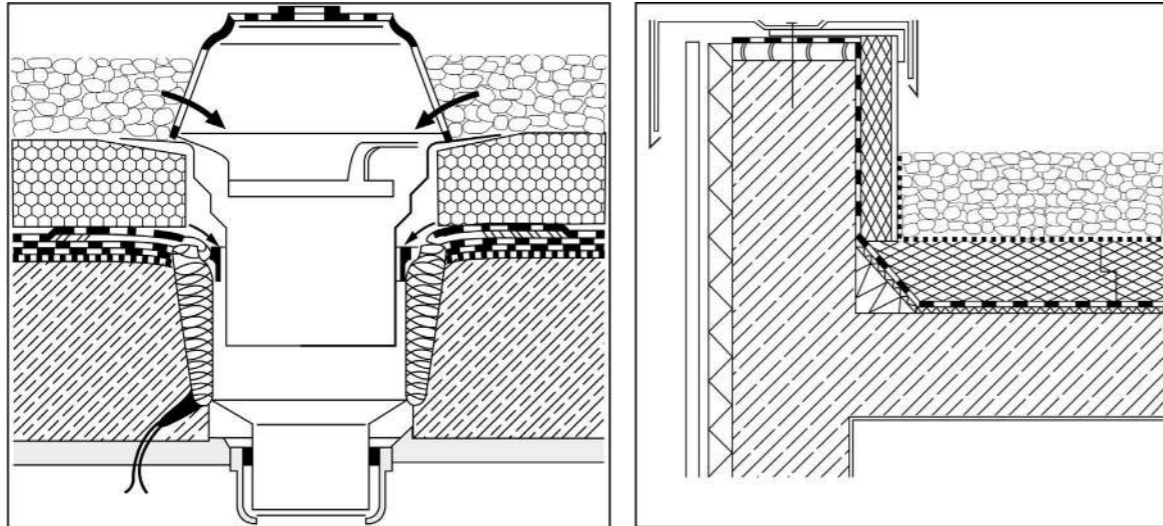


Fig. 13. Detalles. Izquierda: encuentro con desagües. Derecha: encuentro con murete perimetral

Solución 5. C02. Cubiertas. Inclinadas. Intervención por el exterior

Esta aplicación se recomienda especialmente en los casos en que no es accesible el bajo cubierta (espacios no habitables) o bien se aprovecha la reparación del tejado para incluir aislamiento térmico al faldón que forma la cubierta. También es idóneo en cubiertas inclinadas sobre espacios habitables. La Figura 14 muestra un detalle de estos dos casos.

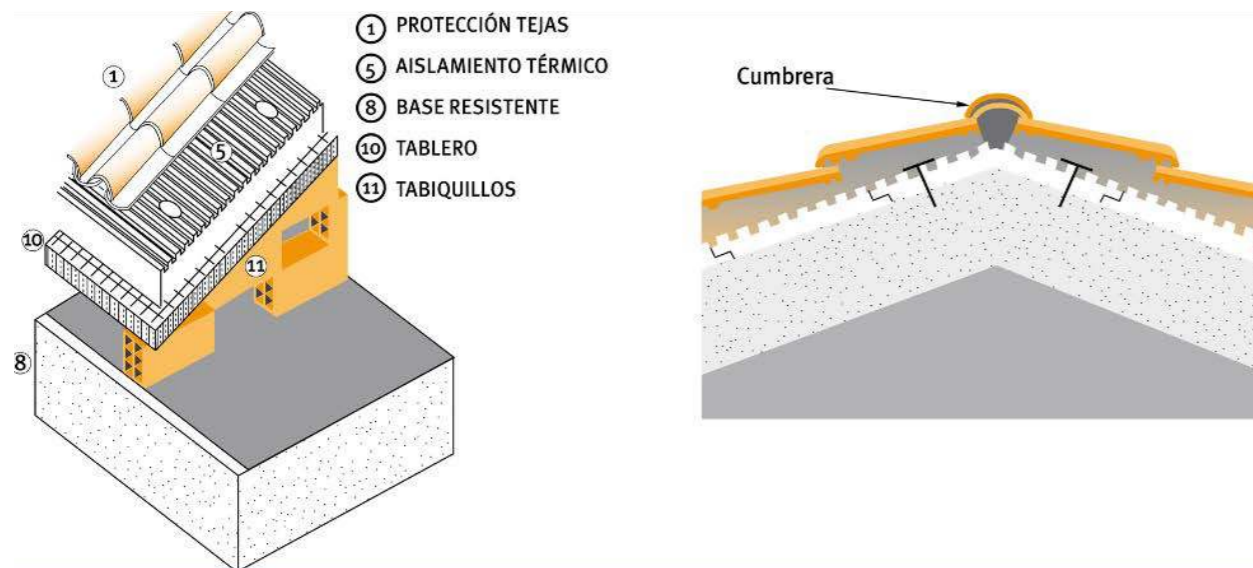


Fig. 14. Detalles. Izquierda: sobre espacio no habitable. Derecha: sobre espacio habitable

Esta operación exige que se levante el tejado y se realice una estructura que permita la fijación del aislante térmico antes de volver a colocar el nuevo tejado.

Las especificaciones del poliestireno expandido (EPS) aplicado en cubiertas inclinadas están reflejadas en la UNE 92181 [5] y se resumen en la Tabla 21.

Especificación		Norma de ensayo	Nivel - Clase mínima
Tolerancias dimensionales	Longitud	EN 822	L(3)
	Ancho	EN 822	W(3)
	Espesor	EN 823	T(2)
	Rectangularidad	EN 824	S(5)
	Planicidad	EN 825	P(10)
Estabilidad dimensional	En condiciones normales	EN 1603	DS(N)5
	En condiciones específicas	EN 1604	DS(23,90)
Tensión de compresión al 10% de deformación		EN 826	CS(10)150
Resistencia a flexión		EN12089	BS200
Factor de difusión del vapor de agua μ		EN 12086	30 - 70

Tabla 21. Especificaciones del EPS aplicado en cubiertas inclinadas

En caso de que la cubierta sea ventilada se debe colocar una estructura de madera que garantice la cámara de aire.

En caso de que se emplee una lámina bajo cobertura (propio en zonas de montaña), esta debe colocarse sobre el aislamiento y bajo el enrastrelado. Su misión es proteger el bajo cubierta de la penetración de nieve derretida, asegurando la recogida de ese agua y su conducción al canalón para garantizar la evacuación. Es una cobertura en reserva en caso de rotura o levantamiento de la cobertura (teja o pizarra).

Detalles críticos del sistema en rehabilitación

- Debe asegurarse la ventilación de la cubierta para evitar la formación de condensaciones intersticiales (además de colocar la barrera de control de vapor).
- El aumento del aislamiento de la cubierta requiere medios añadidos de ventilación.
- Se debe asegurar el sellado en todos los encuentros de la nueva cubierta con los elementos que se encuentran en ella (chimeneas, ventanas, lucernarios, etc.).
- En el proyecto debe tenerse en cuenta el cambio de dimensión de la cubierta (aumenta el espesor) y se deben adaptar los remates del faldón donde se requiera.

Solución 6. S01. Suelos. Mejora ruido de impactos. Intervención por el interior

Esta solución principalmente aporta una mejora sustancial en el comportamiento acústico del edificio reduciendo el ruido de impacto entre recintos protegidos (colindantes verticalmente, horizontalmente o con una pista horizontal en común). También aporta aislamiento térmico pero con un nivel más reducido ya que el espesor de la placa de aislamiento no suele ser mayor de dos centímetros.

Según la "Guía de aplicación del DB-HR Protección frente al ruido" [8], el ruido de impactos en la edificación se produce por una excitación mecánica como una pisada, un golpe o la caída de un objeto, producida sobre el soporte resistente (generalmente el pavimento sobre un forjado). Los impactos originan unas vibraciones que se propagan por el forjado a aquellos elementos constructivos conectados a éste, como pilares y tabiques, que son excitados y, a su vez, se convierten en fuentes generadoras de ruidos aéreos percibidos por los usuarios.

Para el ruido de impactos, las transmisiones indirectas se producen por estas vibraciones que desde el forjado, pasan a los elementos constructivos a los que están unidos. En la Figura 15, se ha marcado la transmisión a ruido de impactos que existe entre recintos, que es la compuesta por la transmisión directa (D) y las transmisiones indirectas *f* marcadas en rojo.

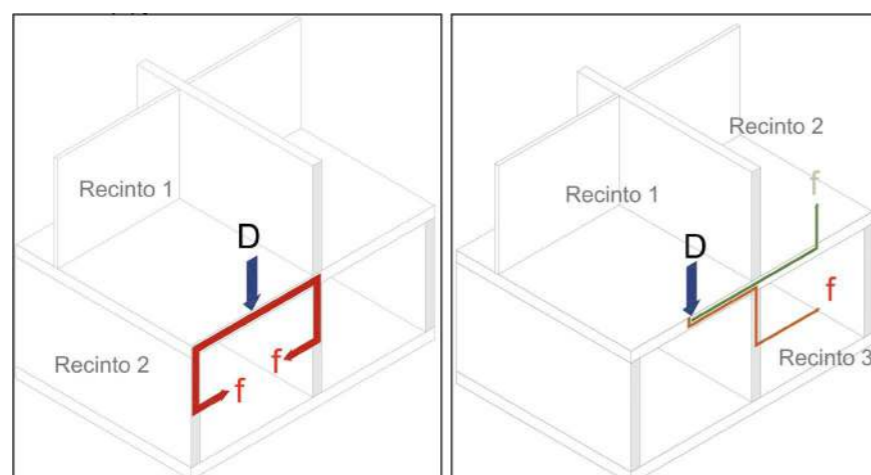


Fig. 15. Transmisión de ruido de impactos

Para minimizar esas transmisiones por ruidos de impactos se debe actuar buscando:

- Distribuir sobre el soporte resistente un material con propiedades elásticas para que sea capaz de absorber el impacto y reducir su transmisión al forjado (efecto masa - muelle - masa).
- Distribuir en el perímetro del suelo un material con propiedades elásticas para que sea capaz de absorber el impacto y reducir su transmisión por los laterales, por ejemplo, a través de la tabiquería apoyada sobre el forjado.

Para estas soluciones es idóneo el poliestireno expandido elastificado o EPS T. Los bloques de poliestireno expandido, mediante un proceso de prensado, son sometidos a una carga que deforma las paredes microscópicas del material confiriéndole capacidad de absorción de impactos.

Las especificaciones del poliestireno expandido elastificado (EPS T) aplicado en suelos flotantes con propiedades de aislamiento a ruido de impactos, están reflejadas en la UNE 92181 [5] y se resumen en la Tabla 22.

Especificación	Norma de ensayo	Nivel - Clase mínima	
Tolerancias dimensionales	Longitud	EN 822	L(3)
	Ancho	EN 822	W(3)
	Espesor	EN 823	T(2)
	Rectangularidad	EN 824	S(5) / S(2)
	Planicidad	EN 825	P(3)
Estabilidad dimensional	En condiciones normales	EN 1603	DS(N)5
	En condiciones específicas	EN 1604	DS(23,90)
Resistencia a flexión	EN12089	BS50	
Rigidez dinámica	EN 29052-1	SD10	
Comprensibilidad	EN12431	CP5	

Tabla 22. Especificaciones del EPS T aplicado en suelo flotantes para mejora del ruido de impactos

Como referencia de la reducción del ruido de impactos, se puede emplear los valores indicados en el Catálogo de Elementos del CTE [8]. La Tabla 23 muestra los valores indicados en dicho catálogo.

Espesor	ΔR_A [dBA]	ΔL_W [dB]
20 mm y rigidez dinámica inferior a 30 MN/mm ³	10 [175 - 250]	25
	6 [300]	
	5 [350]	
	4 [400]	
	3 [450]	
	0 [>500]	
30 mm y rigidez dinámica inferior a 20 MN/mm ³	15 [175 - 250]	28
	8 [300]	
	7 [350]	
	6 [400]	
	5 [450]	
	0 [>500]	
40 mm y rigidez dinámica inferior a 15 MN/mm ³	19 [175 - 250]	30
	9 [300]	
	7 [350]	
	6 [400]	
	5 [450]	
	0 [>500]	

Notas.-

El valor entre corchetes es la masa máxima del forjado o de la losa sobre la que se aplica el suelo flotante.

ΔR_A es el incremento del aislamiento acústico a ruido aéreo por la aplicación del suelo flotante.

ΔL_W es la reducción del nivel global de presión de ruido de impactos estandarizado.

Tabla 23. Valores de referencia para la mejora a ruido aéreo y a ruido de impactos

La Figura 16 muestra un detalle de la instalación de plantas de poliestireno expandido elastificado EPS T, durante la ejecución de una obra



Fig. 16. Instalación de plantas de poliestireno expandido elastificado EPS T en un suelo flotante

Solución 7. S02. Suelos. Aislamiento térmico por el exterior por la cara inferior del soporte resistente.

Los suelos en contacto con el ambiente exterior pueden rehabilitarse térmicamente colocando aislamiento térmico por su cara exterior, es decir, por la cara inferior del soporte resistente (forjado).

Por lo descrito anteriormente, la situación más habitual es la de aplicar un sistema de aislamiento térmico por el exterior SATE que, en muchos casos, será la continuación del mismo sistema aplicado en las fachadas del edificio.

Por todo ello, las especificaciones del sistema y sus características son las mismas ya indicadas en la "Solución 1. F01. Fachadas. Sistema SATE. Intervención por el exterior" de esta guía.



Fig. 17. Sistema SATE aplicado durante la rehabilitación de un edificio de viviendas. Izquierda: estado sin rehabilitar. Derecha: estado rehabilitado.

Solución 8. P01. Particiones interiores

Por último, no hay que olvidar que las particiones interiores (horizontales y verticales) que separan espacios habitables de espacios no habitables (garajes, trasteros, cuartos de instalaciones, etc.) también requieren una mejora de su comportamiento térmico ya que, aunque en menor medida, también se producen fenómenos de transmisión de calor a través de ellos debido a la diferencia de temperaturas existente entre dichos espacios habitables y no habitables.

Por ello, en el caso de una intervención integral de un edificio, también es interesante actuar sobre dichos elementos para que el impacto en la reducción de las demandas de energía sea mucho mayor. Por regla general, las particiones interiores verticales se mejoran mediante capa de aislamiento térmico y trasdosado de placa de yeso laminado. En el caso de las particiones horizontales puede actuarse sobre el soporte resistente mediante suelos flotantes o bien por la cara inferior de dicho soporte mediante sistemas de falso techo incorporando la capa de aislamiento térmico en la zona del plenum de dicho sistema (fijadas mecánicamente al soporte resistente).

Detalle 2: Se recomienda que en el encuentro de la fachada con el alféizar de la ventana se incluya aislamiento bajo éste y detrás del mismo por la parte interior.

B2.5. Recomendaciones para el proyecto y la ejecución

A continuación se detallan, en los casos habituales donde se contemplan puentes térmicos, las recomendaciones a tener en cuenta a la hora de realizar el proyecto de rehabilitación en los casos analizados.

Aislamiento de fachadas por el exterior (SATE) en muros de una hoja

Detalle 1: Se recomienda que el encuentro de la fachada con el dintel de la ventana se remate por la parte inferior para evitar el puente térmico, llegando hasta el marco de la ventana.

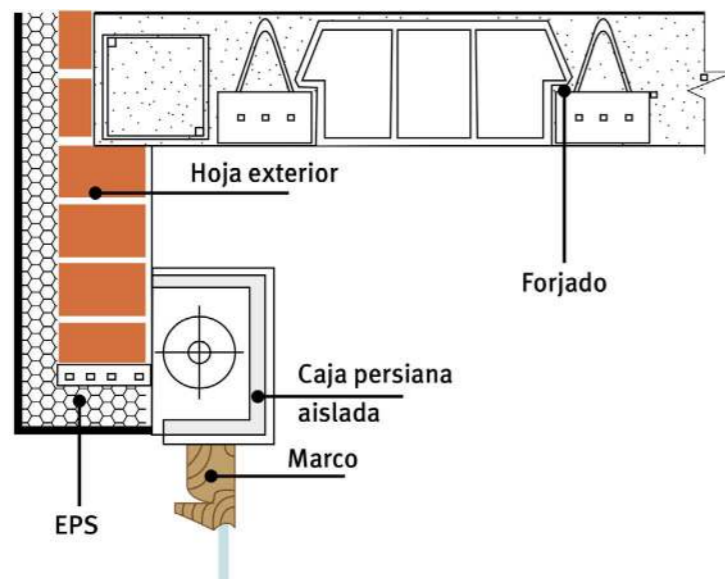


Fig. 18. Detalle 1. Sistema SATE. Encuentro de fachada con dintel.

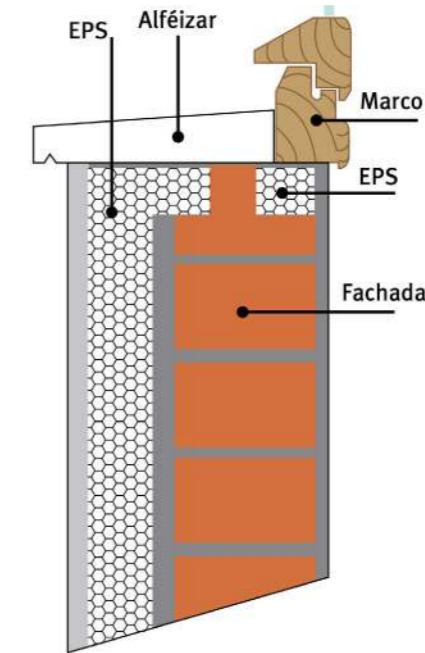


Fig. 19. Detalle 2. Sistema SATE. Encuentro de fachada con alféizar.

Detalle 3: Para evitar el puente térmico del primer forjado se recomienda añadir aislamiento perimetral y aislar el suelo por el interior.

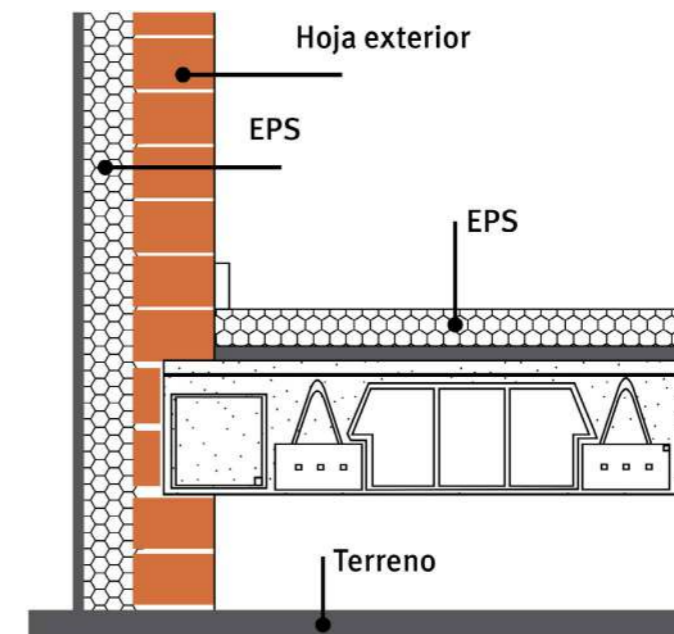


Fig. 20. Detalle 3. Sistema SATE. Encuentro de fachada con el primer forjado del edificio.

Detalle 4: El sistema asegura la continuidad del aislamiento térmico en los encuentros con particiones interiores.

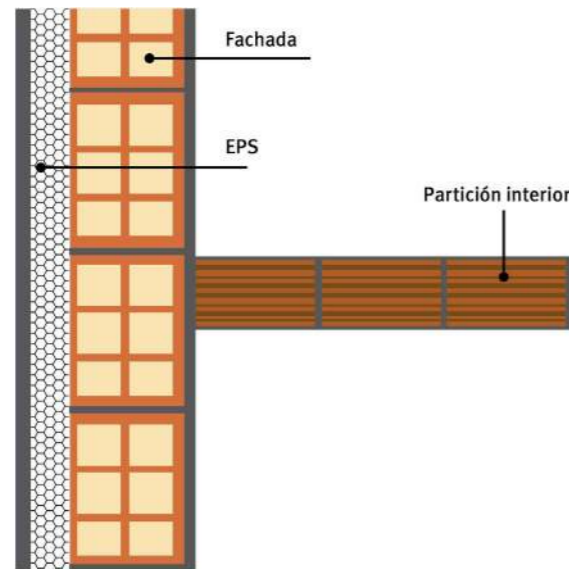


Fig. 21. Detalle 4. Sistema SATE. Encuentro de fachada con particiones interiores.

Aislamiento de fachadas por el interior en muros de una hoja

Detalle 1: Se recomienda mantener la continuidad del aislamiento entre la fachada y el dintel de la ventana para evitar el puente térmico.

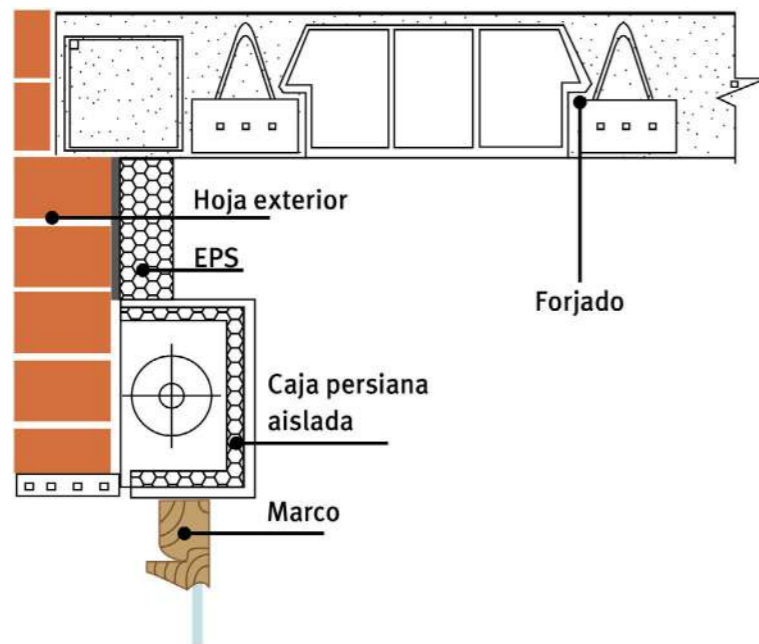


Fig. 22. Detalle 1. Aislamiento térmico por el interior. Encuentro de fachada con dintel.

Detalle 2: Se recomienda mantener la continuidad del aislamiento entre la fachada y el alféizar de la ventana, llegando a rematar en el marco de la misma, para evitar este puente térmico.

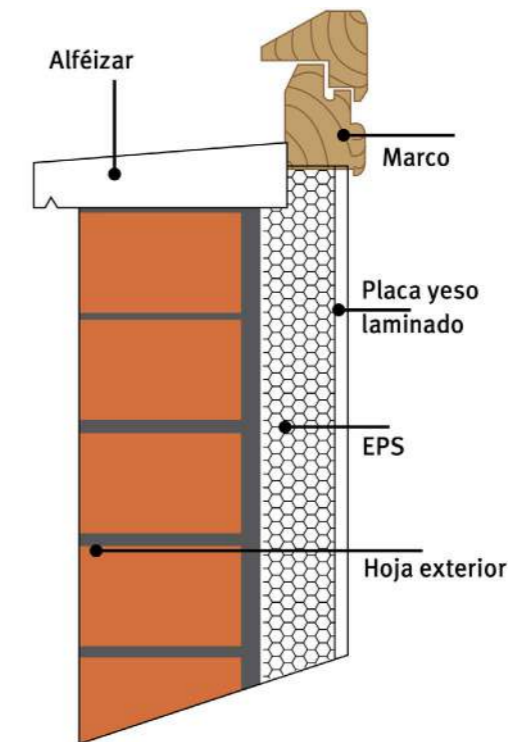


Fig. 23. Detalle 2. Aislamiento térmico por el interior. Encuentro de fachada con alféizar.

Detalle 3: Se recomienda colocar aislante bajo pavimento y rematar en el aislamiento de la fachada para evitar el puente térmico.

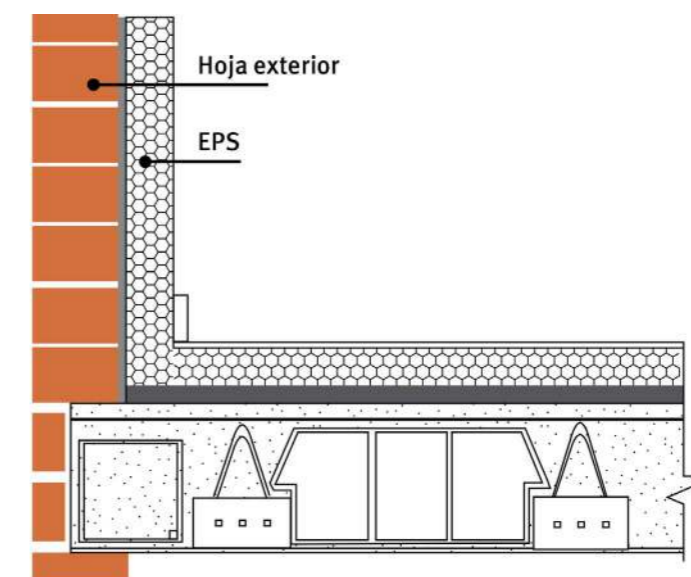


Fig. 24. Detalle 3. Aislamiento térmico por el interior. Encuentro de fachada con primer forjado del edificio.

Detalle 4: Las particiones interiores entre viviendas deben mantener aislada una superficie de un metro desde la fachada para evitar este puente térmico.

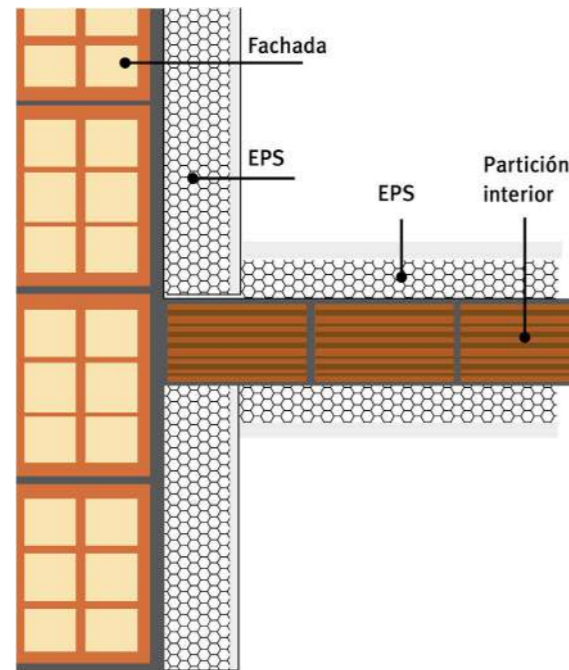


Fig. 25. Detalle 4. Aislamiento térmico por el interior. Encuentro de fachada con particiones interiores.

Aislamiento de fachadas por el interior en muros de doble hoja

Detalle 1: Se recomienda que el encuentro de la fachada con el dintel se remate en la zona inferior hasta llegar al marco de la ventana.

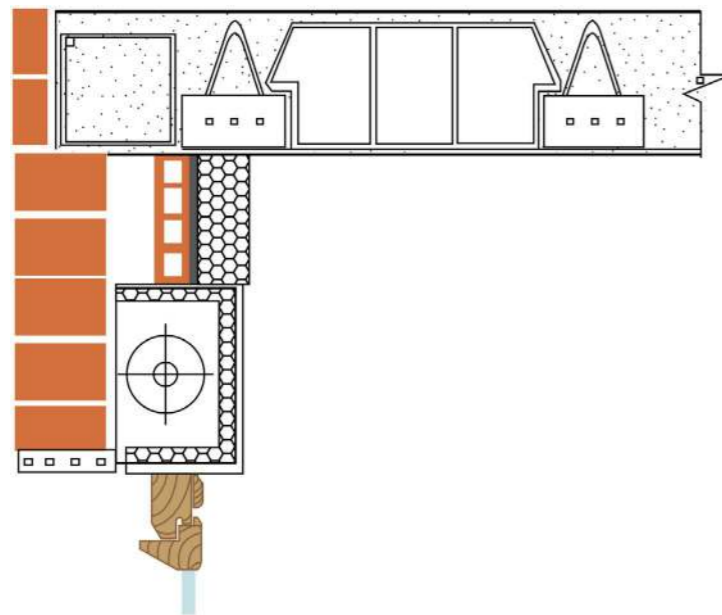


Fig. 26. Detalle 1. Aislamiento térmico por el interior. Encuentro de fachada con dintel.

Detalle 2: Se recomienda incluir aislamiento sobre la hoja interior a la altura del alféizar hasta encontrarse con el marco de la ventana.

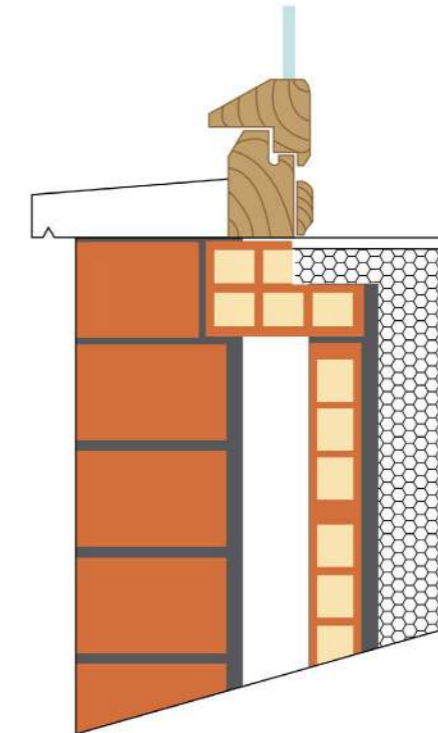


Fig. 27. Detalle 2. Aislamiento térmico por el interior. Encuentro de fachada con alféizar.

Detalle 3: Se recomienda colocar aislante bajo pavimento y rematar en el aislamiento de la fachada para evitar el puente térmico.

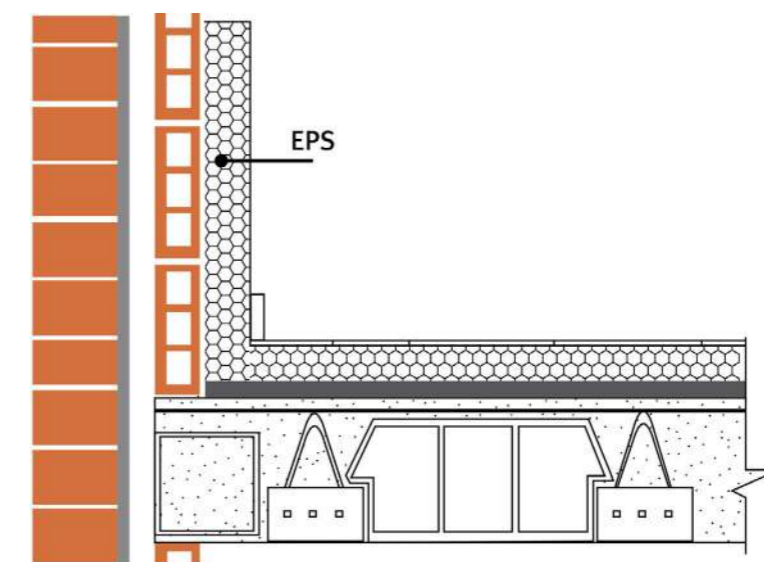


Fig. 28. Detalle 3. Aislamiento térmico por el interior. Encuentro de fachada con primer forjado del edificio.

Detalle 4: Las particiones interiores entre viviendas deben mantener aislada una superficie de un metro des- de la fachada para evitar este puente térmico.

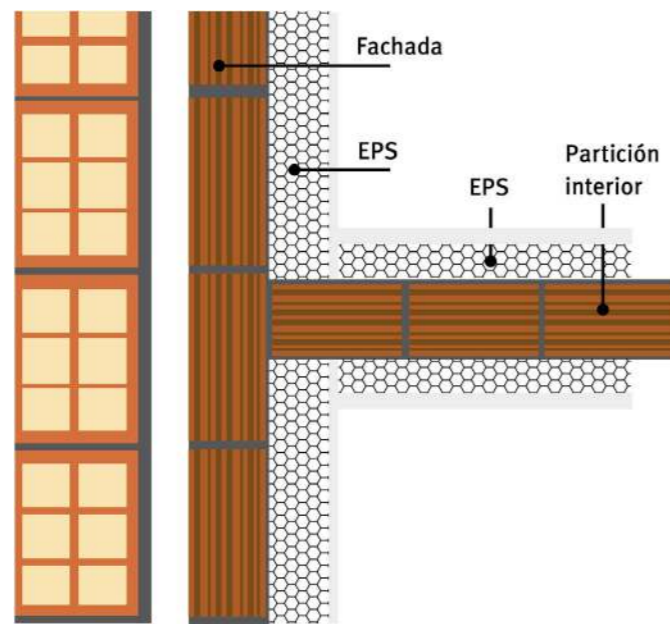


Fig. 29. Detalle 4. Aislamiento térmico por el interior. Encuentro de fachada con particiones interiores.

BLOQUE 3 CASOS PRÁCTICOS



B3.1. Fachadas. Rehabilitación térmica por el exterior. Sistema SATE - ETICS

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

m ²	Sistema SATE - ETICS de aislamiento térmico por el exterior de fachada existente
Rehabilitación energética de fachada, mediante aislamiento térmico por el exterior, con sistema ETICS, compuesto por: panel rígido de poliestireno expandido, según UNE-EN 13163, de superficie lisa y mecanizado lateral recto, de color blanco, de 60 mm de espesor, fijado al soporte con mortero, aplicado manualmente y fijaciones mecánicas con taco de expansión 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/m ² 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 expandido 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.	

Sistema SATE - ETICS de aislamiento térmico por el exterior de fachada existente					
Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt28mop080f	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.	0,170	1,44 €	0,24 €
mt28mop085f	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	0,170	5,05 €	0,86 €
mt28mop030g	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.	10,400	0,69 €	7,18 €

mt16pep010ad	m ²	Panel rígido de poliestireno expandido, según UNE-EN 13163, de superficie lisa y mecanizado lateral recto, de color blanco, de 60 mm de espesor, con resistencia al envejecimiento y permeable al vapor de agua, resistencia térmica 1,58 m ² K/W, conductividad térmica 0,038 W/(m·K), Euroclase E de reacción al fuego.	1,050	8,15 €	8,56 €
mt16pep100c	Ud	Taco de expansión de polipropileno, de 120 mm de longitud, para fijación de placas aislantes.	8,000	0,18 €	1,44 €
mt28mop050a	m ²	Malla de fibra de vidrio, antiálcalis, de 5x4 mm de luz de malla, de 0,6 mm de espesor, de 160 g/m ² de masa superficial y de 1x50 m, para armar morteros.	1,100	1,26 €	1,39 €
mt28mop070b	m	Perfil de esquina de PVC con malla, para refuerzo de cantos	0,300	0,40 €	0,12 €
mt28mop320a	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.	0,220	3,27 €	0,72 €
mt28mop310ma	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 €
mt15bas010a	m	Cordón de polietileno expandido de celdas cerradas, de sección circular de 6 mm de diámetro, para el relleno de fondo de junta.	0,170	0,06 €	0,01 €
mt15bas035a	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.	0,020	8,24 €	0,16 €
Subtotal materiales					28,05 €
2		Mano de obra			
mo054	h	Oficial 1ª montador de aislamientos.	0,109	19,56 €	2,13 €
mo101	h	Ayudante montador de aislamientos	0,109	18,05 €	1,97 €
mo039	h	Oficial 1ª revocador	0,656	19,03 €	12,48 €
mo079	h	Ayudante revocador	0,656	18,05 €	11,84 €
Subtotal mano de obra					28,42 €
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2 %	56,48 €	1,13 €
Total costes directos (1 + 2 + 3)					57,61 €

Cuadro resumen			
Partida	Unidad	Descripción	Importe €/m ²
ZFF002	m ²	Sistema SATE - ETICS de aislamiento térmico por el exterior de fachada existente	57,61 €

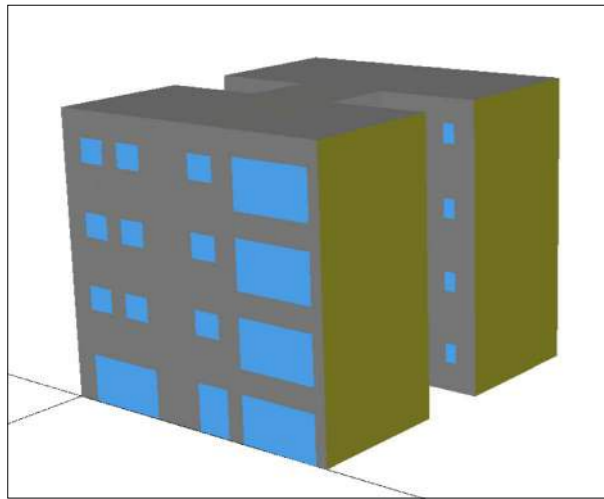
B3.1.2 Aplicación a un edificio tipo

A título de ejemplo, se adjunta la eficiencia energética que se obtiene con esta técnica aplicada al edificio tipo que se describe a continuación.

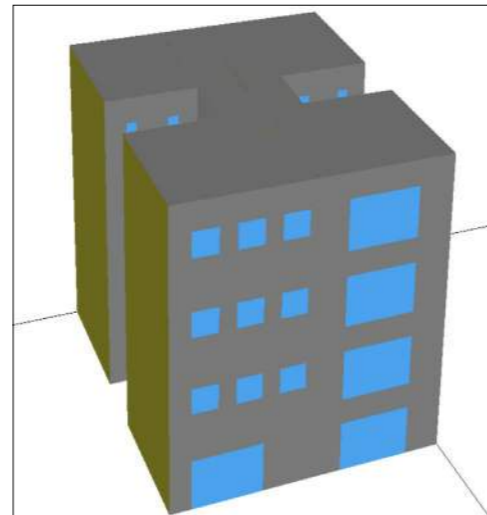
- Descripción del edificio y descripción constructiva inicial (rehabilitada).
- Caracterización de las viviendas tipo 9 de 11. Tipología 9M: edificio entre medianeras posterior a 1979.

Características del edificio tipo

Edificio entre medianeras			
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 $U = 1,48 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$	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

Elemento constructivo	Material	Espesor (cm)
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 $U = 1,74 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$	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
	Acristalamiento de vidrio monolítico	0,4

La tabla siguiente indica un resumen del porcentaje de reducción de la demanda energética del edificio rehabilitando la parte ciega de la fachada, rehabilitando toda la fachada y rehabilitando toda la fachada y la 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	4.177,97 €	40,2 %	5.827,97 €	59,8 %	6.771,97 €	73,8 %
B4 (Sevilla)	185,74	70 mm	4.452,37 €	27,9 %	6.102,37 €	42,8 %	7.046,37 €	57,5 %
C2 (Barcelona)	198,34	110 mm	4.959,43 €	46,2 %	6.609,43 €	53,4 %	7.578,43 €	81,3 %
D3 (Madrid)	266,77	120 mm	5.093,65 €	41,1 %	6.787,65 €	67,1 %	7.806,65 €	78,9 %
E1 (Burgos)	357,14	140 mm	5.362,09 €	43,6 %	7.056,09 €	71,1 %	8.275,09 €	80,2 %

B3.2. Fachadas. Rehabilitación térmica por el interior. Trasdosados 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 trasdosado. Los precios de referencia empleados en este estudio se han obtenido a partir del Generador de Precios de CYPE Ingenieros.

Descripción de la actuación

m ²	Trasdosado directo de placas de yeso laminado con aislamiento térmico incorporado
	Rehabilitación energética de fachada por el interior, mediante trasdosado directo, de 55 mm de espesor total, con nivel de calidad del acabado Q2, formado por placa de yeso laminado con aislamiento de poliestireno expandido y lámina de aluminio de 9,5+30 mm de espesor, recibida directamente sobre el paramento vertical con pasta de agarre. Incluso pasta y cinta para el tratamiento de juntas. El precio incluye la resolución de encuentros y puntos singulares.

Trasdosado directo de placas de yeso laminado con aislamiento térmico incorporado					
Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt12psg035a	kg	Pasta de agarre, según UNE-EN 14496.	4,000	0,51 €	2,04 €
mt12psg240e	m ²	Placa transformada de 10+30 mm de espesor formada por una placa de yeso laminado 9,5x1200x2600, BA, UNE-EN 13950 que lleva adherida un panel rígido de poliestireno expandido, según UNE-EN 13163, de superficie lisa, de 40 mm de espesor, resistencia térmica 1,58 m ² K/W, conductividad térmica 0,038 W/(m·K), Euroclase E de reacción al fuego por una cara y una lámina de aluminio que actúa como barrera de vapor por la otra.	1,050	18,01 €	18,91 €
mt12psg030a	kg	Pasta de juntas, según UNE-EN 13963.	0,250	1,10 €	0,28 €
mt12psg040a	m ²	Cinta microperforada de papel, según UNE-EN 13963.	1,600	0,03 €	0,05 €
Subtotal materiales					21,27 €
2		Mano de obra			
mo053	h	Oficinas 1ª montador de prefabricados interiores	0,345	19,56 €	6,75 €
mo100	h	Ayudante montador de prefabricados interiores	0,345	18,05 €	6,23 €
Subtotal mano de obra					12,98 €
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2 %	34,25 €	0,68 €
Total costes directos (1 + 2 + 3)					34,93 €

Cuadro resumen

Partida	Unidad	Descripción	Importe €/m ²
RRY002	m ²	Trasdosado directo de placas de yeso laminado con aislamiento térmico incorporado	34,93 €

B3.2.2 Aplicación a un edificio tipo

La tabla siguiente indica un resumen del porcentaje de reducción de la demanda energética del edificio rehabilitando la parte ciega de la fachada, rehabilitando toda la fachada y rehabilitando toda la fachada y la 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	2.755,98 €	27,5 %	4.405,98 €	50,9 %	5.349,98 €	64,9 %
B (Sevilla)	185,74	70 mm	3.055,74 €	27,9 %	4.705,74 €	49,6 %	5.649,74 €	63,2 %
C (Barcelona)	198,34	110 mm	3.655,26 €	35,7 %	5.305,26 €	47,2 %	6.274,26 €	58,4 %
D (Madrid)	266,77	120 mm	3.805,14 €	41,1 %	5.499,14 €	56,3 %	6.518,14 €	68,4 %
E (Burgos)	357,14	140 mm	4.104,90 €	43,6 %	5.798,90 €	60,4 %	7.017,90 €	69,8 %

B3.3. Fachadas. Rehabilitación térmica por el interior. Relleno de cámaras de aire

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 relleno de cámaras. Los precios de referencia empleados en este estudio se han obtenido a partir del Generador de Precios de CYPE Ingenieros.

Descripción de la actuación

m ²	Sistema de aislamiento térmico en cámaras de aire de cerramiento de doble hoja de fábrica, por insuflado, desde el exterior, de perlas de poliestireno expandido
	Rehabilitación energética de fachada de doble hoja de fábrica, rellenando el interior de la cámara de aire de 60 mm de espesor medio, por insuflado, desde el exterior, de aislamiento térmico de perlas de poliestireno expandido EPS, no aptos como soporte nutritivo para el desarrollo de hongos ni bacterias, conductividad térmica 0,038 W/(m·K); tapado de los taladros ejecutados en el paramento mediante mortero de cemento

Sistema de aislamiento térmico mediante insuflado en cámaras de fachadas de doble hoja					
Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
—	kg	Perlas de poliestireno expandido, no aptos como soporte nutrido para el desarrollo de hongos ni bacterias, conductividad térmica 0,038 W/(m·K), Euroclase E1 de reacción al fuego según UNE-EN 13501-1, capacidad de absorción de agua a corto plazo <= 1 kg/m ² y factor de resistencia a la difusión del vapor de agua de μ 30 a 60, para relleno de cámaras por insuflado.	2,000	3,57 €	7,14 €
mt09moe080a	kg	Mortero de cemento, color gris, compuesto de cemento, áridos seleccionados y aditivos, tipo GP CSIII W2 según UNE-EN 998-1	0,600	0,21 €	0,13 €
Subtotal materiales					7,27 €
2		Maquinaria			
mq08mpa010	h	Maquinaria para insuflado de aislamiento en cámaras de aire.	0,096	13,00 €	1,25 €
Subtotal maquinaria					1,25 €
3		Mano de obra			
mo030	h	Oficial 1ª aplicador de productos aislantes	0,117	19,03 €	2,23 €
mo068	h	Ayudante aplicador de productos aislantes	0,117	18,05 €	2,11 €
Subtotal mano de obra					4,34 €
4		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2 %	12,85 €	0,26 €
Total costes directos (1 + 2 + 3)					13,11 €

Cuadro resumen			
Partida	Unidad	Descripción	Importe €/m ²
ZFE020	m ²	Sistema de aislamiento térmico mediante insuflado en cámaras de fachadas de doble hoja	13,11 €

B3.3.2 Aplicación a un edificio tipo

La tabla siguiente indica un resumen del porcentaje de reducción de la demanda energética del edificio rehabilitando la parte ciega de la fachada, rehabilitando toda la fachada y rehabilitando toda la fachada y la cubierta del edificio. También se indica el coste de dicha intervención para este edificio tipo. El espesor de aislamiento térmico incorporado depende del espesor total de la cámara de aire existente en la fachada.

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 insuflado EPS			Incorporando insuflado EPS y mejora ventanas		Incorporando insuflado EPS, mejora ventanas y cubierta	
	Total	Espesor aislamiento	Coste intervención	Ahorro %	Coste intervención	Ahorro %	Coste intervención	Ahorro %
A (Cádiz)	134,13	50 a 70 mm	977,57 €	27,5 %	2.627,57 €	30,1 %	3.571,57 €	44,5 %
B (Sevilla)	185,74	50 a 70 mm	977,57 €	24,9 %	2.627,57 €	34,2 %	3.571,57 €	48,0 %
C (Barcelona)	198,34	50 a 70 mm	977,57 €	29,5 %	2.627,57 €	42,7 %	3.596,57 €	52,3 %
D (Madrid)	266,77	50 a 70 mm	977,57 €	33,4 %	2.671,57 €	48,8 %	3.690,57 €	60,9 %
E (Burgos)	357,14	50 a 70 mm	977,57 €	34,3 %	2.671,57 €	51,2 %	3.890,57 €	60,7 %

B3.4. Cubiertas. Rehabilitación térmica por el exterior. Cubiertas planas

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 cubierta. Los precios de referencia empleados en este estudio se han obtenido a partir del Generador de Precios de CYPE Ingenieros.

Descripción de la actuación

m ²	Rehabilitación de cubierta plana con sistema invertido y grava
	Rehabilitación energética de cubierta plana no transitable, no ventilada, con grava, tipo invertida, pendiente del 1% al 5%. FORMACIÓN DE PENDIENTES: la existente en la cubierta IMPERMEABILIZACIÓN: tal existente en la cubierta; CAPA SEPARADORA BAJO AISLAMIENTO: geotextil no tejido compuesto por fibras de poliéster unidas por agujeteado, (150 g/m ²); AISLAMIENTO TÉRMICO: panel rígido de poliestireno expandido hidrófobo EPSH, de superficie lisa y mecanizado lateral a media madera, de 60 mm de espesor; CAPA SEPARADORA BAJO PROTECCIÓN: geotextil no tejido compuesto por fibras de poliéster unidas por agujeteado, (200 g/m ²); CAPA DE PROTECCIÓN: Capa de cantos rodados lavados, con un espesor medio de 5 cm. El precio no incluye la ejecución y el sellado de las juntas ni la ejecución de remates en los encuentros con paramentos y desagües.

Rehabilitación de cubierta plana con sistema invertido y grava					
Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt14gsa020bc	m ²	Geotextil no tejido compuesto por fibras de poliéster unidas, con una resistencia a la tracción longitudinal de 1,88 kN/m, una resistencia a la tracción transversal de 1,49 kN/m, una apertura de cono al ensayo de perforación dinámica según UNE-EN ISO 13433 inferior a 40 mm, resistencia CBR a punzonamiento 0,3 kN y una masa superficial de 150 g/m ² , según UNE-EN 13252.	1,050	0,52 €	0,55 €
mt16pel050abn	m ²	Panel rígido de poliestireno expandido hidrófobo EPSH, según UNE-EN 13163, de superficie lisa y mecanizado lateral a media madera, de 60 mm de espesor, conductividad térmica 0,032 W/(mK), Euroclase E de reacción al fuego según UNE-EN 13501-1, con código de designación EPS-EN 13163-L3-W3-T2-S5-P10-CS(10)200-BS250-TR120-DS(70,90)1-WL(T)2	1,050	9,88 €	10,37 €
mt14gsa020ce	m ²	Geotextil no tejido compuesto por fibras de poliéster unidas, 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/m ² , según UNE-EN 13252.	1,050	0,70 €	0,74 €
mt01arc010	t	Cantos rodados lavados, de granulometría comprendida entre 16 y 32 mm.	0,900	21,23 €	19,11 €
Subtotal materiales					30,76 €
2		Mano de obra			
mo020	h	Oficial 1ª construcción	0,181	19,03 €	3,44 €
mo113	h	Peón ordinario construcción	0,481	17,82 €	8,57 €
mo054	h	Oficial 1ª montador de aislamientos	0,055	19,56 €	1,08 €
mo101	h	Ayudante montador de aislamientos	0,055	18,05 €	0,99 €
Subtotal mano de obra					14,08 €
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2 %	44,85 €	0,90 €
Total costes directos (1 + 2 + 3)					45,74 €

Cuadro resumen			
Partida	Unidad	Descripción	Importe €/m ²
QDB020	m ²	Rehabilitación de cubierta plana con sistema invertido y grava	45,74 €

B3.4.2 Aplicación a un edificio tipo

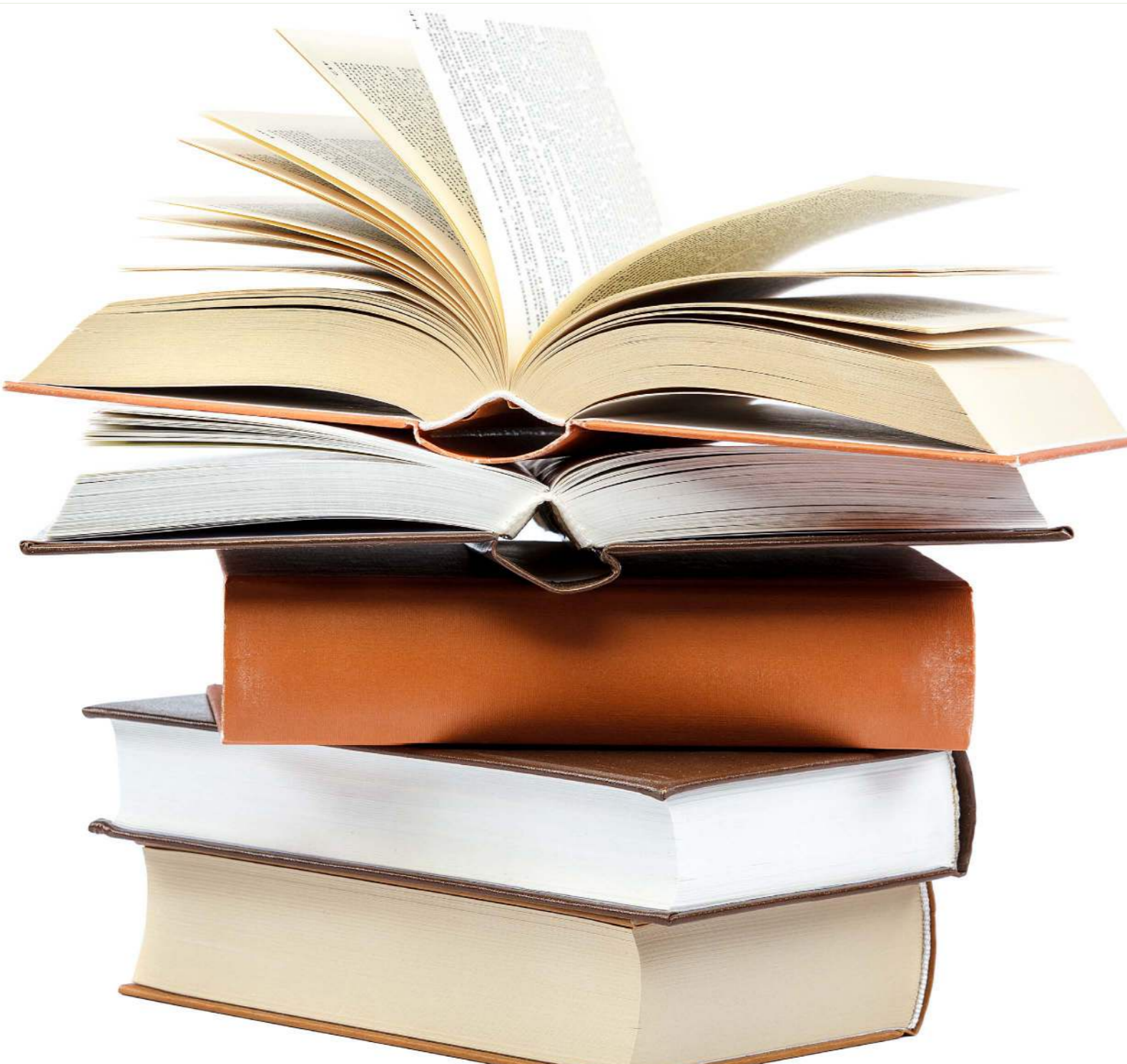
La tabla siguiente indica un resumen del porcentaje de reducción de la demanda energética del edificio incorporando aislamiento térmico sobre la cubierta plana; rehabilitando la cubierta y sustituyendo ventanas; rehabilitando la cubierta, la fachada con SATE y sustituyendo ventanas. También se indica 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 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	1.316,17 €	14,2 %	2.966,17 €	21,9 %	7.144,14 €	73,8 %
B (Sevilla)	185,74	80 mm	1.417,74 €	13,9 %	3.067,74 €	23,4 %	7.520,11 €	69,3 %
C (Barcelona)	198,34	130 mm	1.671,83 €	11,2 %	3.321,83 €	23,2 %	8.281,26 €	82,1 %
D (Madrid)	266,77	130 mm	1.671,83 €	12,2 %	3.365,83 €	28,1 %	8.459,48 €	79,8 %
E (Burgos)	357,14	160 mm	1.823,76 €	9,8 %	3.517,76 €	26,9 %	8.879,85 €	81,0 %

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 13163:2013+A1. Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de poliestireno expandido (EPS). Especificación.
- (4) Declaraciones Ambientales de Producto sectoriales. <http://www.construccion-eps.com/index.php?accion=descargas>
- (5) UNE 92181. Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de poliestireno expandido (EPS). Características mínimas recomendables para distintas aplicaciones.
- (6) EN 13499. Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Sistemas compuestos para aislamiento térmico externo (ETICS) basados en poliestireno expandido.
- (7) prEN 17237. Thermal insulation products for Buildings. External thermal insulation composite kits with render (ETIC kits)
- (8) Guía de aplicación del DB-HR Protección frente al ruido. <https://www.codigotecnico.org/Guias/GuiaHR.html>
- (9) Catálogo de Elementos del CTE. <https://www.codigotecnico.org/Programas/CatalogoElementosConstructivos.html>

B4.3. Histórico de modificaciones

Revisión	Fecha	Modificaciones efectuadas
1	31/03/22	Emisión del documento
2	31/05/22	Revisión completa con cambio de imágenes, textos y referencias.
3	30/06/22	Inclusión de los datos de las DAP sectoriales

Anexo 1.- Cuadro de características técnicas de los productos de aislamiento térmico de poliestireno expandido EPS

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 d_N . Cuanto más alto es este valor mayor nivel de aislamiento térmico	$m^2 \cdot K/W$ $R_D = \frac{d_N}{\lambda_D}$	El valor declarado de la resistencia térmica se obtiene a partir del redondeo a la baja (0,05 $m^2 \cdot K/W$) 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: $R_{90/90}=1,66$ [$m^2 \cdot K/W$] implica $R_D=1,65$ [$m^2 \cdot K/W$]

Propiedad	Concepto	Símbolo	Niveles	Especificaciones	Aplicable a	Observaciones
Tolerancias dimensionales	Longitud	L	2	± 2 mm	Todos los productos	
			3	± 0,6% ó ± 3 mm		
	Ancho	W	1	± 1 mm		
			2	± 2 mm		
			3	± 0,6% ó ± 3 mm		
Espesor	T	1	± 1 mm			
		2	± 2 mm			
Rectangularidad	S	1	± 1 mm/m			
		2	± 2 mm/m			
		5	± 5 mm/m			
Planeidad	P	3	3 mm			
		5	5 mm			
		10	10 mm			
		15	15 mm			
			30	30 mm		

Propiedad	Concepto	Símbolo	Niveles	Especificaciones	
				Longitud y anchura	Espesor
Estabilidad	Estabilidad en condiciones normales	DS(N)	5 2	Variación ± 0,5% Variación ± 0,2%	-
	Estabilidad en condiciones específicas	DS(23,90)	-	Variación 1%	1 %
		DS(70,-)	1	Variación 1%	Variación 1%
			2	Variación 2%	Variación 2%
			3	Variación 3%	Variación 3%
5	Variación 5%	Variación 5%			
DS/70,90)	1	Variación 1%	Variación 1%		
5	Variación 5%	Variación 5%			

Propiedad	Concepto	Símbolo	Niveles	Especificaciones	Aplicable a	Observaciones
Resistencias mecánicas	Tracción	TR	> 20	Indica la resistencia a tracción perpendicular a las caras expresada en kPa	Complejos de traspasado. Núcleos para paneles sándwich	Resistencia al deslaminado
	Flexión	BS	50 a 350	Indica la resistencia a flexión expresada en kPa	Todos los productos	Indicador de la cohesión del producto
	Tensión de compresión	CS	30 a 250	Indica la tensión de compresión para una deformación del 10% del espesor expresada en kPa	Productos para suelos y cubiertas	Capacidad para soportar cargas
	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.
	Compresibilidad	CP	5 4 3 2	≤ 5 mm ≤ 4 mm ≤ 3 mm ≤ 2 mm	Suelos flotantes	Reducción del espesor bajo presión de 2 kPa después de haber pasado por 50 kPa en relación al espesor inicial bajo 0,25 kPa

Propiedad	Concepto	Símbolo	Niveles	Especificaciones	Aplicable a	Observaciones
Agua	Absorción de agua a largo plazo por inmersión total	WL(T)	Sin niveles		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)				
Vapor de agua	Permeabilidad al vapor de agua	MU	20 a 40 30 a 70 40 a 100	El valor indica el factor de difusión de vapor de agua	Condensación intersticial en cerramientos	
Acústica	Rigidez dinámica	SD	50 a 5	Indica la rigidez del producto expresada en MN/m ³	Suelos flotantes. Complejos de trasdosados	Capacidad de amortiguación de impactos (acústica)

Anexo 2.- Glosario de términos relacionados con el poliestireno expandido EPS

Aislante térmico. Elemento que tiene una conductividad térmica menor que 0,060 W/(m·K) y una resistencia térmica mayor que 0,25 m²·K/W.

Aislante no hidrófilo. Aislante que tiene una succión o absorción de agua a corto plazo por inmersión parcial menor que 1 kg/m² según ensayo UNE-EN 1609:1997 o una absorción de agua a largo plazo por inmersión total menor que el 5% según ensayo UNE-EN 12087:1997.

Clase. (UNE-EN 13163) 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 13163) 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.

Plancha de poliestireno expandido. Producto aislante rígido (cortado, moldeado o procedente del moldeo en continuo) de forma y sección rectangular, siendo el espesor significativamente menor que las otras dimensiones. Las planchas pueden tener un espesor uniforme o bien estar “perfiladas” (espesor variable). Los cantos de las planchas pueden ser de varios tipos, por ejemplo: escuadrados, a media madera, machihembrados, etc.

Poliestireno expandido. Material plástico celular y rígido fabricado a partir del moldeo de perlas de poliestireno expandible o uno de sus copolímeros que presenta una estructura celular cerrada y rellena de aire.

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.

