



**Soluciones de aislamiento térmico  
con poliestireno extruido (XPS)  
para una edificación sostenible**





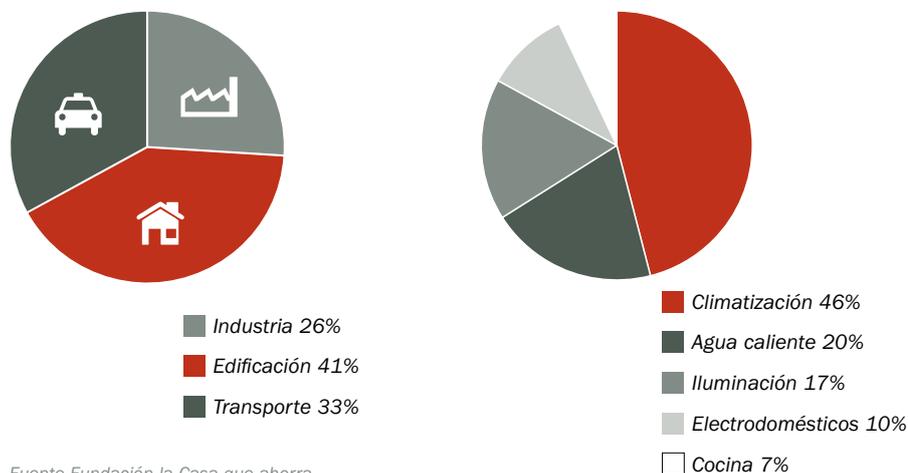
## Contenido

<b>Introducción a la eficiencia energética en la edificación</b>	<b>3</b>
<b>Marco normativo para la edificación</b>	<b>6</b>
Documento Básico DB-HE de Ahorro de Energía	6
DB HE0 Limitación del consumo energético	
DB HE1 Limitación de la demanda energética	
<b>Materiales aislantes</b>	<b>9</b>
Propiedades de los aislamientos térmicos	9
Introducción	
Conductividades térmicas de los aislamientos térmicos (UNE EN 12667)	
Propiedades de resistencia a la humedad	
Absorción de agua	
Absorción por ciclos de inmersión en agua líquida: ensayo UNE EN 12087	
Absorción por difusión de vapor de agua: ensayo UNE EN 12088	
Absorción por ciclos hielo-deshielo: ensayo UNE EN 12091	
Resistividad a la difusión de vapor: ensayo UNE EN 12086	
Resistencia a compresión a corto plazo: ensayo UNE EN 826	
Reacción al fuego	
Temperatura máxima en servicio permanente	
<b>Normalización y certificación de los aislamientos</b>	<b>16</b>
Normas armonizadas EN	
Marcado y etiquetado de los productos aislantes	
Marcado CE	
Código de Designación	
Especificaciones térmicas	
Especificaciones sobre la reacción al fuego	
Marca voluntaria de certificación de producto (Marca AENOR)	
<b>Medio ambiente</b>	<b>22</b>
Certificación ambiental de productos	22
ACV (Análisis de Ciclo de Vida)	
Certificación Medioambiental de Edificios	24

<b>El poliestireno extruido</b>	<b>26</b>
<b>El poliestireno extruido (XPS) para aislamiento térmico en edificación</b>	<b>26</b>
Descripción y propiedades	
Fabricación	
Marco normativo de producto y calidad de producto certificada	
<b>Aplicaciones constructivas en obra nueva y rehabilitación</b>	<b>29</b>
<b>Cubiertas planas</b>	<b>30</b>
Cubierta plana invertida con estructura soporte de hormigón	
Cubierta ligera tipo Deck	
<b>Cubiertas inclinadas</b>	<b>36</b>
Tejado frío	
Tejado caliente	
<b>Fachadas aisladas por el exterior</b>	<b>40</b>
Sistema de aislamiento térmico por el exterior SATEC	
Fachadas ventiladas	
Muros enterrados	
<b>Fachadas aisladas en cámara y por el interior</b>	<b>44</b>
Aislamiento intermedio en muros de doble hoja	
Aislamiento interior mediante trasdosados	
Puentes térmicos	
<b>Suelos</b>	<b>48</b>
Suelos sobre local no habitable	
Suelos sobre espacio exterior	
<b>Cámaras frigoríficas</b>	<b>52</b>

## Introducción a la eficiencia energética en la edificación

Vivimos en un mundo en el que por un lado cada vez hay más elementos que consumen energía y por otro lado tenemos un déficit en la producción de la misma; esto hace necesario contemplar medidas que reduzcan el consumo de energía sin perder ninguna de las comodidades actuales.



Fuente Fundación la Casa que ahorra

Un tercio de la energía que se consume en Europa es debida a los edificios. De esta energía consumida, prácticamente la mitad se debe a la climatización (calefacción y refrigeración), es decir, a la energía que tenemos que introducir en los edificios en invierno y en verano para que estos sean confortables.

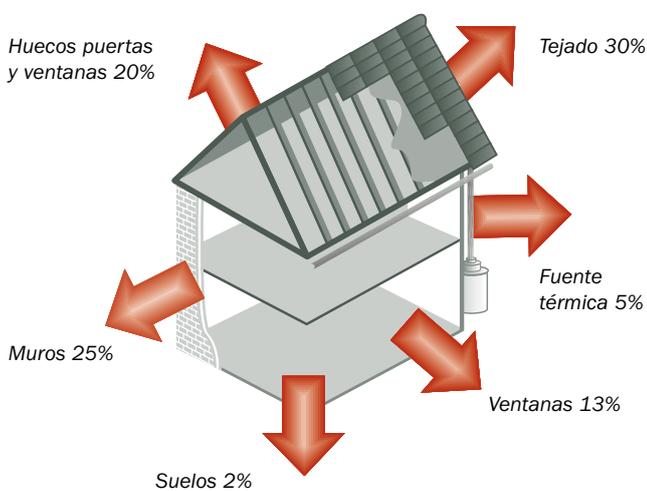
La eficiencia energética es conseguir la reducción del consumo energético del edificio (lo que comporta un ahorro económico) sin disminuir el confort ni la calidad de vida, protegiendo de este modo el medio ambiente y fomentando la sostenibilidad del suministro energético.

El ahorro energético será la cantidad de energía que se deja de utilizar tras implementar las diferentes medidas de control energético en los edificios. Para evitar este despilfarro de energía, se impone la regla de las tres reducciones:

- » Reducción de energía no renovable
- » Reducción de la ineficiencia de los sistemas
- » Reducción de la demanda

La base del ahorro energético será conseguir la reducción de la demanda del edificio de energía, esta reducción será más eficiente si se incide sobre todo en la parte que más consume: la climatización. Reduciendo el consumo en climatización se actúa sobre prácticamente la mitad del consumo del edificio, por lo que la medida adoptada será más eficiente que si sólo incidimos en una actuación con un porcentaje de influencia en el consumo menor, como es la iluminación.

Para reducir el consumo en climatización, la forma más eficiente y económica es la mejora de la envolvente del edificio, ya que es por la piel del edificio por donde se dan las mayores pérdidas energéticas:



El aislamiento es la solución más efectiva ya que con un mínimo de inversión permite rentabilizar el ahorro energético a lo largo de toda la vida útil del edificio.

**“ Estudios realizados demuestran que 1 € invertido en aislamiento produce 7 € de retorno.**

*Estudio realizado por la consultoría Ecofys en 2006*

En este estudio se tomó como precio de la energía el que había en 2006, en estos últimos años, la energía ha subido y es previsible que siga creciendo mientras que el costo de los materiales de aislamiento y su instalación ha tenido un crecimiento mucho más moderado, por lo que actualmente al retorno será de mayor cuantía. Si incrementamos el aislamiento de la envolvente, logramos que la energía incorporada al edificio no se pierda, por lo que no será necesario incorporar energía constantemente garantizando el ahorro y la eficiencia energética.

Con un correcto tratamiento de la envolvente exterior del edificio: fachadas, cubiertas, suelos, puentes térmicos etc., podemos lograr edificios que consuman hasta un

75% menos de la energía que actualmente consumen. En esto se debe basar la eficiencia energética, en conservar el confort térmico actual que tenemos en los edificios sin necesidad de gastar un exceso de energía que cada vez es más cara y compleja de conseguir. Una vez mejorada la envolvente del edificio incrementando su transmitancia térmica con la inclusión de aislamiento térmico, los siguientes pasos serán reducir la ineficiencia de los sistemas implementados y por último reducir el consumo de energías no renovables del edificio.

Como conclusión, podemos observar que el aislamiento tiene un enorme potencial para afrontar el cambio climático y la dependencia energética, con un coste bajo y un retorno inmediato a su colocación.

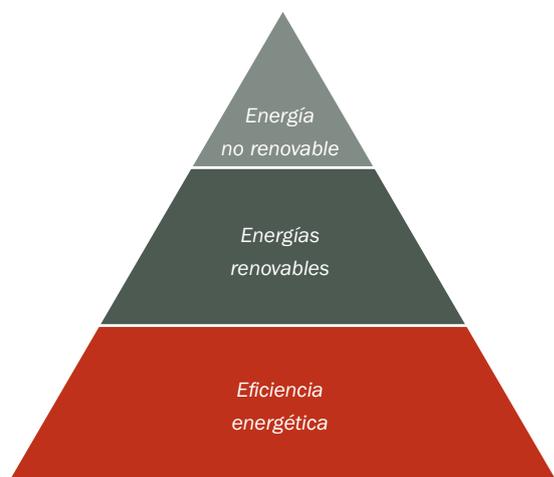
**“ Entre todas las alternativas para aumentar la eficiencia energética de los edificios, el aislamiento es la más rentable.**



## La Tríada Energética

Para realizar una correcta eficiencia energética en la edificación, debemos actuar donde se consiguen mejores valores; esta actuación se debe realizar primero en la base de las pérdidas energéticas.

Para realizar la correcta actuación usamos el principio de la “Tríada Energética”:



- » Primera actuación: reducir la demanda de energía evitando pérdidas energéticas e implementando medidas de ahorro energético.
- » Segundo paso: utilizar fuentes energéticas sostenibles en vez de combustibles fósiles renovables.
- » Tercera acción: producir y utilizar energía fósil de la forma más eficiente posible.

La Tríada Energética es un modo de gestionar la energía para conseguir ahorro energético, reducción de la dependencia energética y beneficios medioambientales, manteniendo el confort y el progreso.

**“Aplicar este principio en los edificios implica que un aislamiento óptimo es requisito previo para tener edificios sostenibles.**

## La vivienda pasiva

El concepto de Tríada Energética se hace realidad con la vivienda pasiva.

Las viviendas pasivas se definen habitualmente como viviendas sin sistemas de calefacción tradicionales y sin refrigeración activa. Esto conlleva que el diseño del edificio debe estar cuidado, debe tener un sistema de ventilación mecánico con recuperación de calor muy eficiente y niveles de aislamiento muy altos para conseguir llegar a edificios que no necesitan prácticamente energía exterior para conseguir el mismo confort térmico de un edificio actual; a estas viviendas es a las que España debe ir de cara a cumplir en 2020 con los compromisos de sostenibilidad a los que hemos llegado en la Unión Europea, a las casas con consumo de energía casi nula.

- » Las viviendas pasivas reducen las pérdidas de calor. Es un concepto que optimiza la comodidad del interior y los costes del edificio a lo largo de su ciclo de vida.
- » Esto significa que el ahorro de costes por no tener sistemas de calefacción / refrigeración activos compensa el sobre coste de los componentes del edificio de alto rendimiento.
- » Además, utilizando menos energía durante su ciclo vital, una vivienda pasiva genera un impacto medioambiental menor.

La vivienda pasiva se basa en envolventes super-aisladas y herméticas en combinación con una recuperación del calor muy eficiente.

**“En una vivienda pasiva el consumo energético es hasta un 85% más bajo que en una casa estándar.**

## Documento Básico DB-HE de Ahorro de Energía

**BOE 12/09/2013** Actualización 2013



---

El Código Técnico de la Edificación (CTE) es el marco normativo que establece las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad establecidos en la Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de Ordenación de la Edificación (LOE).

Las Exigencias Básicas de calidad que deben cumplir los edificios se refieren a materias de seguridad: seguridad estructural, seguridad contra incendios, seguridad de utilización; y habitabilidad: salubridad, protección frente al ruido y ahorro de energía.

---

Este Documento Básico (DB) tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de ahorro de energía, en concreto en el DBHE0B y DBHE1 se establecen los límites en cuanto a demanda y consumo del edificio, donde el papel del aislamiento térmico es preponderante.

### **DB HE0 Limitación del consumo energético**

Nuevo documento básico que limita el consumo energético del edificio sumando la calefacción, la refrigeración y el agua caliente sanitaria. Se limita en función de la zona climática, de su localidad de ubicación y del uso previsto.

**Edificios nuevos o ampliación de edificios existentes de uso residencial privado**

El consumo energético de energía primaria no renovable del edificio o parte ampliada será menor a la siguiente fórmula:

$$C_{ep,lim} = C_{ep,base} + F_{ep,sup} / S$$

- C<sub>ep,lim</sub>** es el valor límite del consumo energético de energía primaria no renovable para los servicios de calefacción, refrigeración y ACS, expresada en kW/m<sup>2</sup>-año, considerada la superficie útil de los espacios habitables.
- C<sub>ep,base</sub>** es el valor base del consumo energético de energía primaria no renovable, dependiente de la zona climática de invierno correspondiente a la ubicación del edificio, que forma los valores de la tabla 2.1.
- F<sub>ep,sup</sub>** es el factor corrector por superficie del consumo energético de energía primaria no renovable, que forma los valores de la tabla 2.1.
- S** es la superficie útil de los espacios habitables del edificio, o de la parte ampliada en m<sup>2</sup>.

	Zona climática de invierno					
	α	A*	B*	C*	D	E
C <sub>ep,base</sub> [kW-h/m <sup>2</sup> -año]	40	40	45	50	60	70
F <sub>ep,sup</sub>	1000	1000	1000	1500	3000	4000

\* Los valores de C<sub>ep,base</sub> para las zonas climáticas de inviernos A, B y C de Canarias, Baleares, Ceuta y Melilla se obtendrán multiplicando los valores de C<sub>ep,base</sub> de esta tabla por 1,2.

**Recomendaciones de la resistencia térmica del aislamiento (m<sup>2</sup>-K/W)**

Requisitos mínimos [TABLAS 2.3 A 2.5]

Demanda máxima de calefacción y refrigeración [TABLA 2.1]

	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Cubierta	2,5	2,5	3,0	4,0	4,5	5,0
Muros	2,0	2,0	2,5	3,0	3,0	3,5
Suelos	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5

El espesor del aislamiento variará en función de la compactidad del edificio, estanquidad, porcentaje de huecos, conductividad térmica del aislante, etc.

Esta resistencia térmica es orientativa, sirviendo como predimensionado para luego poder realizar el cálculo más exacto del aislamiento.

**Edificios nuevos o ampliación de edificios existentes de otros usos**

La calificación energética para el indicador “consumo energético de energía primaria” del edificio o la parte ampliada, debe ser de una eficiencia igual o superior a la clase B.

**DB HE1 Limitación de la demanda energética**

La demanda energética de los edificios se limita en función de la zona climática, de la localidad en que se ubica y del uso previsto.

Dependiendo de las características del edificio: espesor del aislamiento, orientación, compactidad, porcentaje de huecos, infiltraciones... la demanda puede variar.

**Demanda de calefacción en edificios de uso residencial privado**

$$D_{cal,lim} = D_{cal,base} + F_{cal,sup} / S$$

- D<sub>cal,lim</sub>** es el valor límite de la demanda energética de calefacción, expresada en kW-h/m<sup>2</sup>-año, considerada la superficie útil de los espacios habitables.
- D<sub>cal,base</sub>** es el valor base de la demanda energética de calefacción, para cada zona climática de invierno correspondiente al edificio, que forma los valores de la tabla 2.1.
- F<sub>cal,sup</sub>** es el factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, que forma los valores de la tabla 2.1.
- S** es la superficie útil de los espacios habitables del edificio en m<sup>2</sup>.



**Tabla 2.1** Valor base y factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción

	Zona climática de invierno					
	$\alpha$	A*	B*	C*	D	E
$D_{cal,bas}$ [kW·h/m <sup>2</sup> ·año]	15	15	15	20	27	40
$F_{cal,sup}$	0	0	0	1000	2000	3000

### Demanda de refrigeración en edificios de uso residencial privado

Zonas 1, 2 y 3  $\geq 15$  kW·h/m<sup>2</sup>·año.

Zona 4  $\leq 20$  kW·h/m<sup>2</sup>·año

### Otros usos

Se considera un edificio de referencia que es un edificio obtenido a partir del edificio objeto, con su misma forma, tamaño, orientación, zonificación interior, uso de cada espacio e iguales obstáculos remotos y unas soluciones constructivas cuyos parámetros característicos se describen en el Apéndice D del DB HE1. El porcentaje de ahorro de la demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración del edificio objeto, debe ser igual o superior al establecido en la tabla 2.2. respecto al edificio de referencia.

**Tabla 2.2** Porcentaje de ahorro mínimo de la demanda energética conjunta respecto al edificio de referencia para edificios de otros usos, en %

Zona climática de verano	Carga de la fuentes internas			
	Baja	Media	Alta	Muy alta
1, 2	25%	25%	25%	10%
3, 4	25%	20%	15%	0%

\* No se debe superar la demanda límite del edificio de referencia

### Edificios existentes

#### Obras de reforma en más del 25% de la superficie total de la envolvente

La demanda energética del edificio será menor o igual que la del edificio de referencia.

#### Obras de reforma en menos del 25% de la superficie total de la envolvente

Los elementos rehabilitados deben cumplir los valores de los requerimientos mínimos indicados en la tabla 2.3. del DB HE1.

### Edificios con rehabilitación de más del 25% de la superficie total de la envolvente. Recomendaciones de la resistencia térmica del aislamiento (m<sup>2</sup>·K/W)

Demanda conjunta de calefacción y refrigeración. Edificio de referencia según Apéndice D.

	Zona climática de invierno					
	$\alpha$	A	B	C	D	E
Cubierta	1,5	1,5	2,0	2,0	2,0	2,5
Muros	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0	2,0
Suelos	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	2,0

El espesor del aislamiento variará en función de la capacidad del edificio, orientación, estanquidad, porcentaje de huecos, conductividad térmica del aislante, etc.

Esta resistencia térmica es orientativa, sirviendo como predimensionado para luego poder realizar el cálculo más exacto del aislamiento.

### Edificios con rehabilitación de menos del 25% de la superficie total de la envolvente. Recomendaciones de la resistencia térmica del aislamiento (m<sup>2</sup>·K/W)

Requisitos mínimos [TABLA 2.3 A 2.5]

	Zona climática de invierno					
	$\alpha$	A	B	C	D	E
Cubierta	1,0	1,0	1,0	2,0	2,0	2,5
Muros	0,5	0,5	1,0	1,0	1,5	1,5
Suelos	0,5	0,5	1,0	1,0	1,5	1,5

### Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE

#### Ahorro de energía

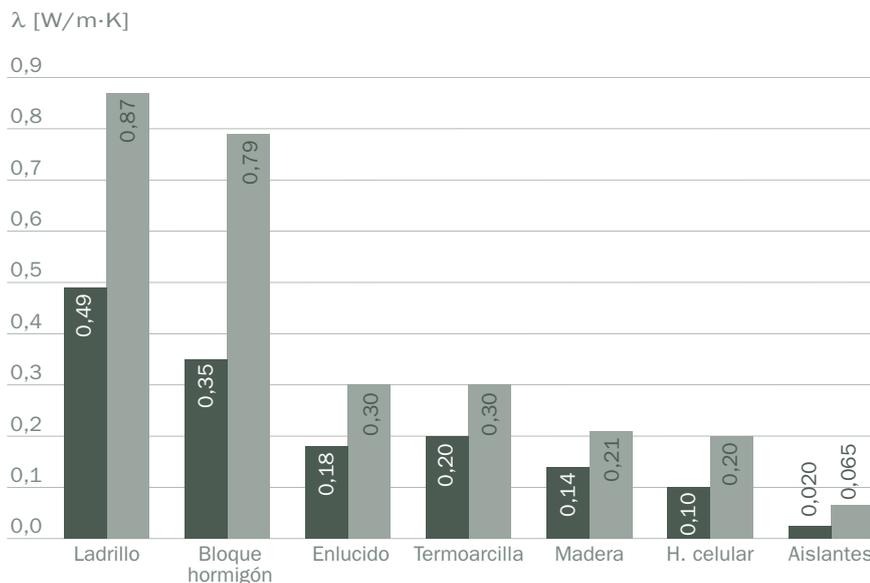
Este documento describe varios métodos simplificados que se pueden emplear para el cálculo de los parámetros característicos de los diferentes elementos que componen la envolvente térmica del edificio, lo que no impide el uso de otros métodos contrastados, sean simplificados o detallados.

## Propiedades de los aislamientos térmicos

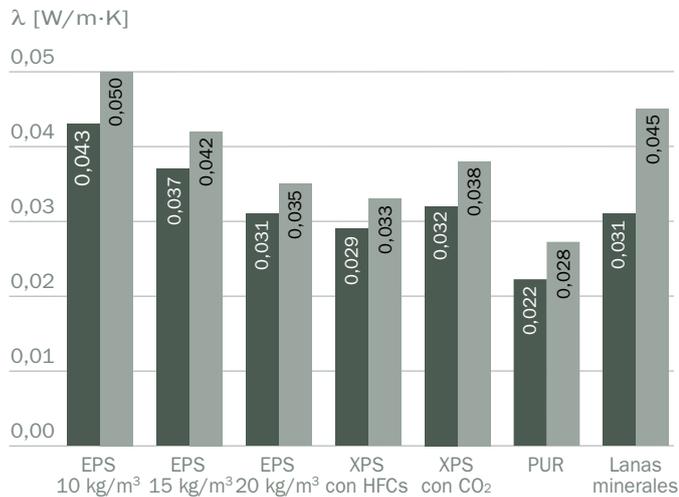
Los aislamientos térmicos funcionan reduciendo *intensamente* la Transmitancia Térmica (valor U, antiguo coeficiente K) a través de la superficie *envolvente* del edificio. Se puede ver desde la inversa, la Resistencia Térmica, que es, así, aumentada todo lo posible.

Si se dice “intensamente” es porque hay que diferenciar las prestaciones térmicas ofrecidas por un aislamiento térmico como tal, de las ofrecidas por cualquier otro material de construcción. El valor que define dichas prestaciones es la *conductividad térmica*,  $\lambda$  (lambda). Está claro que en la expresión de la R siempre se podrá obtener un valor distinto de cero, por pequeño que sea, para cualquier material, puesto que no hay ninguno tan superconductor del calor como para tener una conductividad térmica infinita. Del mismo modo no existe ningún super aislante que corte absolutamente el flujo de calor con una conductividad nula (= 0).

En definitiva, los aislamientos térmicos presentan valores muy bajos de conductividad y aíslan térmicamente de un modo especialmente “intenso”, como se muestra en el gráfico adjunto, con una diferencia respecto de los demás materiales que es de orden de magnitud. Se ofrecen dos columnas para cada grupo de materiales, representativas de los valores mínimo y máximo habituales en el rango de conductividades de cada grupo.



Rangos típicos de valores  $\lambda$  de diversos materiales de construcción



Rangos típicos de valores  $\lambda$  de diversos aislantes térmicos

## Conductividades térmicas de los aislamientos térmicos (UNE EN 12667)

En el gráfico adjunto se muestran dos columnas, para cada tipo de producto aislante, que delimitan el rango habitual de valores mínimo y máximo de conductividad térmica.

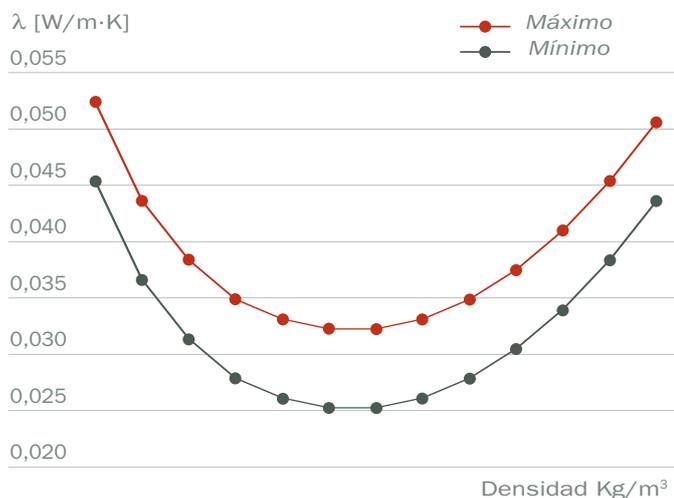
Por tanto, las conductividades térmicas de los diversos materiales aislantes presentes usualmente en el mercado oscilan entre valores de 25 y 50 mW/m°C. Como regla empírica, válida en una mayoría de soluciones constructivas, podemos tomar 1 cm más necesario de espesor de aislamiento térmico por cada 7-8 mW de diferencia en conductividad. Es decir, esos 25 mW de diferencia (50-25) pueden representar, para obtener una misma prestación térmica, una diferencia de espesores de unos 3-4 cm.

“ Por consiguiente, tras la característica básica que es la conductividad térmica del material, habrá que considerar otras propiedades que, en función del tipo de aplicación, pueden influir también, y mucho, en las prestaciones térmicas del aislamiento.

En el caso de las espumas orgánicas celulares aislantes sucede que retienen, en su estructura, aire u otros gases de conductividad baja. Entonces, la transferencia de calor a través de ellas implica del siguiente modo a los tres mecanismos clásicos de transferencia de calor:

- » *Convección*: inapreciable, dado el mínimo tamaño de las células o celdas que habitualmente forman las espumas.
- » La *conducción* es menor cuanto menos materia (la materia plástica que forma la estructura celular) haya para conducir el calor, pero a la vez, la *radiación* aumenta, al disminuir la materia que puede absorberla.
- » Cuanta más materia, el efecto contrario también ocurre (*conducción* excesiva a pesar de una *radiación* baja), por lo que ambos mecanismos se compensan.

El resultado, para este tipo de productos es que se verifica un mínimo de conductividad, en una gráfica con dos ramas ascendentes, tanto en densidades bajas (por debajo de unos 25 kg/m³) como altas (por encima de unos 50 kg/m³).



Valor  $\lambda$  en función de la densidad (espumas aislantes orgánicas)

**Propiedades de resistencia a la humedad**

Aunque el agua no es un material de construcción “al uso” (a pesar de las cubiertas de agua o cubiertas aljibe, donde se aprovecha su capacidad calorífica –inercia térmica-, no su escaso poder aislante), sin embargo forma parte no deseada pero inevitable de las construcción, tanto en su forma líquida, como en la mucho más peligrosa forma sólida (hielo). Así ocurre con las infiltraciones de agua de lluvia, las nevadas, las heladas, las condensaciones, la capilaridad ascendente desde el terreno, la propia agua usada en la construcción del edificio, etc. Como consecuencia, se produce un aumento de conductividad térmica de los materiales de construcción cuando absorben agua.

En el caso de algunos aislamientos térmicos también se puede producir este efecto pernicioso, puesto que el aire o gas confinados que constituyen auténticamente el aislamiento, pueden verse reemplazados por agua, que conduce 25 veces más el calor, o incluso, bajo heladas, por hielo, que conduce 90 veces más el calor. Es un fenómeno que todos podemos sentir cuando se nos moja la ropa.

El gráfico relaciona la absorción de agua con la conductividad térmica, según los valores de diseño definidos en UNE EN ISO 10456. En todos los materiales aislantes, en mayor o menor medida, se produce un aumento de la conductividad con valores crecientes de absorción de agua. Los límites de las curvas están dados por el método definido en UNE EN ISO 10456, lo que no significa que no pueda haber absorciones mayores en todos los casos.

**Absorción de agua**

En el gráfico se muestran los rangos de valores típicos de absorción de agua para los diversos aislamientos térmicos en los diversos ensayos de absorción de agua. Estos ensayos, más que cualificar directamente las condiciones reales del aislamiento instalado en un edificio y en una climatología dada, se deben interpretar como ensayos de envejecimiento acelerado para determinar la durabilidad de las prestaciones del producto.

**Absorción por ciclos de inmersión**

**en agua líquida: ensayo UNE EN 12087**

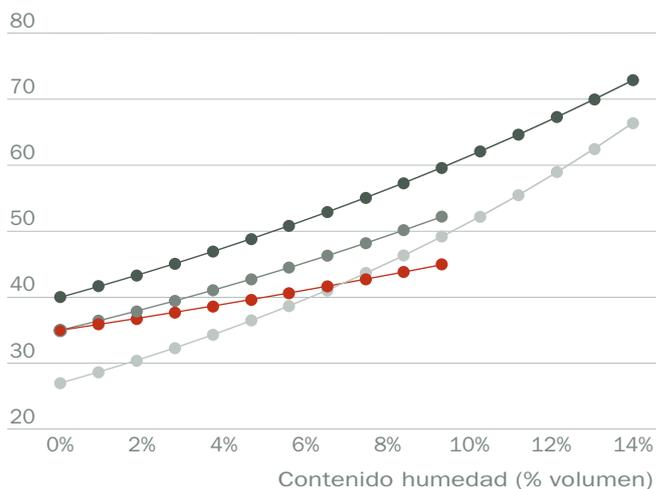
Los valores referidos para lanas minerales en el gráfico, no proceden del ensayo de absorción a largo plazo UNE EN 12087, sino de ensayos a corto plazo (48 horas). Por tanto, caracterizan al producto pero no permiten la comparación en las mismas condiciones con los demás aislamientos térmicos. Se puede observar el caso particular del poliestireno expandido (EPS), en que la densidad empieza a ser una variable que incide en su comportamiento frente a la humedad, con valores de absorción más elevados para los productos de densidades bajas (por otro lado, los más habituales en el mercado).

Conductividad térmica

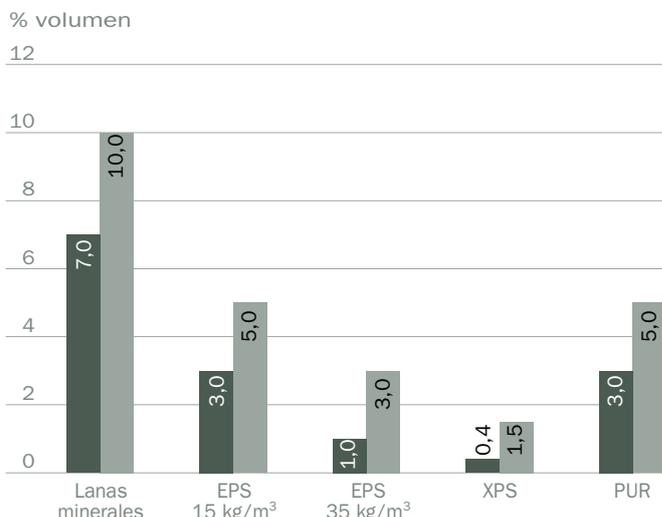
$$\lambda = \lambda_{\text{initial}} * F_m$$

$$F_m = e (f_{\psi} * \Delta\psi)$$

$$\lambda [(mW/(m \cdot K))]$$



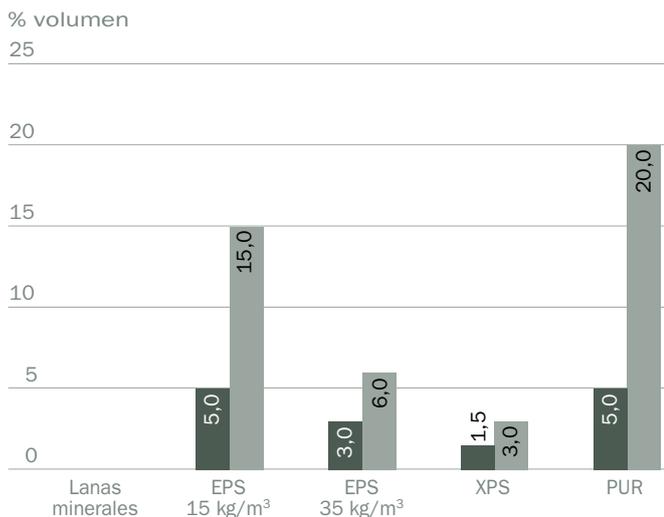
Valor λ en función del contenido de humedad (según EN ISO 10456)



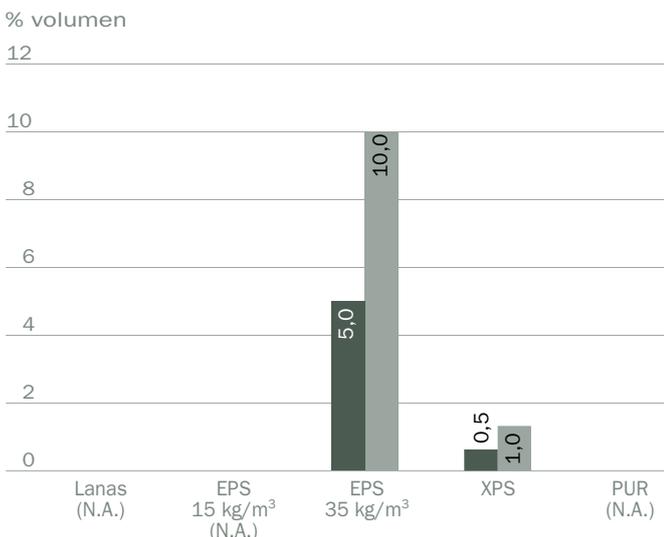
Resultados típicos en el ensayo de absorción de agua por inmersión. Fuente: Overview of Physical Properties of Cellular Thermal Insulations, Insulations Materials, Testing and Applications, ASTM STP 1030.

Finalmente, en el caso del XPS los productos con piel de extrusión presentan absorciones que no superan el 0,7%,

pero cuando se les cepilla en un proceso mecánico dicha piel, puede aumentar la absorción en la superficie de la plancha hasta un 1,5%.



Resultados típicos en el ensayo de absorción de agua por difusión.  
Fuente: Overview of Physical Properties of Cellular Thermal Insulations, Insulations Materials, Testing and Applications, ASTM STP 1030.



Resultados típicos en el ensayo de absorción de agua por ciclos hielo-deshielo

**Absorción por difusión de vapor de agua: ensayo UNE EN 12088**

Como se puede observar en el gráfico, cuando hay datos disponibles, las fibras o lanas minerales dan los mayores valores de absorción. Sin embargo, es más frecuente que estas prestaciones no hayan sido determinadas (N.P.D. = No Performance Determined) al no tener ningún sentido proceder a ensayarlas con este tipo de aislamientos térmicos. De cualquier forma, el ensayo de absorción de agua por difusión de vapor es más duro que el de inmersión, para cualquier material, como se comprueba del hecho de que todos ellos dan mayores absorciones con este ensayo.

**Absorción por ciclos hielo-deshielo: ensayo UNE EN 12091**

En el caso del ensayo de absorción de agua por ciclos de hielo-deshielo, se comprueba además, aparte de la absorción, si a su término ha habido disminución de la resistencia a compresión. Si la disminución supera el 10% del valor original (antes de efectuar los ciclos), se considera que el producto no ha superado el ensayo y su estructura se ha quebrado, inutilizándose.

Como conclusión, donde haya entornos húmedos hay riesgo de absorción de agua por el aislante térmico, lo que puede llevar a que la conductividad térmica aumente, es decir, empeore. El factor clave para resistir ataques de humedad radica en si la estructura es porosa o no.

En las lanas minerales la estructura es 100% porosa (=poro abierto). El resultado es la máxima facilidad del agua o, más aún, el vapor (fase gaseosa), como se explicará a continuación, para introducirse a través de los intersticios y poros de estos productos. En acústica puede ser una propiedad útil de las lanas cuando se aprovecha para conseguir absorción acústica, pero en térmica puede ser un inconveniente donde quiera que haya posibles ataques de humedad, llevando a la protección cuidadosa de estos aislamientos térmicos con barreras de vapor, impermeabilizaciones, ventilaciones y drenajes.

En las espumas plásticas celulares se produce una estructura que, dependiendo del tipo de producto, se califica, en mayor o menor cuantía, como cerrada. Se llega al máximo de estructura cerrada (lo opuesto totalmente a las fibras o lanas) con productos como el XPS, con un 98-100% de estructura de célula cerrada.

**Resistividad a la difusión de vapor:**

**ensayo UNE EN 12086**

En el gráfico adjunto se incluyen valores típicos de resistividad a la difusión del vapor (factor adimensional  $\mu$ , "mu"; se toma el aire como referencia con valor unitario) de los diversos aislamientos térmicos. Dicho valor es clave para determinar el mayor o menor riesgo de condensación asociado al uso de aislamientos térmicos.

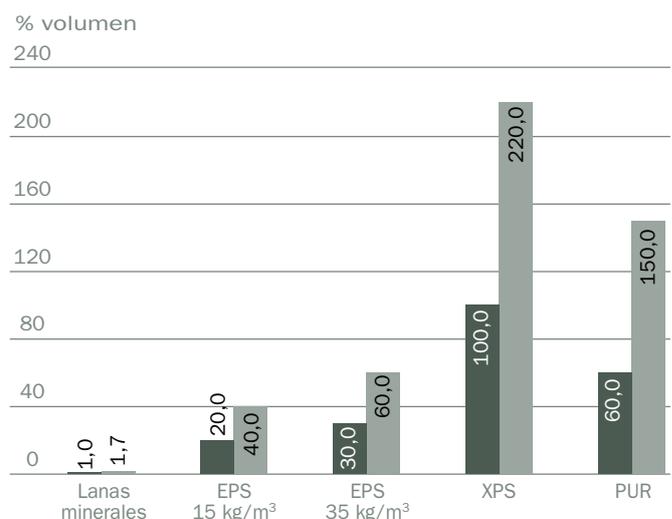
Efectivamente, la patología de humedades más compleja y difícil de controlar se verifica cuando tiene su origen en procesos de condensación, en particular condensación intersticial, es decir, en el interior de los cerramientos.

Cuanta mayor diferencia haya entre las resistencias a los flujos de temperatura, mayor será el riesgo de que sobrevengan condensaciones, para unas mismas condiciones climáticas. Se puede hablar de aislamientos «higrotérmicos», como es el caso especialmente del XPS, con comportamiento relativamente armónico o equivalente frente a los dos flujos.

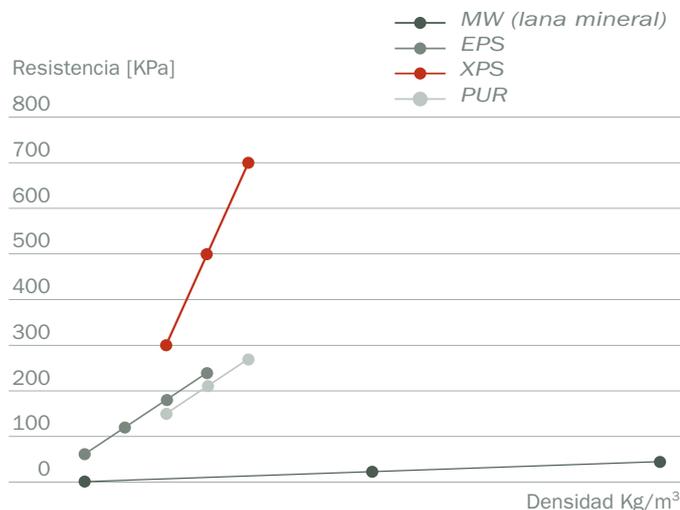
La razón estriba en que, desde luego, el aislamiento térmico, si lo es, va a reducir el flujo de calor intensamente. Como consecuencia el gradiente de temperaturas experimenta un salto muy fuerte y continuo en el espesor del aislante. Esto significa que en la "cara fría" del aislante la temperatura es muy baja y próxima a la del exterior. Pero, a la vez, si ofrece poca o ninguna resistencia al flujo de vapor o difusión, el resultado es una cantidad de vapor relativamente elevada alcanzando temperaturas frías y, por consiguiente, la mayor probabilidad de alcanzar saturación, es decir, condensación.

**“ Los aislamientos «higrotérmicos», como el poliestireno extruido, no necesitarán la incorporación de barrera de vapor.**

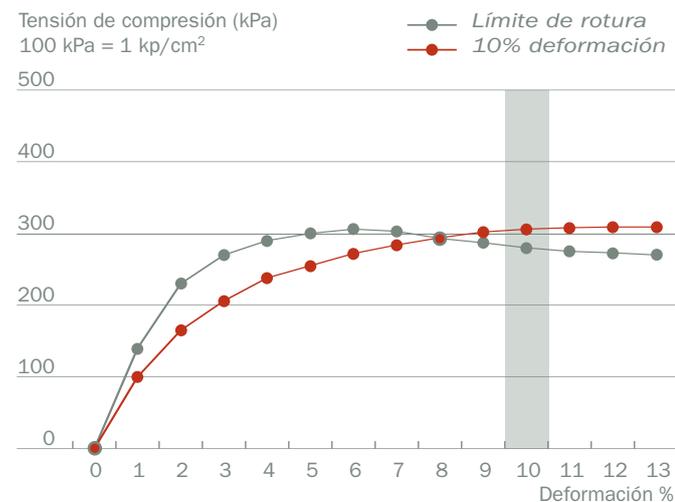
De hecho con la definición más habitual de barrera de vapor se suele dar un valor mínimo de resistencia a la difusión del vapor que es satisfecho por estos aislamientos «higrotérmicos». Es decir, a estos efectos son también barrera de vapor (aunque no lo sean bajo la más conocida forma, laminar, de la barrera).



Resultados típicos en el ensayo de resistividad a la difusión de vapor (factor  $\mu$ )



Valores típicos de límite de rotura en compresión a corto plazo



Gráfica tensión-deformación y límite de rotura en compresión

### Resistencia a compresión

#### a corto plazo: ensayo UNE EN 826

Habrá que evaluar cualquier aplicación donde el aislamiento se encuentre sometido a cargas permanentes, como es el caso de muchos aislamientos colocado en cubierta plana. En este caso se requiere un plus de resistencia. Para todos los materiales aislantes la resistencia mecánica es función de la densidad del material. En la tabla se pueden ver de forma sintética las diferencias entre los diversos aislamientos térmicos, mostrando para cada uno de ellos el rango de valores en que se mueven.

Muchas veces se toman los ensayos de resistencia a compresión a corto plazo como si el valor obtenido fuera representativo de lo que puede resistir el material, lo cual es un error, pues se trata de un ensayo a corto plazo en el que se alcanza el límite de rotura –no es el elástico- del material, o una deformación, que se considera equivalente a la rotura, del 10%.

Por el contrario, hay métodos de ensayo y cálculo específicos, como el definido en UNE EN 1606, donde se determina la resistencia del aislamiento para una fluencia (deformación bajo carga permanente) máxima del 2%, en un período de vida útil de hasta 50 años. A falta de otra referencia normativa u oficial, este valor se puede tomar como valor de diseño. Los fabricantes con productos que van a estar bajo carga en la aplicación dan dicho valor. En general suele ser un valor entre el 25 y el 35% del valor de resistencia a compresión a corto plazo (como el obtenido del ensayo UNE EN 826).

### Reacción al fuego

No se debe confundir la reacción al fuego de un material de construcción con la resistencia al fuego de un elemento constructivo de partición (estabilidad si se trata de un elemento constructivo estructural), relativa al tiempo que el elemento mantiene el fuego confinado, evitando su propagación (o, en el caso de estabilidad estructural, el tiempo que se mantiene sin colapsar).

Es evidente, por consiguiente, que las espumas orgánicas no tienen ningún grado de resistencia al fuego, pero pueden tener diversas reacciones al fuego, dentro de ser todas materiales combustibles.

Actualmente hay tres normativas que contemplan el comportamiento de los materiales de la construcción ante el fuego:

- Código Técnico de la Edificación (CTE) – Exigencia Básica: Seguridad ante Incendios (SI).

- Reglamento de Seguridad contra incendios en los establecimientos industriales (Real Decreto 22676/2004).

› Real Decreto de Transposición de la clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego (Real Decreto 312/2005)

Este Real Decreto determina la transposición a toda la normativa nacional del nuevo sistema armonizado europeo de ensayo y clasificación (UNE EN 13501-1) por reacción al fuego: las llamadas Euroclases de reacción al fuego:

› Respecto de la antigua norma nacional, UNE 23727, se toman en consideración parámetros totalmente nuevos tales como el Potencial Calorífico Superior (PCS) del material, la velocidad de propagación del humo (índice SMOGRA), la producción total de humos (TSP600s), la velocidad de propagación del fuego (índice FIGRA) o la emisión total de calor (THR600s). A tal fin se han desarrollado nuevos tipos de ensayos, como el llamado SBI, Single Burning Item (UNE EN 13823), que, en definitiva, tratan de reproducir a pequeña escala las condiciones de los productos una vez empezado el fuego. La conclusión es que la información proporcionada por las Euroclases no es comparable a la información dada anteriormente por las Clases M y es, de hecho, mucho más exigente.

› Se definen las siguientes Euroclases:

- › A1/A2. Ejemplos: aislamientos inorgánicos (por ejemplo, lanas)
- › B. Ejemplos: espumas orgánicas en aplicación final de uso (revestidas). (Nota: Ensayo de referencia: SBI).
- › C, D y E. Ejemplos: espumas orgánicas desnudas  
*(Nota: ensayo de referencia para la Euroclase E: UNE EN 11925-2 ("pequeño quemador"), mientras que para las Euroclases C y D es el ensayo SBI).*
- › F: Sin clasificar

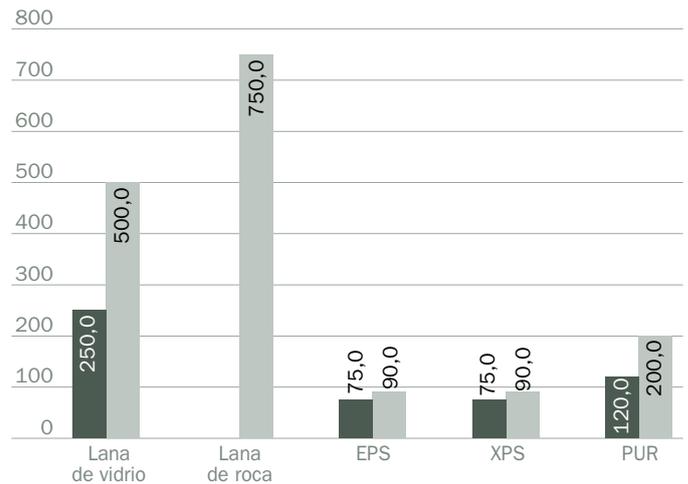
› Por otro lado, como se recoge explícitamente en las nuevas normas europeas,

**“ la seguridad ante un incendio queda garantizada del modo más adecuado cuando se contempla la solución constructiva completa.**

Este es el concepto de condición o aplicación final de uso. Así, por ejemplo, las espumas orgánicas pueden ser clasificadas, desnudas, como C, D o E. Sin embargo, la solución constructiva completa en la que se montan y fijan, puede alcanzar una clasificación superior, B por ejemplo. Sería el caso de una pared en la que la espuma forma un compuesto con una placa de yeso laminar que, en la aplicación final de uso, es la que queda expuesta al interior de la vivienda.

### Temperatura máxima en servicio permanente

Las diferentes temperaturas máximas de servicio dan una idea de por qué los poliestirenos no tienen presencia en calorifugado y aislamiento industrial (aunque sí lo pueden tener en criogenia). La temperatura máxima de servicio del XPS es de 75-90 °C.



Rango de temperaturas máximas de servicio para diversos aislantes térmicos

## Normalización y certificación de los aislamientos

---

Desde mayo de 2003, los fabricantes y aplicadores de aislamientos térmicos se encuentran con el obligatorio Mercado CE, a partir de la conformidad a normas armonizadas EN.

---

### Normas armonizadas EN

Elaboradas por CEN (*Comité Europeo de Normalización*), que recibió el mandato de la Comisión Europea para elaborarlas. Son un desarrollo de los *Requisitos Esenciales* definidos en la *Directiva de Productos de la Construcción 89/106/CE*.

En el caso de los aislamientos térmicos el *Requisito Esencial* es, obviamente, el ahorro de energía, y debe ser satisfecho para una vida útil de servicio con un horizonte económico razonable. Se hace hincapié, como consecuencia, en la durabilidad de los productos.

El objetivo es facilitar la libre circulación y utilización de los productos conformes a dichas normas en toda la Unión Europea, tal y como lo expresa el *Mercado CE*. Ostentar dicho Mercado supone, pues, la conformidad del producto a esas *normas armonizadas* europeas (*armonizadas ~ homogéneas* para toda Europa), tanto de producto (con valores de características dispuestos en “niveles”) como de métodos de ensayo.

Hay, en el campo del aislamiento, y a la fecha de redacción de este texto, una serie de normas EN, tanto de productos como de métodos de ensayo, que, además, están disponibles, en el caso español, como normas UNE, ahora con el “apellido” EN, por ejemplo la UNE EN 13172, sobre “Evaluación de la Conformidad”. Se ofrece a continuación el listado de las normas de productos aislantes para edificación actualmente disponibles, traducidas y publicadas por AENOR (*Asociación Española para la Normalización y la Certificación*):

- » UNE EN 13162 - Lana mineral (MW)
- » UNE EN 13163 - Poliestireno expandido (EPS)
- » UNE EN 13164 - Poliestireno extruido (XPS)
- » UNE EN 13165 - Poliuretano en plancha rígida (PUR)

(Nota: a fecha de finalización de la presente edición de este libro -abril 2007- aún no hay norma EN para productos aplicados in-situ, como es el caso del poliuretano proyectado; en este caso la normativa de referencia es nacional, normas UNE)

- » UNE EN 13166 - Resina fenólica (PF)
- » UNE EN 13167 - Vidrio celular (CG)
- » UNE EN 13168 - Lana de madera (WW)
- » UNE EN 13169 - Perlita expandida (EPB)
- » UNE EN 13170 - Corcho expandido (ICB)
- » UNE EN 13171 - Fibra de madera (WF)

Las normas describen las especificaciones del producto aislante (por “niveles”), los métodos de ensayo y la forma de etiquetar. Están en vigor desde el 1 de marzo de 2002 y son obligatorias desde el 13 de mayo de 2003. De hecho, a partir de su entrada en vigor, los entes nacionales de normalización han debido, por una parte, retirar las normas nacionales que se contrapusieran y, por otra, recepcionar las normas armonizadas de producto sin alteraciones. En el caso más habitual, de proceder a la traducción al idioma nacional de la norma EN correspondiente, si hubiera discrepancia predomina la versión original, en cualquiera de las tres lenguas oficiales de la Unión Europea (inglés, alemán, francés). Asimismo la nomenclatura de las distintas versiones incluye siempre las letras EN, independientemente de la versión nacional. Por tanto se puede tener, por ejemplo que la EN 13164 = UNE EN 13164 = NF EN 13164 = UNI EN 13164 = BS EN 13164....).

La aplicabilidad de estos criterios basados en las normas armonizadas se circunscribe a los Estados adheridos a las Reglas Comunes CEN/CENELEC: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Grecia, Irlanda, Islandia, Italia, Luxemburgo, Noruega, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, Suecia, Suiza.

## Marcado y etiquetado de los productos aislantes

El marcado y etiquetado de los productos debe tenerse muy en cuenta ya que hay una serie de aspectos tanto obligatorios como voluntarios que deben quedar nítidamente identificados y diferenciados.

### Marcado CE

Para aquellos productos que ya se vean afectados por el *mercado CE*, por existir norma armonizada respecto de la cual verificar la conformidad, el *mercado CE* es obligatorio y debe llegar a conocimiento del usuario, ya sea sobre el producto, el embalaje o una etiqueta adherida al producto o al embalaje (a elección del fabricante). Además puede ser aconsejable en cualquier caso que se incluya en los albaranes de entrega.

El contenido de la información que se debe incluir en el *mercado CE*, debe ajustarse exactamente a lo que se indica en las correspondientes normas armonizadas de los productos (en concreto, en los llamados Anexos ZA de cada norma de producto).

Además, otras informaciones relativas al producto, lo que se conoce como “información complementaria” o “información de acompañamiento”, puede también incluirse en el etiquetado, pero siempre debe quedar absolutamente diferenciada y separada del *mercado CE*.

“ Para aquellos productos que ya se vean afectados por el mercado CE, por existir norma armonizada respecto de la cual verificar la conformidad, el mercado CE es obligatorio y debe llegar a conocimiento del usuario



A continuación se incluyen tres casos prácticos de la información que debe incluirse en el mercado CE, y en las marcas voluntarias de calidad, tal y como puede aparecer en la etiqueta del producto en su orden adecuado. A la izquierda se muestra el aspecto que puede tener una etiqueta genérica de producto aislante y a la derecha una explicación de lo mostrado.

## CASO 1: etiqueta de un producto de aislamiento térmico con sólo el mercado CE

	Logotipo del mercado CE
XXX	Es el nombre y dirección completa del fabricante
04	Últimos dos dígitos del año en el que se inició la colocación del Mercado CE (este número se mantendrá en el futuro mientras que no se modifique el producto, lo que daría lugar a un nuevo Mercado CE)
UNE-EN 13164	Nº de norma armonizada (ejemplo: XPS)
YYY	Corresponde a la identificación del producto
Clasificación al fuego: Euroclase Conductividad: $\lambda_D = 0.0\dots W/m\cdot K$ Resistencia térmica: RD = $\dots m^2\cdot K/W$ Espesor: $\dots mm$ .	Características declaradas por el fabricante
Código de designación: XPS-EN 13164 - T1- DLT(1)5- CS(10\Y)300 – WL(T)0.7 – MU 150	Código de designación, donde se relacionan una serie de características particulares que el fabricante declara en la forma indicada en el apartado correspondiente de la norma armonizada aplicable. Concerniente a los Capítulos Relativos de la tabla ZA-1 (Anexo ZA).

La información del cuadro anterior es la que se debería incluir para el mercado CE; el resto de informaciones posibles, como puede ser: dimensiones, número de planchas, superficie, otras marcas voluntarias de calidad (como la Marca AENOR) que pueda ostentar el producto, así como las características asociadas que se certifican, etc. deben aparecer separadas del mercado CE, en recuadros diferenciados, en el lateral o por debajo del mercado CE.

## CASO 2 etiqueta de un producto con sólo la Marca voluntaria (como la N, o sea, sin mercado CE por no haber sido por no haber sido publicada todavía ninguna norma armonizada)

	Logotipo de la marca voluntaria
Nombre comercial. Fabricante o suministrador. Identificación del producto Clases Clasificación según su reacción al fuego Dimensiones nominales (espesor, longitud, anchura) Nº de planchas o piezas Superficie	Aquella información que debe aparecer acorde con el Reglamento Técnico Particular del Comité Técnico de Certificación de AENOR (el CTC-020, por ejemplo, de aislamiento térmico) y con la norma UNE de producto.
Nº de certificado: 020/aaa	aaa es el número de certificado de AENOR

Junto con el correcto etiquetado, tal y como se acaba de describir, el mercado CE implica otros dos tipos de documentos:

➤ En la llamada *Declaración de Conformidad* del fabricante, éste redacta el documento de Declaración, recogiendo las características de su producto en función de lo definido por las *norma armonizada* de producto correspondiente.

➤ Se avala la Declaración con unos llamados *Ensayos Iniciales de Tipo (ITT, de sus siglas en inglés, por Initial Type Testing)*, realizados en un laboratorio perteneciente a un *Organismo Notificado* europeo (para evaluar la *conformidad* a normas). Si el fabricante no cambia la fabricación ni las características del producto no tiene por qué repetir nunca más esos *ITT*.

**CASO 3: etiqueta de un producto de aislamiento con marcado CE y Marca voluntaria de Calidad (como Marca AENOR)**

Cuando la Marca voluntaria certifique también en conformidad a norma EN, se deslindarán claramente las características particulares declaradas para el mercado CE, y recogidas en su propio Código de Designación, de las certificadas para la Marca voluntaria, y recogidas también en su propio Código de Designación, que puede, por consiguiente, ser diferente del primero.

Así, por ejemplo, puede ocurrir que un fabricante haya declarado, para el mercado CE:

T1-DLT(1)5-CS(10\Y)300-CC(2/1,5/50)100-WL(T)0.7-WD(V)3-FT2-MU100

Mientras que solamente haya certificado (por ejemplo, para obtener la Marca AENOR):

T1-CS(10\Y)300-WL(T)0.7

	<p>Logotipo del marcado CE</p>
<p>XXX</p>	<p>XXX es el nombre y dirección completa del fabricante.</p>
<p>04</p>	<p>04 últimos dos dígitos del año en el que se inició la colocación del Mercado CE (este número se mantendrá en el futuro mientras que no se modifique el producto, lo que daría lugar a un nuevo Mercado CE)</p>
<p>UNE-EN 13164</p>	<p>UNE-EN 13164: N° de norma armonizada (ejemplo: XPS)</p>
<p>YYY</p>	<p>YYY corresponde a la identificación del producto.</p>
<p>Clasificación al fuego : Euroclase          Conductividad: <math>\lambda_D = 0.0\dots W/m\cdot K</math>          Resistencia térmica: <math>RD = \dots m^2\cdot K/W</math>          Espesor: <math>\dots mm</math>.</p>	<p>Características declaradas por el fabricante de la tabla ZA-1</p>
<p>Código de designación:          XPS-EN 13164 - T1- DLT(1)5- CS(10\Y)300 –          WL(T)0.7 – MU 150</p>	<p>Código de designación, donde se relacionan una serie de características particulares que el fabricante declara en la forma indicada en el apartado correspondiente de la norma armonizada aplicable. Concerniente a los Capítulos Relativos de la tabla ZA-1 (Anexo ZA).</p>
	<p>Logotipo de la Marca Voluntaria</p>
<p>N° de certificado: 020/aaa</p>	<p>aaa es el número de certificado de AENOR</p>
<p>Código de designación (características certificadas)</p>	<p>Aquella información que debe aparecer acorde con el Reglamento Técnico Particular del Comité Técnico de Certificación de AENOR (el CTC-020, por ejemplo, de aislamiento térmico) y con la norma UNE EN de producto. Por ejemplo, el Código de Designación con las características particulares certificadas para la Marca.</p>

Código	Característica referida	Norma UNE EN de método de ensayo
Ti	Tolerancia de espesor	UNE EN 823
DS(T+)	Estabilidad dimensional a temperatura específica	UNE EN 1604
DS(TH)	Estabilidad en condiciones específicas de temperatura y humedad	UNE EN 1604
DLT(i)5	Deformación bajo condiciones específicas de carga y temperatura	UNE EN 1605
CS(10\Y)i	Resistencia a compresión	UNE EN 826
TRi	Resistencia a tracción perpendicular a las caras	UNE EN 1607
CC(i <sub>1</sub> ,i <sub>2</sub> ,10-25-50)i	Fluencia a compresión, nivel i, para una deformación por fluencia i <sub>2</sub> (en %), una deformación total i <sub>1</sub> (en %), y una extrapolación temporal a elegir entre períodos de 10, 25 y 50 años.	UNE EN 1606
WS	Absorción de agua a corto plazo (ensayo para lanas minerales)	UNE EN 1609
WL(P)i	Absorción de agua a largo plazo por inmersión parcial (ensayo para lanas minerales)	UNE EN 12087
WL(T)i	Absorción de agua a largo plazo por inmersión total	UNE EN 12087
WD(V)i	Absorción de agua a largo plazo por difusión de vapor	UNE EN 12088
FTi	Resistencia a ciclos de congelación - descongelación	UNE EN 12091
MUi o Zi	Resistividad a la difusión de vapor de agua	UNE EN 12086

## Código de Designación

En la tabla superior se indica un repertorio no exhaustivo de características reflejadas en el llamado Código de Designación, recogido de las diversas normas EN de productos aislantes. Se proporcionan también el código y la norma EN de método de ensayo de referencia. En cada norma *armonizada* EN de producto se pueden encontrar los rangos de valores, las unidades, los conjunto de condiciones y/o *niveles*, i, válidos para cada propiedad y para cada producto.

## Especificaciones térmicas

La principal característica de todo material aislante térmico es la conductividad térmica. Para los productos con norma EN de producto se exige que el fabricante declare tanto la conductividad térmica del material como su resistencia térmica, asociada al espesor del producto particular. Ambos valores deben estar incluidos en el marcado y la etiqueta del producto. En el cuadro siguiente se explica el concepto de valores térmicos “declarados”.

## Valores de Conductividad térmica

$\lambda_D$	Símbolo	Unidades	Observaciones
$\lambda$	Conductividad Térmica	W/(m·K)	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.
D	Declarada	Referencia 10°C	Por ejemplo: $\lambda_{90/90}=0,0343$ [W/(m·K)] implica $\lambda_D=0,035$ [W/(m·K)]

## Resistencia Térmica declarados

Espesor $d_N$	Símbolo	Unidades	Observaciones
$R_D = \frac{d_N}{\lambda_{90/90}}$	Resistencia Térmica Declarada	m <sup>2</sup> ·K/W	El valor declarado de la Resistencia térmica se obtiene a partir del redondeo a la baja (0,05 m <sup>2</sup> ·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: $R_{90/90} = 1,74$ [m <sup>2</sup> ·K/W] implica $R_D = 1,70$ [m <sup>2</sup> ·K/W]
	NOTA: En CTE HE1 se simboliza el espesor con la letra “e”. La “d”, sin embargo, viene en todas las EN.		

### Especificaciones sobre la reacción al fuego

Toda etiqueta correspondiente a un producto de aislamiento debe contener la clasificación de Reacción al fuego, acorde con la norma UNE EN 13501-1 (*Euroclases*). El sistema de clasificación basado en las Euroclases contiene unos índices principales de combustibilidad (A1, A2, B, C, D, E y F), unos índices secundarios de opacidad de humos (s1, s2 y s3) y unos índices secundarios de goteo (d0, d1 y d2). Las clases nacionales indican la combustibilidad mediante las clases M0, M1, M2, M3 y M4.

### Marca voluntaria de certificación de producto (Marca AENOR)

Como se ha señalado, el mercado CE relativo a la conformidad a normas EN era un “segundo marco” para asegurar unas propiedades y prestaciones de los productos. Pasamos ahora a estudiar un “tercer” marco, el dado por las marcas voluntarias de calidad, en definitiva, la auténtica *Certificación* de producto. Veamos las diferencias entre el *mercado CE* y una marca voluntaria de calidad como, en España, la *marca AENOR*.

Efectivamente, las marcas voluntarias de calidad son eficaces herramientas para diferenciar los productos en el mercado de otras exigencias, que por aplicación de la

ley, comienzan a ser obligatorias, como el caso del *mercado CE*. Mediante ellas las empresas fabricantes pueden demostrar ante sus clientes, y el mercado en general, su capacidad para organizar la producción conforme a un Sistema de Calidad (en una línea próxima a la de las normas ISO 9000) y para obtener unos productos conformes a normas UNE o UNE EN de referencia.

Entrando en los detalles, vemos que una marca de Calidad, como la marca AENOR, implica, a diferencia del *mercado CE*, lo siguiente:

- » Evaluación del sistema de aseguramiento de la calidad de la empresa fabricante de conformidad con los apartados de la UNE-EN ISO 9001.
- » Inspección en fábrica del producto objeto de certificación.
- » Ensayos del producto de conformidad con las normas aplicables en un laboratorio externo y acreditado.

Las tareas anteriores involucran a una tercera parte y se dan en la concesión de la marca pero también de forma regular en el tiempo, de cara a su seguimiento.

En el cuadro comparativo siguiente se exponen las diferencias básicas entre el *mercado CE* y una marca voluntaria de calidad, como la *marca AENOR*:

Mercado CE	Marca de Calidad
Obligatorio	Voluntaria
Cubre requisitos reglamentarios	No es reglamentaria y no puede ser exigida por ninguna administración: demuestra la calidad ante el mercado
Ámbito europeo (para la libre circulación de mercancías)	Ámbito nacional.
Para la mayoría de los productos aislantes, y de acuerdo con el sistema de “evaluación de la conformidad” correspondiente, se basa en una “Declaración de Conformidad” emitida por el propio fabricante	Se basa en una “Certificación de Producto”, emitida por el organismo que concede la Marca (AENOR, en el caso de la marca N).
Para la mayoría de los productos aislantes, y de acuerdo con el sistema de “evaluación de la conformidad” correspondiente, se basa en unos “Ensayos Iniciales de Tipo” (ITT), efectuados en un laboratorio acreditado	Se basa en ITT, pero también en ensayos regulares y sistemáticos de seguimiento del producto certificado.
No se efectúan auditorías del Sistema de Calidad	Se efectúan auditorías del Sistema de Calidad, tanto para la concesión de la marca, como para el seguimiento (normalmente anuales, aparte de las extraordinarias)
Ningún seguimiento por tercera parte	Seguimiento continuo por tercera parte.

No obstante las diferencias expuestas, y debido a utilizar como normas de referencia las mismas normas *armonizadas*, hay algunas coincidencias actualmente entre el *mercado CE* y, en concreto, la *Marca AENOR*, como son las siguientes:

» En ambos casos se proporcionan valores declarados para las especificaciones térmicas.

» La reacción al fuego sigue la clasificación de las *Euroclases* (UNE EN 13501-1).

» En ambos casos se da un *Código de Designación*, con las características particulares declaradas por el fabricante.

» Se considera, en los dos casos, el control de producción en fábrica.

## Certificación ambiental de productos

### ACV (Análisis de Ciclo de Vida)

El ACV es un proceso objetivo para evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad identificando y cuantificando el uso de materia y energía y los vertidos al entorno; para determinar el impacto que ese uso de recursos y esos vertidos producen en el medio ambiente, y para evaluar y llevar a la práctica estrategias de mejora ambiental”.

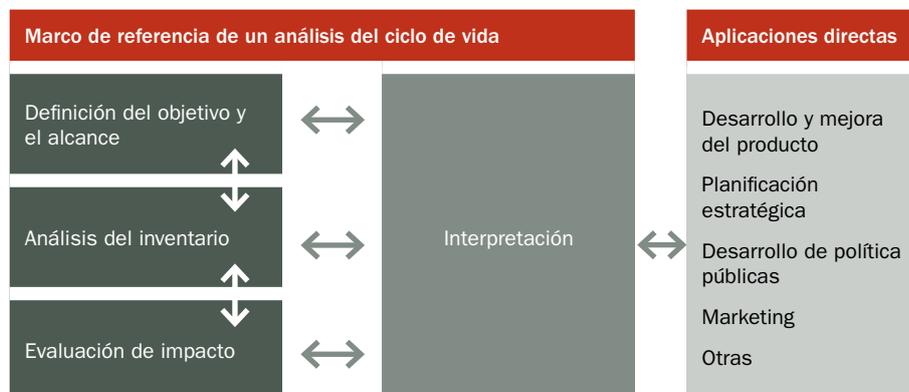
**Esta es la primera definición consensuada y más utilizada hasta el momento, realizada por la Sociedad de Química y Toxicología Ambiental (SETAC, Society of Environmental Toxicology and Chemistry).**

Por tanto, el ACV considera el ciclo completo del producto, proceso o actividad, teniendo en cuenta las etapas de:

- » Extracción y procesado de materias primas.
- » Producción de energía y materia prima.
- » Fabricación, transporte y distribución.
- » Uso, reutilización y mantenimiento.
- » Reciclado y disposición del residuo.

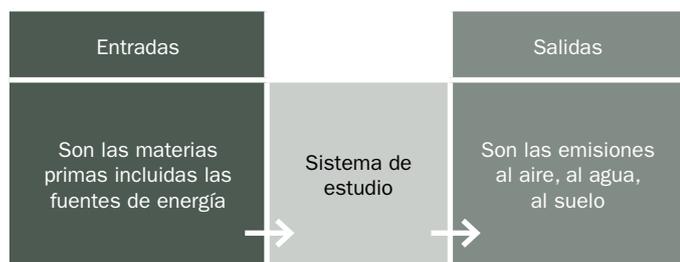
A nivel internacional se cuenta con la norma *ISO 14040:2006 “Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia”*. Esta norma establece una nueva definición: “El ACV es una técnica para determinar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados con un producto: compilando un inventario de las entradas y salidas relevantes del sistema; evaluando los impactos ambientales potenciales asociados a esas entradas y salidas, e interpretando los resultados de las fases de inventario e impacto en relación con los objetivos del estudio”.

Las fases de un ACV, según las normas ISO son:



En el apartado de “definición de objetivos” deben incluirse las razones que han llevado a la realización del estudio; la información que se espera obtener de él, cómo va a usarse y si va a hacerse pública o no; el destinatario del informe. En el apartado del “alcance” se deben poner límites ya que el ACV podría ser inacabable. El “análisis de inventario” es fundamentalmente un

balance de materia y energía del sistema (considerando el sistema como el conjunto de procesos que realizan una función definida y que permiten la presencia del producto que se está estudiando, en el mercado), aunque también puede incluir otros parámetros como: utilización del suelo, radiaciones, ruido, vibraciones, ... Comprende la recopilación de los datos y la realización de los cálculos adecuados para cuantificar las entradas y salidas del sistema estudiado:



La finalidad de la “evaluación de los impactos” es la interpretación del inventario, analizando y evaluando los impactos producidos por las cargas ambientales identificadas. Los sectores que, generalmente, intervienen en todo ACV son:

- » Los envases y embalajes: materiales y residuos.
- » El sector del transporte (en camión, por ferrocarril, en barco).
- » El sector energético.
- » La gestión de los residuos.

La fase final de la realización de un ACV es la Revisión Crítica, con el fin de verificar si el ACV se ajusta a la metodología, obtención de datos e informe estándares. Su finalidad no es verificar si los objetivos y la aplicación de los resultados son correctos, sino comprobar si el informe es transparente, si los datos obtenidos están en concordancia con los objetivos planteados y si las interpretaciones reflejan las limitaciones del estudio.

La revisión crítica puede ser de tres tipos:

- » Revisión interna.
- » Revisión externa (según la lleve a cabo un experto en ACV interno o externo, que no haya participado en la realización del estudio).
- » Revisión por los grupos interesados (la realizad un panel de revisión formado por uno o más expertos en ACV externos y uno o más representantes de cada uno de los grupos afectados por las conclusiones del estudio).

En definitiva, los ACV se llevan a cabo, generalmente, para optimizar el ciclo de vida de un producto, identificando qué etapas son las más contaminantes, para dirigir los esfuerzos de mejora sobre éstas. Pero otras veces, los ACV que se han hecho públicos tienen finalidades

defensivas, porque los productos a los que se refieren se encuentran bajo presión y se ven forzados a justificar su acción ambiental. El ACV es utilizado también, como herramienta de evaluación para establecer los criterios ambientales que deben cumplir los productos que aspiran a una etiqueta ecológica oficial. En España el primer ACV realizado para este fin fue para la categoría de productos “bolsas de basura de polietileno”.

*Fuente: Pere Fullana, Rita Puig, “Análisis del ciclo de vida”, Rubes Editorial S.L., Barcelona, 1997*

## Certificación energética de los edificios

Las exigencias relativas a la certificación energética de edificios establecidas en la Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002, se transpusieron en el Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, mediante el que se aprobó un Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.

Con posterioridad, la Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002, ha sido modificada mediante la Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios. La transposición se realiza incorporando las novedades de la nueva directiva y amplía su ámbito a todos los edificios, incluidos los existentes.

Mediante esta transposición de la Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, en lo relativo a la certificación de eficiencia energética de edificios, refundiendo el Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, se incorpora el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios existentes.

Este Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios, siendo voluntaria su aplicación hasta el 1 de junio de 2013. A partir de ese momento, la presentación o puesta a disposición de los compradores o arrendatarios del certificado de eficiencia energética de la totalidad o parte de un edificio, según corresponda, será exigible para los contratos de compraventa o arrendamiento celebrados a partir de dicha fecha.

### Registro general de documentos reconocidos para la certificación de eficiencia energética

De acuerdo con el artículo 3 del citado Real Decreto, se crea este Registro con el fin de facilitar el cumplimiento de este Procedimiento básico. Está adscrito a la Secretaría de Estado de Energía, del Ministerio de Industria, Energía y Turismo, teniendo carácter público e informativo.

En el citado Registro se encuentran todos aquellos documentos que han recibido el reconocimiento conjunto de los Ministerios de Industria, Energía y Turismo y de Fomento, y ha sido estructurado en función de la aplicación que corresponde a cada documento reconocido

### Calificación de la eficiencia energética de un edificio

Los procedimientos para la calificación de eficiencia energética de un edificio deben ser documentos reconocidos y estar inscritos en el Registro general.

Cuando se utilicen componentes, estrategias, equipos y/o sistemas que no estén incluidos en los programas disponibles, para su consideración en la calificación energética se hará uso del procedimiento establecido en el documento informativo "Aceptación de soluciones singulares y capacidades adicionales a los programas de referencia y alternativos de calificación de eficiencia energética de edificios", disponible en el Registro general.

### Etiqueta de eficiencia energética

La obtención del certificado de eficiencia energética otorgará el derecho de utilización, durante el periodo de validez del mismo, de la etiqueta de eficiencia energética.

En este certificado se asigna a cada edificio una Clase Energética de eficiencia, que variará desde la clase A, para los energéticamente más eficientes, a la clase G, para los menos eficientes.

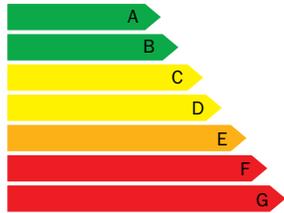
La etiqueta se incluirá en toda oferta, promoción y publicidad dirigida a la venta o arrendamiento del edificio o unidad del edificio. Deberá figurar siempre en la etiqueta, de forma clara e inequívoca, si se refiere al certificado de eficiencia energética del proyecto o al del edificio terminado.

### Procedimientos Simplificados para la Certificación

#### Energética de edificios existentes

La certificación energética de los edificios es una exigencia derivada de la Directiva 2002/91/CE (Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo de la Unión Europea, relativa a la eficiencia energética de los edificios). En lo referente a la certificación energética, esta Directiva se transpone parcialmente al ordenamiento jurídico español a través del Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.

*Los procedimientos simplificados existentes están disponibles en la web del Ministerio de Industria, Energía y Turismo*

Calificación Energética de Edificios proyecto/edificio terminado	
Más	
	
Menos	
Edificio:	_____
Localidad/Zona climática:	_____
Uso del edificio:	_____
Consumo Energía Anual:	_____ kWh/año
	_____ kWh/m <sup>2</sup>
Emisiones de CO <sub>2</sub> Anual:	_____ KgCO <sub>2</sub> /año
	_____ KgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
<p><i>El consumo de Energía y sus Emisiones de Dióxido de Carbono son las obtenidas por el Programa _____, para unas condiciones normales de funcionamiento y ocupación.</i></p> <p><i>El Consumo real de Energía del Edificio y sus Emisiones de Dióxido de Carbono dependerán de las condiciones climáticas, entre otros factores.</i></p>	

## El poliestireno extruido (XPS) para aislamiento térmico en edificación

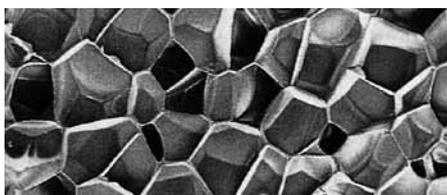
---

El poliestireno extruido es una espuma rígida, aislante, de carácter termoplástico y de estructura celular cerrada. Por su naturaleza y características técnicas, aporta a los elementos constructivos donde se incorpora notables beneficios.

---



La estructura celular totalmente cerrada del poliestireno extruido le proporciona sus excelentes prestaciones frente a la absorción de agua y como aislante térmico. La elevada rigidez de la estructura celular dada por la gran homogeneidad de las celdas proporciona, a su vez, una altísima capacidad de resistencia mecánica.



Son estas tres características las que hacen idóneo al poliestireno extruido cuando se requiera un producto que reúna las siguientes prestaciones: aislamiento térmico, baja absorción de agua, elevada resistencia mecánica

### Aislante térmico

La conductividad térmica ( $\lambda$ ) de los productos de poliestireno extruido depende básicamente del gas de espumación utilizado. La conductividad que se obtiene varía entre 0.029 y 0.036 W/m·K .



Más importante que la conductividad térmica es el espesor del producto, que determina la resistencia térmica ( $R_D$ ), la capacidad para oponerse al paso del calor.

$$R_D = d/\lambda \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$$

Donde

*"d"* corresponde al espesor de XPS

*"λ"* corresponde a la conductividad térmica declarada

### Absorción de agua

La estructura celular cerrada del XPS permite que sea un producto cuya absorción de agua por inmersión total de larga duración sea inferior a un 0.7%.

En una cubierta invertida se produce el efecto de la difusión de agua, en este caso, la absorción de agua por difusión del XPS es inferior al 3%



### Resistencia a compresión

Esta característica es una de las que se utiliza para determinar el grado de aptitud de un producto para soportar cargas. En la medida de la resistencia a compresión se trata de aplicar una fuerza que provoque una deformación de un 10% del producto a ensayar. La resistencia a compresión standard del XPS es de 300 Kpa, aunque pueden conseguirse productos con resistencias de 500 y 700 Kpa.

### Fluencia en compresión

Esta característica se utiliza para determinar la idoneidad de un producto para soportar cargas de muy larga duración sin fatiga. Para productos de XPS de 300 Kpa de resistencia a compresión alcanza valores alrededor de

125 kpa para cargas de 50 años de duración con deformaciones inferiores al 2%.

### Reacción al fuego

La reacción al fuego indica la contribución del producto en caso de incendio a: desprendimiento de energía, formación de humos, formación de gotas.

El poliestireno extruido incorpora ignífigos que le aportan resistencia al fuego, resultando en un producto de Euroclase E, autoextinguible sin presencia de gotas ardiendo que evita la propagación de llamas en caso de incendio.

### Estabilidad dimensional

Al acondicionar los productos de poliestireno extruido durante 48 h. a 70 °C, incluso a 48 h. a 70 °C y 90% de humedad, los cambios relativos en la longitud, anchura y espesor no deben exceder del 5%.

### Deformación bajo condiciones específicas de carga a compresión y temperatura

Indica la capacidad del XPS de soportar simultáneamente la acción de cargas y temperaturas. La deformación debe ser inferior a 5% tras 168 h. a 70 °C y 40 Kpa.

### Congelación descongelación

Es un indicador de la durabilidad del XPS en condiciones extremas de exposición.

Se expresa mediante el nivel 2 que implica una pérdida de resistencia a compresión < 10% y un aumento de absorción de agua < 1% después de 300 ciclos de hielo-deshielo.

### Tracción perpendicular a las caras

La resistencia del poliestireno extruido cuando se somete a una fuerza de tracción perpendicular a las caras es superior a 200 Kpa.

### Transmisión de vapor de agua

El factor de resistencia a la difusión del vapor de agua indica la magnitud de la resistencia del producto al vapor de agua con relación a una capa de aire estacionario del mismo espesor a la misma temperatura y para productos de XPS alcanza valores superiores a 150.

## Fabricación

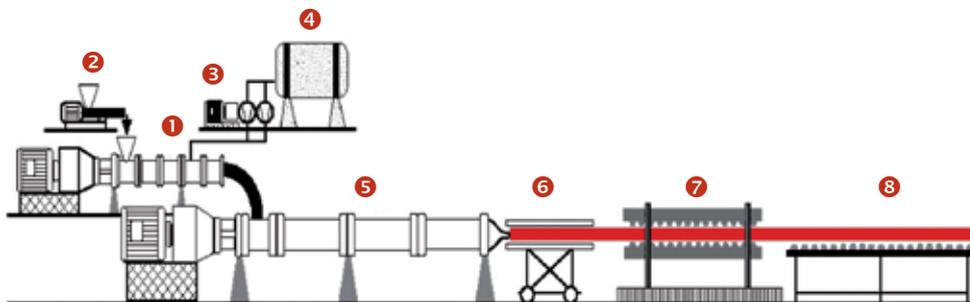
El proceso de fabricación del XPS comprende las siguientes fases:

- » Extrusión
- » Expansión
- » Estabilización
- » Mecanización

Los paneles de poliestireno extruido se fabrican por un proceso de extrusión, a partir de resina de poliestireno en forma de granza. La granza se introduce en la extrusora junto a otros aditivos, fundiéndose y mezclándose hasta formar un fluido viscoso.

Se inyecta entonces un agente espumante, bajo condiciones muy controladas de presión y temperatura, a continuación la mezcla espumable se conduce hasta el cabezal, produciéndose la expansión. Durante la calibración se da la forma a la masa procedente del cabezal permitiendo un acabado liso y plano de la superficie de los paneles y la uniformidad y homogeneidad de la masa en todo el perímetro de los paneles.

La banda de poliestireno extruido resultante circula a través de una línea continua a lo largo de la cual se cortan los paneles a la dimensión deseada, se dejan reposar los paneles para estabilizar sus dimensiones, se mecanizan las ranuras y bordes y finalmente se paletizan los paneles.



- 1 Extrusora 2 Alimentación de sólidos (resina de PS, agente ignífugo, colorantes, etc) 3 Dosificación agente espumante  
4 Depósito agente espumante (líquido) 5 Mezcladores (gel) 6 Plancha continua de espuma 7 Curado 8 Corte y embalaje

## Marco normativo de producto y calidad de producto certificada

Las normas de referencia para los productos de poliestireno extruido, común en todo el ámbito europeo son las siguientes:

**UNE-EN 13164: Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de poliestireno extruido (XPS). Especificación.**

**UNE- EN 13172: Productos aislantes térmicos. Evaluación de la conformidad.**

### Marcado CE



Los productos de poliestireno extruido satisfacen los requisitos del mandato M/103, dado en el marco de la Directiva de Productos de Construcción (89/106/CEE) y están bajo un sistema 3 de evaluación de la conformidad de acuerdo con la decisión de la Comisión Europea 95/204/CE del 31.04.95 revisada por la decisión 99/91/CE del 25.01.99 modificada por la decisión 01/596/CE del 8 de enero.

Para los productos bajo el sistema 3, cuando se alcance la conformidad, el fabricante o su representante autorizado establecido en el Espacio Económico Europeo (EEE) debe elaborar y conservar una declaración de conformidad, Declaración de conformidad CE, que le autoriza a fijar el mercado CE.

El símbolo del mercado CE debe ir acompañado del nombre, marca comercial y dirección registrada del fabricante, los dos últimos dígitos del año en el que se fija el marcado; referencia a la norma europea UNE-EN 13164; descripción del producto y uso previsto e información sobre las características esenciales del producto indicadas en forma de código de designación (véase pág. 28)

El siguiente ejemplo ilustra el código de designación para un producto de espuma de poliestireno extruido para cubierta:

XPS- EN 13164 – T1 – DS(TH) – DLT(2)5 – CS(10\Y)300 – CC(2/1,5/50)125 – WD(V)3 – WL(T)0,7 – TR200 – MU150 – FT2

### Certificado de producto AENOR



Los productos de poliestireno extruido tienen la marca N voluntaria AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación) de producto certificado, que certifica que el producto mantiene en el tiempo el cumplimiento con las especificaciones y procedimientos de aseguramiento de la calidad que imponen las normas UNE- EN 13172 y UNE-EN 13164 y los reglamentos propios de AENOR:

- » Reglamento general para la certificación de productos y servicios,
- » Reglamento particular de la marca AENOR para materiales aislantes térmicos (RP 20.00)
- » Reglamento particular de la marca AENOR y de la Keymark para productos de poliestireno extruido (XPS) para aplicaciones en la edificación (RP 20.03)

La obtención de la certificación de producto AENOR permite la inclusión de la marca N en el etiquetado de los productos de poliestireno extruido.

## Aplicaciones constructivas en obra nueva y rehabilitación

---

Elevado nivel de aislamiento térmico, gran resistencia a la compresión, muy baja absorción de agua, alta resistencia a la difusión del vapor, ligereza, facilidad de instalación, inocuidad y durabilidad. Son éstas las principales características que permiten a las planchas de espuma rígida de poliestireno extruido (XPS) dar la correcta dimensión a todo proyecto de aislamiento, tanto para edificios de nueva planta como para obras de rehabilitación.

---

A través de una avanzada y exclusiva tecnología de fabricación que le confiere una estructura homogénea e impenetrable de celdas estancas, el poliestireno extruido se expande actualmente sin emplear fluorocarbonos, resultando un producto eco-compatible y conforme a las normas ambientales más exigentes.

Las aplicaciones del XPS en edificación van encaminadas fundamentalmente al aislamiento de la envolvente del edificio, mejorando el confort térmico de los usuarios de los recintos, reduciendo la transmitancia térmica de los elementos constructivos en los que se incorpora y, consecuentemente, reduciendo la demanda y el consumo de energía para climatización, tanto calefacción en invierno como refrigeración en verano, reduciendo las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, y reduciendo el coste de la factura energética.

Podemos establecer una clasificación de las aplicaciones principales del poliestireno extruido en edificación, de acuerdo a las partes de la envolvente del edificio.

Ventajas de rehabilitar mejorando el aislamiento térmico por el exterior del edificio:

- » Gran reducción de la factura energética.
- » Mejorar el confort y el bienestar para el usuario.
- » Disminuir las emisiones de gases con efecto invernadero.
- » Reducir el riesgo de condensaciones que conllevan las humedades interiores y la consecuente aparición de moho.
- » Añadir valor al edificio: las ventajas descritas pueden utilizarse como argumentos positivos en caso de alquiler o venta.
- » La instalación por el exterior evita la pérdida de espacio útil y evita molestias a los ocupantes del edificio durante las obras.



Archivo BASF

## Cubiertas planas

La cubierta es una de las partes del edificio más expuesta, y el poliestireno extruido es el material aislante de mejor comportamiento frente a la humedad, que soporta sin sufrir daños las variaciones de temperatura y tiene una gran resistencia a la compresión.

La colocación de planchas aislantes de XPS encima de la membrana impermeable en cubiertas planas invertidas, prolonga su duración, protegiéndola contra el ataque de la radiación solar, los cambios térmicos bruscos que pueden provocar cuarteamientos, los ciclos hielo/deshielo y las agresiones mecánicas durante la ejecución y el uso de la cubierta.

Además, en trabajos de reparación y/o rehabilitación energética, para cubiertas con acabado de grava o baldosas flotantes, las planchas aislantes rígidas de XPS permiten revisar la membrana impermeable con facilidad y posibilitan implementar nuevas capas de aislamiento a posteriori para reducir la transmitancia térmica de la cubierta. La gran resistencia a compresión de las planchas aislantes rígidas de poliestireno extruido permite también su utilización en cubiertas destinadas a parking de vehículos.

En la gran mayoría de los casos, no es preciso colocar barrera de vapor en cubiertas invertidas aisladas con planchas de poliestireno extruido. Su colocación en obra, tanto para construcción nueva como para rehabilitación energética, requiere poco tiempo, y toda operación de mantenimiento o de sustitución resulta más sencilla.

Los tipos de planchas de XPS empleadas habitualmente en cubiertas planas, son de 300 kPa y 500 kPa (éste último en el caso de estar sometidas a cargas elevadas, como cubiertas parking) de resistencia mínima a la compresión, superficie exterior lisa y mecanizado perimetral a media madera.

### Tipología de cubiertas planas con aislamiento de XPS:

#### Cubiertas invertidas

- » No transitables, accesibles para mantenimiento
  - Acabado con grava
  - Ajardinadas
- » Transitables
  - Acabado con baldosas amorteradas
  - Acabado con baldosas flotantes
  - Tráfico rodado (cubiertas parking)

#### Cubiertas ligeras tipo Deck



Archivo DOW

- P capa de protección de grava
- Csa capa separadora antipunzonante bajo protección. En el caso de cubiertas invertidas, esta capa debe ser además filtrante y capaz de impedir el paso de áridos finos.
- I capa de impermeabilización<sup>(1)</sup>
- Cs capa separadora. Se dispondrá cuando deba evitarse la adherencia o el contacto entre capas
- XPS aislante poliestireno extruido
- B barrera contra el vapor. Sólo si hay riesgo de condensación según lo dispuesto en el Documento Básico DB HE-1 Limitación de la demanda energética
- FP formación de pendientes<sup>(2)</sup> de hormigón con áridos ligeros
- SR Soporte resistente
- FU forjado unidireccional
  - BC elementos de entrevigado (bovedilla) cerámicos
  - BH elementos de entrevigado (bovedilla) de hormigón
- FR forjado reticular
  - CC elementos de entrevigado (casetón) cerámicos
  - CH elementos de entrevigado (casetón) de hormigón
- L losa
- G chapa grecada

CTE COORD. TÉCNICO DE LA EFICIENCIA	Espesores mínimos de aislamiento para el cumplimiento del DB HE-1 Ahorro de Energía	U <sub>medio</sub> CTE	Zona α	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E	
			0,50	0,47	0,33	0,23	0,22	0,19	
			0,50	0,50	0,45	0,41	0,38	0,35	Edificio existente

**Cubierta plana no transitada. No ventilada. Grava** espesor mínimo (cm.) para no superar el valor U límite del CTE HE-1

Código	Sección	Soporte resistente SR	HE	Zona α	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E		
C.5.2		FU	BC	1/(0,55+Rat)	6	6	9	13	14	17	Obra nueva
					6	6	7	7	8	8	Edificio existente
C.5.3		FU	BH	1/(0,46+Rat)	6	7	9	14	14	17	Obra nueva
					6	6	7	7	8	9	Edificio existente
C.5.5		FR	CC	1/(0,42+Rat)	6	7	9	14	15	17	Obra nueva
6					6	7	7	8	9	Edificio existente	
C.5.6		FR	CH	1/(0,40+Rat)	6	7	9	14	15	17	Obra nueva
					6	6	7	7	8	9	Edificio existente
C.5.8		L		1/(0,36+Rat)	6	7	10	14	15	17	Obra nueva
					6	6	7	8	8	9	Edificio existente

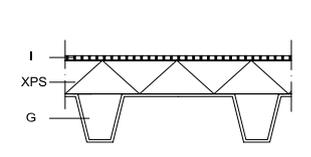
**Memorias descriptivas**

\_\_\_ m<sup>2</sup> aislamiento térmico de cubierta plana invertida, mediante planchas rígidas de espuma de poliestireno extruido (XPS), de \_\_\_ mm de espesor, con una conductividad térmica declarada λD = \_\_\_ W/m·K; resistencia térmica declarada RD = \_\_\_m<sup>2</sup>·K/W; clasificación de reacción al fuego Euroclase E, según la norma UNE EN 13501-1 y código de designación XPS-EN13164-T1-CS(10\Y)300-CC(2/1.5/50)130-WL(T)0.7-WD(V)3-FT2- DS(TH)-DLT(2)5, de acuerdo con las especificaciones de la norma UNE EN 13164.

\_\_\_ m<sup>2</sup> aislamiento térmico de cubierta plana invertida ligera, mediante baldosa aislante compuesta por una protección consistente en una capa de mortero modificado de 10 mm de espesor y una base aislante de espuma de poliestireno extruido (XPS), de \_\_\_ mm de espesor, con una conductividad térmica declarada λD = \_\_\_ W/m·K; resistencia térmica declarada RD = \_\_\_m<sup>2</sup>·K/W; clasificación de reacción al fuego Euroclase E, según la norma UNE EN 13501-1 y código de designación XPS-EN13164-T1-CS(10\Y)300-CC(2/1.5/50)100-WL(T)0.7-WD(V)3-FT2- DS(TH)-DLT(2)5, de acuerdo con las especificaciones de la norma UNE EN 13164.

CTE		Espesores mínimos de aislamiento para el cumplimiento del DB HE-1 Ahorro de Energía					U <sub>medio</sub> CTE	Zona α	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E	
								0,50	0,47	0,33	0,23	0,22	0,19	Obra nueva
								espesor mínimo (cm.) para no superar el valor U límite del CTE HE-1						Edificio existente

Cubierta plana Deck ligera. No transitable. Autoprotegida												
Código	Sección	Soporte resistente SR	HE	Zona α	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E			
C.6.9		G	$1/(0,15+R_{At})$	6	7	10	14	15	17	Obra nueva		
				6	6	7	8	8	9	Edificio existente		



**Memorias descriptivas**

\_\_ m<sup>2</sup> aislamiento térmico de **cubierta plana Deck**, mediante planchas rígidas de espuma de poliestireno extruido (XPS), de \_\_ mm de espesor, con una conductividad térmica declarada λD = \_\_ W/m·K; resistencia térmica declarada RD = \_\_ m<sup>2</sup>·K/W; clasificación de reacción al fuego Euroclase E, según la norma UNE EN 13501-1 y código de designación XPS-EN13164-T1-CS(10\Y)300-CC(2/1.5/50)100-WL(T)0.7-WD(V)3-FT2- DS(TH)-DLT(2)5, de acuerdo con las especificaciones de la norma UNE EN 13164.

## Puesta en obra

### Cubierta plana invertida con estructura soporte de hormigón

En la cubierta plana invertida, al “invertir” las posiciones convencionales de impermeabilización y aislamiento térmico, colocando éste sobre aquella, la durabilidad de la impermeabilización aumenta notablemente.

**Acabados no transitables**

Cubierta invertida no transitable acabada en grava, árido rodado, en granulometría 20 - 40 mm, lavado, y en espesor mínimo de 50 mm. Con 50 mm se aportan entre 80 y 100 kg/m<sup>2</sup> de sobrecarga, que compensan el empuje, por flotabilidad, de las planchas ligeras y rígidas de poliestireno extruido.

Si la grava contiene exceso de finos, se colocará encima de las planchas un fieltro separador no tejido o geotextil, imputrescible y permeable al agua, de 100 g/m<sup>2</sup> como mínimo (de poliéster, p.ej.). Así se evita que los finos se depositen en la membrana, dañándola, o que colmaten los sumideros.

**Acabados transitables**

Hay varias opciones como protecciones transitables. Las tres primeras para tránsito de personas y la cuarta para tránsito, además, de vehículos.



Archivo URSA



Archivo BASF

**Pavimento de baldosas de hormigón:**

Se forma una cámara ventilada entre las planchas aislantes de poliestireno extruido y las baldosas, apoyándolas sobre soportes distanciadores. Se tendrá en cuenta la acción punzonante de los soportes distanciadores de modo que la presión transmitida a las planchas aislantes no sobrepase el valor de resistencia a compresión para una deformación máxima a largo plazo por fluencia del 2% (es decir, alrededor de 100-130 kPa, 1-1.3 kp/cm<sup>2</sup>, dependiendo del fabricante, para un XPS con resistencia a compresión de 300 kPa). Las baldosas se disponen sobre los soportes de manera que se formen juntas abiertas entre ellas, para permitir así cualquier dilatación, y facilitar tanto el drenaje del agua en superficie como la ventilación bajo las baldosas, de modo que se forme un pavimento “abierto” a la “difusión”.

**Pavimento continuo de baldosín cerámico:**

se explicó anteriormente el concepto de azotea a la catalana, en que se dispone un pavimento sobre cámara ventilada. En el caso de cubierta invertida se recomienda igualmente mantener un cierto grado de ventilación o aireación entre el pavimento y el aislante térmico (de nuevo se trata de conseguir un sistema “abierto” a la “difusión”). Hay productos comercializados bajo el nombre genérico de “capa de difusión” que, de hecho, no facilitan especialmente la difusión del vapor como tal, sino más bien el secado (si se prevén juntas “abiertas” de cada paño embaldosado, por donde “respire” la tal capa de “aireación”) y, a la vez, drenaje, en caso de pre-

sentarse agua, ya provenga de condensación o de lluvia.

El objetivo aquí es impedir la formación de una lámina de agua estancada entre el mortero del embaldosado y las planchas aislantes, lámina que actuaría a modo de barrera de vapor en la “cara fría” del aislante, lo que sería contraproducente, en particular donde haya una climatología local especialmente adversa (por frío y lluvias), ya que se puede verificar un ataque de humedad excesivo, al encontrarse el aislamiento térmico de poliestireno extruido entre dos ambientes saturados de humedad procedente del ambiente exterior, tanto en su “cara caliente” como en la “cara fría”. Dada la gran diferencia de presiones de vapor que se establece, se verificará una muy fuerte difusión de vapor a través de la plancha aislante (y ello, destaquémoslo, sin que intervenga la difusión de vapor desde el ambiente interior, retenida suficientemente bajo la impermeabilización-barrera de vapor).

Finalmente, se recomienda armar la capa de mortero (de 40 mm de espesor mínimo) con que se tome el pavimento, con un mallazo –incluso una simple tela de gallinero-, a fin de repartir de mejor forma las sobrecargas que se produzcan.

**Pavimento de baldosas aislantes:**

Debido a la protección pesada requerida por la solución invertida (con los diversos acabados expuestos), se tiene una sobrecarga en cubierta de más de 80 kg/m<sup>2</sup>. Cuando, por razones estructurales o por tratarse de una



Archivo TOPOX



Archivo KNAUF INSULATION

rehabilitación con limitaciones muy estrictas, tanto en sobrecarga admisible como en accesibilidad de la cubierta, se desee la solución de cubierta plana invertida con el menor peso posible, entonces es posible instalar baldosas aislantes, con base aislante de XPS integralmente adherida a la terminación en mortero tratado u hormigón poroso, que aportan, según los modelos, entre 25 y 60 kg/m<sup>2</sup> a la cubierta y no requieren de medios especiales para llevarlas sobre la cubierta.

Estas baldosas aislantes:

- › Se pueden usar con pendientes del 1 al 5%.
- › Su peso no se considera a la hora de evaluar el sistema de sujeción de la impermeabilización y su estabilidad ante el viento.
- › En el perímetro de la cubierta, el borde de las baldosas aislantes está protegido de la luz solar y de la acción del viento directo por debajo de las mismas. Los petos tienen una altura mínima de 50 mm por encima de la superficie de las baldosas.
- › Para evitar la succión de viento se debe estudiar, en función del tipo de baldosa (peso, dimensiones, diseño de juntas, etc), el comportamiento ante succión de viento. Como dicho efecto se produce en el perímetro de cualquier cubierta, sobre todo en las esquinas, y

también alrededor de cualquier encuentro importante: lucernarios, chimeneas, casetas de maquinaria, etc., se suele disponer en tales zonas, o bien un lastre adicional a modo de pasillo formado con baldosas de hormigón de 600x600x50 mm, o bien una fijación mecánica, o incluso el pegado de las baldosas.

### Con capa de rodadura para tránsito de vehículos:

Igualmente puede haber varios tipos de soluciones constructivas de cubierta invertida que proporcionen la capa de rodadura para una cubierta transitable para vehículos. Limitémonos a enumerarlas: rodadura formada por losa de hormigón armado, capa de asfalto, adoquín sobre cama de arena. Debido a las fuertes sobrecargas, en cubierta "parking" se hace necesario el uso de planchas aislantes de poliestireno extruido de mayores prestaciones mecánicas que las habituales en cubierta invertida.

### Acabados vegetales o ajardinados

Aunque en cubierta invertida, como en la convencional, es también practicable el acabado intensivo, con grandes espesores de sustrato edafomineral (más de 200 mm y hasta 1000), cultivo de todo tipo de plantas y de todo porte, y mantenimiento y regado periódicos, se destaca aquí por su actualidad la posibilidad de un acabado extensivo. En este tipo de cubierta, más que "ajardinada", "vegetal", también llamada "azotea ecológica" se tiene:

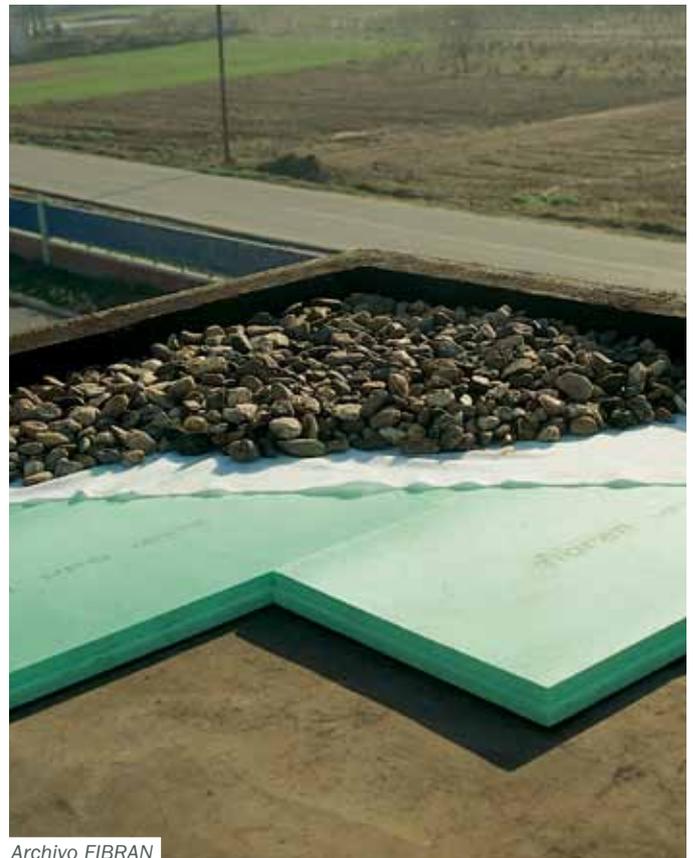


Archivo URSA

- › Una capa de drenaje o “geodren” entre las planchas aislantes de XPS y la capa de sustrato.
- › Una capa de sustrato con espesor entre 60 y 120 mm (compárese con el acabado intensivo).
- › Plantas seleccionadas de modo que no necesiten cuidados ni riego periódicos (típicamente del género Sedum, plantas crasas, tipo “uña de gato”). Además son plantas con un porte pequeño, lo que, en caso de incendio, no agrava el problema, al no representar una gran masa orgánica en cubierta. Las principales ventajas de las cubiertas vegetales extensivas son la mejora estética, la relativa ligereza respecto de la solución intensiva, el mantenimiento mínimo, la reducción de caudales que debe soportar la evacuación de pluviales, y la formación de un sumidero de CO<sub>2</sub> constituido por las plantas. Las mayores dificultades vienen del escaso o nulo desarrollo de las plantas en climas de veranos muy secos (humedad relativa media de menos del 40%, con mínimas de menos del 20%) y temperaturas en cubierta muy altas, hasta 50-55 °C, como consecuencia de la intensa radiación solar. En tales casos es obligado un mantenimiento y regado mínimos, o bien disponer sistemas “pasivos” que aseguren en todo caso un suministro mínimo de agua a las plantas.

## Cubierta plana con estructura soporte de chapa metálica grecada (cubierta deck)

En caso de usar aislamientos orgánicos con limitaciones en la temperatura de servicio permanente (por ejemplo, poliestireno extruido) y en la estabilidad dimensional resultante, se instalan láminas impermeabilizantes sintéticas (se recomiendan de aplicación en frío) de color blanco o claro, a fin de evitar un sobrecalentamiento que pueda deteriorar al aislante. En el caso de instalar planchas de poliestireno extruido se comprobará la posible falta de compatibilidad química entre la formulación de la lámina y el soporte dado por las planchas de aislamiento. Es conocido, por ejemplo, el caso de las planchas de PVC que consiguen el grado adecuado de flexibilidad añadiendo plastificantes. Si entran en contacto con el poliestireno, dichos plastificantes, dependiendo de su formulación específica, pueden migrar en mayor o menor medida, volviéndose la lámina de PVC frágil y contrayendo dimensionalmente, con el consiguiente perjuicio para el sistema de cubierta. La solución pasará por disponer una capa de separación adecuada entre lámina y aislamiento.



Archivo FIBRAN



Archivo URSA

## Cubiertas inclinadas

Gracias a las planchas aislantes de espuma rígida de poliestireno extruido, podemos hacer del desván o bajo-cubierta de una casa o edificio un espacio habitable.

Este espacio resulta un lugar de alto riesgo de condensación en una construcción; por ello, el aislante ideal para esta aplicación debe poseer no sólo una elevada capacidad de aislamiento térmico y una óptima resistencia a la compresión, sino también excelentes características en su comportamiento frente a la humedad, como resulta tenerlas el poliestireno extruido.

Además, su facilidad de manipulación y colocación, permite obtener altos rendimientos de mano de obra en cubiertas inclinadas.

### Tipología de cubiertas inclinadas con aislamiento de XPS:

#### Cubiertas inclinadas

##### Con teja amorterada

- » Con piezas clavadas (tejas, pizarra...) y cámara ventilada
- » Aislamiento bajo estructura cubierta (techos de granjas)
- » Paneles sándwich
  - Metálicos
  - De madera

Los tipos de planchas de poliestireno extruido empleados habitualmente en cubiertas inclinadas, son de 200 kPa de resistencia mínima a la compresión, superficie exterior ranurada en el caso de cubiertas con teja amorterada, superficie exterior lisa en el caso de cubiertas con piezas clavadas y cubiertas con aislamiento bajo estructura, y superficies rugosas en el caso de fabricación de paneles sándwich con recubrimientos encolados al aislante. Los mecanizados perimetrales suelen ser a media madera, excepto para paneles sándwich, con canto recto sin mecanizar.



Archivo DOW

- T tejado (tejas, pizarra, placas y perfiles metálicos)
- XPS aislante
- Cs capa separadora. Se dispondrá cuando deba evitarse la adherencia o el contacto entre capas
- I capa de impermeabilización<sup>(1)</sup>
- B barrera contra el vapor. Sólo si hay riesgo de condensación según lo dispuesto en el Documento Básico DB HE-1 Limitación de la demanda energética
- SR Soporte resistente y formación de pendientes<sup>(2)</sup>
  - FU forjado unidireccional
  - BC elementos de entrevigado (bovedilla) cerámicos
  - BH elementos de entrevigado (bovedilla) de hormigón
  - L losa

CTE	Espesores mínimos de aislamiento para el cumplimiento del DB HE-1 Ahorro de Energía	U <sub>medio</sub> CTE	Zona $\alpha$	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E	
			Obra nueva	0,50	0,47	0,33	0,23	0,22	
			0,50	0,50	0,47	0,41	0,38	0,35	Edificio existente

**Cubierta inclinada. Forjado/tablero inclinado. No ventilada. Con capa de protección**

espesor mínimo (cm.) para no superar el valor U límite del CTE HE-1

Código	Sección	Soporte resistente SR	HE	Zona $\alpha$	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E		
C.9.2		FU	BC	1/(0,50+Rat)	6	6	9	14	14	17	Obra nueva
					6	6	7	7	8	9	Edificio existente
C.9.3		FU	BH	1/(0,40+Rat)	6	7	9	14	15	17	Obra nueva
					6	6	7	7	8	9	Edificio existente
C.9.4		L		1/(0,29+Rat)	7	7	10	14	15	17	Obra nueva
					7	7	7	8	8	9	Edificio existente

**Memorias descriptivas**

\_\_\_ m<sup>2</sup> aislamiento térmico de **cubierta inclinada**, mediante planchas rígidas, ranuradas por una cara, de espuma de poliestireno extruido (XPS), de \_\_\_ mm de espesor, con una conductividad térmica declarada  $\lambda_D = \text{___} \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ; resistencia térmica declarada  $RD = \text{___} \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ ; Clasificación de reacción al fuego Euroclase E, según la norma UNE EN 13501-1 y código de designación XPS-EN13164-T1-CS(10\Y)300- DS(TH), de acuerdo con las especificaciones de la norma UNE EN 13164.

## Puesta en obra

Puede haber, como ocurría en la cubierta plana, dos tipos principales de cubierta inclinada o tejado, según se forme una cámara ventilada, caso en el que se podrá hablar de un tejado frío, o no, caso en el que se podrá hablar de un tejado caliente.

### Tejado frío

Se pueden distinguir dos casos, según que la cámara se forme en el propio plano del faldón (surgiendo entonces bajo el faldón una buhardilla o desván “habitabile”) o se forme entre el faldón y el soporte horizontal (forjado) del tejado (surgiendo entonces bajo el faldón una buhardilla o desván “no habitabile”):

Cámara ventilada formada en el propio faldón . Es la solución más habitual en Centroeuropa (en España se puede encontrar sobre todo en la Cornisa Cantábrica y zonas montañosas como los Pirineos) y se basa en la construcción en madera (o metal, también, más recientemente) de modo que se consigue una completa ventilación “cruzada” bajo la teja interponiendo un doble orden de enrastrelado, que tiene el papel de soporte de la teja.

### Tejado caliente

Es el tipo de tejado más frecuente en España. A pesar de no disponer, como se ha explicado, de una cámara ventilada propiamente dicha, suele producirse al menos una llamada “microventilación” entre las tejas y su soporte, dada simplemente por la forma de las tejas y su encaje en seco, sin sellado, a modo de escamas, que siempre da lugar a que la pequeña cámara o interespacio entre tejas y soporte “respire”. Ello es conveniente a fin de facilitar, en particular en condiciones invernales, la salida de cualquier exceso de humedad que se pudiera ver atrapado bajo las tejas, con el consiguiente riesgo de daño para ellas, especialmente por heladicidad.

El aislamiento en tal tipo de tejado caliente se puede colocar o bien directamente bajo teja, es decir, entre la teja y el soporte estructural del faldón, o, si no, por el interior, como un falso techo.

Volviendo al primer caso, si se instala el aislamiento bajo teja, entonces hay dos opciones según reciba o no directamente la sobrecarga de las tejas.

Dada la pendiente de una cubierta inclinada, para que un aislamiento térmico sea un buen soporte directo de la teja, instalada al modo tradicional (pellada o cordón de mortero), debe asegurarse que no habrá



Archivo URSA

desplazamientos de las tejas por deslizamiento sobre el aislante térmico. Por tanto, el acabado superficial del aislante deberá ser tal que el mortero de agarre de las tejas quede firmemente anclado al aislante. La solución más habitual ha consistido, en los últimos casi 20 años, en un tipo de plancha rígida con un acabado superficial acanalado por una de sus caras, con suficiente robustez para permitir un adecuado anclaje del mortero de la teja, para lo cual, evidentemente, las planchas se colocan con las acanaladuras paralelas a la cumbrera del faldón.

La estabilidad, ante succiones provocadas por viento, del sistema formado por las planchas aislantes y las tejas depende de la propia estabilidad de las tejas, como en cualquier cubierta inclinada. Las planchas aislantes no suponen ninguna pérdida (ni mejora) de estabilidad. Para su fijación se suelen usar, con óptimo comportamiento en pendientes de hasta 57% (30°), espigas plásticas con la adecuada longitud como fijaciones mecánicas, en una distribución más densa en el mismo contorno del faldón (unas 5 fijaciones por m<sup>2</sup>), que es donde se pueden producir los mayores esfuerzos por viento, y menor en el resto de la superficie del faldón (unas 3 fijaciones por m<sup>2</sup>). De todos modos dichas fijaciones tienen sentido sólo para mantener en posición las planchas mientras no se ha instalado sobre ellas el lastre dado por la teja.

Además, en este tipo de instalación se prevé siempre la formación de un cajeadado en los encuentros del faldón con aleros y hastiales, de modo que las planchas queden cobijadas y retenidas por los topes que forman el cajeadado. El tope en alero estará dimensionado para retener el posible deslizamiento de las planchas aislantes y la teja montada sobre ellas.

En una situación topográfica más extrema de exposición a vientos, la teja se instalará siempre con fijación mecánica (ganchos, clavos, etc.) o con adhesión con espuma de poliuretano. En ambos casos procederá instalar un enrastrelado como soporte más adecuado de la teja. No obstante, en algún caso, como alternativa, se ha recibido con mortero el enrastrelado sobre las propias planchas acanaladas. También, como alternativa para lograr un cierto grado de ventilación sin necesidad de disponer un doble enrastrelado, se han dispuesto, ocasionalmente, las planchas con las acanaladuras en la dirección de la pendiente, lo cual permite un grado de ventilación en esa dirección, a la vez que el único orden de rastreles, para la fijación de las tejas, permite la ventilación en la dirección ortogonal, paralela al caballete del tejado.



Archivo KNAUF INSULATION

Archivo TOPOX

## Fachadas aisladas por el exterior

La utilización de planchas aislantes rígidas de XPS para aislamiento de muros de cerramiento, incrementa el confort de habitabilidad y reduce el riesgo de condensaciones. Los sistemas de aislamiento térmico por el exterior, como ETICS/SATE y fachadas ventiladas, son soluciones constructivas especialmente interesantes en procesos de rehabilitación energética, ya que, al intervenir por el exterior, no se producen interferencias para los usuarios de las viviendas o recintos, no se reduce su superficie útil y se revaloriza estética y económicamente el inmueble.

En estos sistemas, es recomendable el empleo de planchas aislantes rígidas de XPS, obteniendo una envolvente térmica continua, reduciendo la transmitancia térmica del muro y corrigiendo los puentes térmicos lineales, como frentes de forjados, contornos de huecos, pilares, etc. Asimismo, la muy baja transpirabilidad del XPS impide el riesgo de condensaciones intersticiales y las consecuentes patologías por humedades. Cabe decir también que los altos niveles de resistencia mecánica de este material, tanto a compresión como a tracción, le proporcionan una importante ventaja respecto a otros materiales aislantes para su aplicación en ETICS/SATE. Las planchas aislantes rígidas de XPS son recomendables también para el aislamiento exterior de muros enterrados de hormigón armado, reduciendo la transmitancia térmica de éstos, y protegiendo la impermeabilización del contacto directo con el terreno. La elevada resistencia a la compresión del XPS permite soportar la presión del terreno sin que se produzcan deformaciones en el aislante que pudieran mermar su capacidad aislante. Las planchas se aplican directamente sobre la superficie a aislar, cuidando que las juntas se acoplen perfectamente. Para evitar que al colocar el material de relleno las planchas puedan moverse, es suficiente emplear alguna cola o mástico adecuado en las juntas.

### Tipología de muros de cerramiento con aislamiento de XPS:

#### Aislamiento por el exterior de fachadas

- » Sistema de aislamiento térmico por el exterior (SATE)
- » Fachadas ventiladas

#### Muros enterrados

Los tipos de planchas de XPS empleadas habitualmente en muros de cerramiento, son de 200 y 300 kPa (éste último en el caso de estar sometidas a presiones importantes, como por ejemplo en muros enterrados) de resistencia mínima a la compresión. La superficie exterior suele ser rugosa o ranurada en el caso de ETICS/SATE y de aislamiento por el interior con enyesado o revoco, y lisa para fachadas ventiladas, muros de doble hoja y muros enterrados. Los mecanizados perimetrales suelen ser machihembrados, o con canto recto sin mecanizar (en este caso es recomendable su aplicación en doble capa con juntas contrapeadas).



Archivo FIBRAN

- RE revestimiento exterior
- XPS aislante
- C cámara de aire ventilada
- LC fábrica de ladrillo cerámico (macizo o perforado, cuando el AT se fije mecánicamente)
- BH fábrica de bloque de hormigón
- RI revestimiento interior formado por un enlucido, un enfoscado o un alicatado

CTE CORPO TÉCNICO DE LA CONSTRUCCIÓN	Espesores mínimos de aislamiento para el cumplimiento del DB HE-1 Ahorro de Energía	U <sub>medio</sub> CTE	Zona α	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E	
			Obra nueva	0,94	0,50	0,38	0,29	0,27	
			0,94	0,94	0,82	0,73	0,66	0,57	Edificio existente
		% suplemento por PT integrados	0%	0%	0%	0%	0%	0%	Obra nueva
			10%	15%	15%	15%	15%	15%	Edificio existente

**Fábrica con revestimiento continuo, sin cámara o cámara de aire no ventilada, aislamiento por el exterior**

espesor mínimo (cm.) para no superar el valor U límite del CTE HE-1

Código	Sección	Rt	HE	Zona α	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E	
F.4.1		0,38	1/(0,38+Rat)	3	6	9	12	12	14	Obra nueva
				3	3	4	5	5	6	Edificio existente
F.4.3		0,39	1/(0,39+Rat)	3	6	9	12	12	13	Obra nueva
				3	3	4	5	5	6	Edificio existente

**Memoria descriptiva**

\_\_\_ m<sup>2</sup> aislamiento térmico de **cerramiento vertical por el exterior**, como soporte de revestimiento para SATE (ETICS), mediante planchas rígidas de espuma de poliestireno extruido (XPS), de \_\_\_ mm de espesor, con una conductividad térmica declarada λD = \_\_\_ W/m·K; resistencia térmica declarada RD = \_\_\_ m<sup>2</sup>·K/W; Clasificación de reacción al fuego Euroclase E, según la norma UNE EN 13501-1 y código de designación XPS-EN13164-T2-CS(10\Y)200 -DS(TH)-TR100-SS100-MU80, de acuerdo con las especificaciones de la norma UNE EN 13164.

**CTE** **Espesores mínimos de aislamiento para el cumplimiento del DB HE-1 Ahorro de Energía**

U <sub>medio</sub> CTE	Zona $\alpha$	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E	Obra nueva
	0,94	0,50	0,38	0,29	0,27	0,25	Edificio existente
% suplemento por PT integrados	0%	0%	0%	0%	0%	0%	Obra nueva
	10%	15%	15%	15%	15%	15%	Edificio existente

**Fábrica con revestimiento discontinuo, con cámara de aire ventilada, aislamiento por el exterior**

espesor mínimo (cm.) para no superar el valor U límite del CTE HE-1

Código	Sección	HE	Zona $\alpha$	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E	
F.8.1		1/(0,47+Rat)	3	6	9	12	12	14	Obra nueva
			3	3	4	5	5	6	Edificio existente
F.8.2		1/(0,48+Rat)	3	6	9	12	12	13	Obra nueva
			3	3	4	5	5	6	Edificio existente
		1/(0,97+Rat)	3	6	9	12	12	13	Obra nueva
			3	3	4	5	5	6	Edificio existente

**Memoria descriptiva**

\_\_\_ m<sup>2</sup> aislamiento térmico de **cerramiento vertical en cámara**, mediante planchas rígidas de espuma de poliestireno extruido (XPS), de \_\_\_ mm de espesor, con una conductividad térmica declarada  $\lambda_D =$  \_\_ W/m·K; resistencia térmica declarada RD = \_\_\_m<sup>2</sup>·K/W; clasificación de reacción al fuego Euroclase E, según la norma UNE EN 13501-1 y código de designación XPS-EN13164-T1-CS(10\Y)200- DS(TH), de acuerdo con las especificaciones de la norma UNE EN 13164.



Archivo FIBRAN



Archivo FIBRAN

## Puesta en obra

Se trata de una instalación delicada y expuesta, aunque es la solución más próxima al ideal de control higrotérmico de la edificación, pues aprovecha al máximo la inercia térmica de la construcción y, sobre todo, se eliminan casi por completo los puentes térmicos. De hecho, sólo se formarán puentes térmicos en la medida en que las fijaciones del aislamiento y de los revestimientos (en fachada ventilada) así lo determinen.

Dado que la intervención para instalar el aislamiento se produce por el exterior del edificio, será la solución preferida en casos de rehabilitación térmica, pues se evita en la mayor medida posible interferir con los usuarios del edificio o vivienda.

Además, se proporciona una protección máxima del cerramiento frente a agresiones climáticas. En este sentido, es de destacar la fachada ventilada, donde se produce, por un lado, la disipación de calor en condiciones estivales de intensa radiación solar, y, por otro, en condiciones invernales, la evaporación de cualquier condensación.

Ello es así gracias a la cámara muy fuertemente ventilada que se forma entre el aislamiento y el revestimiento. Se aplican planchas de XPS, sectorizando la cámara ventilada, mediante barreras de fuego si la fachada tiene más de 18 m de altura, con el objeto de evitar el posible efecto chimenea en caso de incendio.

Además, el acabado exterior proporcionará la protección adecuada a las planchas rígidas de base orgánica, ante la radiación UV.

En el caso de revestir directamente el aislamiento con morteros monocapa en un sistema ETICS (External Thermal Insulation Composite Systems) es muy recomendable que el sistema sea garantizado por una empresa que se responsabilice de la compatibilidad de todos los productos y su correcta instalación, tal y como se encuentra recogido en homologaciones técnicas tipo DIT (Documento de Idoneidad Técnica), DITE (DIT Europeo), Technical Agrément, Avis Technique..., y siguiendo las indicaciones de la Guía EOTA ETAG 004.



Archivo URSA



Archivo DOW



Archivo EDILTEC

## Fachadas aisladas en cámara y por el interior

Aumentando la capacidad térmica de la cámara intermedia en un muro de doble hoja, las planchas rígidas aislantes de poliestireno extruido hacen más homogéneas y confortables las condiciones climáticas de los recintos aislados.

Su colocación resulta sencilla y rápida, sin que en general sea necesaria la implementación de una barrera de vapor. Gracias a su elevada resistencia a la humedad, el valor de aislamiento inicial se mantiene inalterable en el tiempo. Al igual que los sistemas de aislamiento por el exterior comentados anteriormente, el aislamiento de muros por el interior está especialmente indicado en procesos de rehabilitación energética de edificios.

La inercia térmica es media, y los puentes térmicos pueden tener una fuerte incidencia, por lo que conviene su análisis, en particular de cara a evitar condensaciones superficiales y formación de moho.

Con cierto tipo de aislamientos higrotérmicos (con alta resistividad al vapor de agua –factor  $\mu$ -), como es especialmente el caso del poliestireno extruido, y para la mayoría de condiciones climatológicas y usos de los edificios, no se precisa la típica barrera laminar contra el paso de vapor, ni hace falta prever una cámara ventilada, pudiendo ir el aislamiento totalmente emparedado entre las hojas exterior e interior del muro, ocupando, por tanto, el espesor total de la cámara en que se inserta. Si fuera necesario, es factible comprobar –y cuantificar- el riesgo de condensaciones, por ejemplo, mediante el método de cálculo de la norma UNE EN ISO 13788.

### Tipología de muros de cerramiento con aislamiento de XPS:

- » Aislamiento intermedio en muros de doble hoja
- » Aislamiento por el interior mediante trasdosados



Archivo EDILTEC

- LC fábrica de ladrillo cerámico (macizo o perforado)
- BH fábrica de bloque de hormigón de áridos densos
- RM revestimiento intermedio
- RE revestimiento exterior
- XPS aislante no hidrófilo
- LH fábrica de ladrillo hueco
- YL placa de yeso laminado
- RI revestimiento interior formado por un enlucido, un enfoscado o un alicatado

CTE Código Técnico de la Edificación	Espesores mínimos de aislamiento para el cumplimiento del DB HE-1. Ahorro de Energía	U <sub>medio</sub> CTE	Zona α	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E	
			Obra nueva	0,94	0,50	0,38	0,29	0,27	
			0,94	0,94	0,82	0,73	0,66	0,57	Edificio existente
		% suplemento por PT integrados	5%	5%	5%	5%	5%	5%	Obra nueva
			30%	30%	30%	30%	30%	30%	Edificio existente

**Fábrica vista, sin cámara o cámara de aire no ventilada, aislamiento por el interior**

espesor mínimo (cm.) para no superar el valor U límite del CTE HE-1

Código	Sección	HE	Zona α	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E	
F.1.1		1/(0,54+Rat)	3	6	9	12	13	14	Obra nueva
			4	4	5	5	6	8	Edificio existente
F.1.3		1/(0,42+Rat)	3	6	9	12	13	14	Obra nueva
			4	4	5	6	6	8	Edificio existente
F.1.9		1/(0,55+Rat)	3	6	8	12	13	14	Edificio existente
			4	4	5	5	6	8	Obra nueva
F.1.12		1/(0,43+Rat)	3	6	9	12	13	14	Edificio existente
			4	4	5	6	6	8	Obra nueva

CTE CÓDIGO TÉCNICO DE LA CONSTRUCCIÓN	Espesores mínimos de aislamiento para el cumplimiento del DB HE-1 Ahorro de Energía	U <sub>medio</sub> CTE	Zona $\alpha$	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E	
			0,94	0,50	0,38	0,29	0,27	0,25	Obra nueva
		0,94	0,94	0,82	0,73	0,66	0,57	Edificio existente	
		% suplemento por PT integrados	5%	5%	5%	5%	5%	5%	Obra nueva
		30%	30%	30%	30%	30%	30%	Edificio existente	

**Fábrica con revestimiento continuo, sin cámara o cámara de aire no ventilada, aislamiento por el interior**

*espesor mínimo (cm.) para no superar el valor U límite del CTE HE-1*

Código	Sección	HE	Zona $\alpha$	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E	
F.3.1		1/(0,54+Rat)	3	6	9	12	13	14	Obra nueva
			4	4	5	5	6	8	Edificio existente
F.3.3		1/(0,42+Rat)	3	6	9	12	13	14	Obra nueva
			4	4	5	6	6	8	Edificio existente
F.3.9		1/(0,55+Rat)	3	6	8	12	13	14	Obra nueva
			4	4	5	5	6	8	Edificio existente
F.3.11		1/(0,55+Rat)	3	6	9	12	13	14	Obra nueva
			4	4	5	6	6	8	Edificio existente

**Memoria descriptiva**

\_\_\_ m<sup>2</sup> aislamiento térmico de cerramiento vertical por el interior, como soporte de revestimiento de yeso, y de puentes térmicos, mediante planchas rígidas de espuma de poliestireno extruido (XPS), de \_\_\_ mm de espesor, con una conductividad térmica declarada  $\lambda_D =$  \_\_\_ W/m·K; resistencia térmica declarada  $R_D =$  \_\_\_ m<sup>2</sup>·K/W; clasificación de reacción al fuego Euroclase E, según la norma UNE EN 13501-1 y código de designación XPS-EN13164-T1-CS(10\Y)200-DS(TH), de acuerdo con las especificaciones de la norma UNE EN 13164.

**Puesta en obra**

**Fachadas aisladas en cámara**

Colocar el aislamiento en la cámara del muro de fachada es la instalación más tradicional y frecuente. Sin embargo, como no es aparente, es decir, que una vez cerrada la cámara no se puede comprobar fácilmente cómo se hizo la instalación, se requiere un control muy estricto. Además la habitual construcción del muro en España, empezando por la hoja exterior (al revés que en el resto de Europa), dificulta la instalación correcta, que debe mantener la debida separación -y cámara- entre el aislamiento y la hoja exterior. De hecho, en España, no hay

práctica en la construcción, ni elementos auxiliares estandarizados (separadores, llaves de atado) para asegurar una sujeción y posicionamiento correctos del aislante dentro de la cámara.

Con planchas de XPS se pueden producir juntas abiertas por mala colocación, y el consiguiente riesgo de puente térmico y falta de estanqueidad al aire (corrientes de convección en la cámara, comunicando la cara caliente y la fría de las planchas aislantes y degradando, por consiguiente, las prestaciones térmicas del muro). Se puede minimizar con juntas machihembradas entre planchas, que algunos productos (por ejemplo los de XPS) incorporan de fábrica. Igualmente se debe cuidar que las planchas cubran toda la altura de la cámara, o bien mediante

planchas con dimensiones adecuadas o, si no, completando oportunamente con recortes de planchas. Todos los aislamientos orgánicos quedan protegidos por la hoja interior de cualquier fuego originado en el interior del edificio (EI30 o superior: un simple tabique de L.H.S. con enlucido), con lo que no hay ningún riesgo especial en cuanto a exposición a fuego.

#### Fachadas aisladas por el interior

Es una instalación relativamente sencilla y a la vista, especialmente apta para rehabilitación (aunque interfiriendo con el usuario del edificio o vivienda), e incluso el bricolaje. Se da una rápida respuesta térmica del local, especialmente adecuada para viviendas de uso intermitente (fin de semana), puesto que la calefacción se emplea directamente en calentar el aire del ambiente interior, dada la mínima inercia térmica del revestimiento del aislamiento. Sin embargo, dicha inercia térmica débil, ventaja en tales casos, puede ser una desventaja en viviendas de uso permanente, dada la mayor estabilidad térmica que proporciona una elevada inercia térmica.

En cuanto a condiciones higrotérmicas, los puentes térmicos tienen una incidencia extrema, ya que el cerramiento, al quedar situado en la cara "fría" del aislante, presentará una superficie fría en cualquier rotura o puente térmico que presente el aislamiento (justo lo contrario del aislamiento por el exterior).

En cuanto a instalación, cuando se aplique el enlucido de yeso directamente sobre el aislamiento, éste presentará una superficie apta para el buen agarre del yeso.



Archivo CHOVA

Hay práctica especialmente con planchas rígidas de XPS.

En todo caso se armará la capa de yeso con mallas de revoco, de cara a evitar problemas de fisuración, por ejemplo, coincidentes con las juntas entre planchas. Igualmente el aislamiento presentará una superficie apta para su pegado al muro soporte con los habituales cementos-cola. Otra posibilidad cada vez más frecuente es laminar el aislamiento y una placa de yeso.

#### Puentes térmicos

Normalmente servirá un espesor relativamente pequeño de aislamiento, 3 cm, para poder alcanzar un control efectivo del puente térmico, de modo que se evite el riesgo de moho, condensaciones superficiales y un exceso de pérdidas de calor. Como aislamiento de frente de forjado, se suelen usar XPS, altamente resistentes a compresión, de modo que se colocan como fondo perdido de encofrado, y presentan una superficie suficientemente adherente al hormigón cuando fragua.

En el proyecto y la instalación del aislamiento del puente térmico se debe cuidar especialmente la compatibilidad dimensional de todos los elementos constructivos que intervienen, así como, en casos notorios como el frente de forjado, la propia estabilidad del muro, puesta en precario si se apoyara la hoja exterior sobre el propio aislamiento en vez de apoyar sobre la viga perimetral del forjado. En tales casos se suele recurrir a apoyar la hoja sobre un perfil angular metálico fijado al frente del forjado o a algún tipo de atado que una firmemente la hoja exterior del muro con cada forjado de piso.



Archivo KNAUF INSULATION



Archivo URSA

## Suelos

Una parte importante del consumo de energía, así como la sensación de confort, están condicionadas a la instalación de un aislamiento térmico adecuado en los suelos.

La finalidad principal del aislamiento térmico para esta aplicación es la de mantener la temperatura superficial del suelo en valores lo más cercanos posible a la temperatura del aire, para evitar la dispersión del calor y asegurar el confort del ambiente. y prevenir el fenómeno de la condensación.

El uso de planchas aislantes rígidas de XPS en aislamiento de suelos, proporciona, entre otras ventajas, ahorrar energía en climatización, puesto que se considera que un 15-20% de las pérdidas de calor en el edificio se producen a través del suelo; reducir el riesgo de condensaciones intersticiales y superficiales; contribuir a mantener constante la temperatura interior del edificio, mejorando el confort; y soportar cargas estáticas elevadas por períodos muy largos, sin ninguna deformación.

Los tipos de planchas de poliestireno extruido empleadas habitualmente en aislamiento de suelos, son de 300, 500 y 700 kPa (éstos dos últimos en el caso de estar sometidas a cargas importantes, como por ejemplo en suelos industriales, con tránsito de vehículos y maquinaria pesada) de resistencia mínima a la compresión. La superficie exterior suele ser lisa y los mecanizados perimetrales con corte perimetral a media madera, o con canto recto sin mecanizar (en este caso es recomendable su aplicación en doble capa con juntas contrapeadas).

### Tipología de suelos con aislamiento de XPS:

- » Soleras y losas de hormigón armado en contacto con el terreno
- » Forjados con aislamiento inferior
- » Forjados con aislamiento intermedio (suelos radiantes)



Archivo URSA

AC acabado  
M capa de mortero \*  
XPS aislante no hidrófilo  
SR forjado u otro soporte resistente

CTE CÓDIGO TÉCNICO DE LA CONSTRUCCIÓN	Espesores mínimos de aislamiento para el cumplimiento del DB HE-1 Ahorro de Energía	U <sub>medio</sub> CTE	Zona α	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E	
			Obra nueva	0,53	0,53	0,46	0,36	0,34	
Edificio existente			0,53	0,53	0,52	0,50	0,49	0,48	

**Suelo sobre local no habitable**

espesor mínimo (cm.) para no superar el valor U límite del CTE HE-1

Código	Sección	Soporte resistente SR	HE	Zona α	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E		
S0.1		FU	BC	1/(0,52+Rat)	5	5	6	9	9	10	Obra nueva
			BH	1/(0,41+Rat)	5	5	5	6	6	6	Edificio existente
		FR	CC	1/(0,38+Rat)	6	6	7	9	10	11	Obra nueva
			CH	1/(0,35+Rat)	6	6	6	6	6	6	Edificio existente
			CH	1/(0,35+Rat)	6	6	7	9	10	11	Obra nueva
			CH	1/(0,35+Rat)	6	6	6	6	6	6	Edificio existente

**Suelos sobre espacio exterior**

espesor mínimo (cm.) para no superar el valor U límite del CTE HE-1

Código	Sección	Soporte resistente SR	HE	Zona α	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E		
S0.1		FU	BC	1/(0,52+Rat)	5	5	6	9	9	10	Obra nueva
			BH	1/(0,41+Rat)	5	5	5	6	6	6	Edificio existente
		FR	CC	1/(0,38+Rat)	6	6	7	9	10	11	Obra nueva
			CH	1/(0,35+Rat)	6	6	6	6	6	6	Edificio existente
			CH	1/(0,35+Rat)	6	6	7	9	10	11	Obra nueva
			CH	1/(0,35+Rat)	6	6	6	6	6	6	Edificio existente

**Memoria descriptiva**

\_\_m<sup>2</sup> aislamiento térmico de suelos de uso doméstico o comercial, mediante planchas rígidas de espuma de poliestireno extruido (XPS), de \_\_ mm de espesor, con una conductividad térmica declarada λD = \_\_ W/m·K; resistencia térmica declarada RD = \_\_m<sup>2</sup>·K/W; Clasificación de reacción al fuego Euroclase E, según la norma UNE EN 13501-1 y código de designación XPS-EN13164-T1-CS(10\Y)200-DS(TH), de acuerdo con las especificaciones de la norma UNE EN 13164. Memoria descriptiva

## Memoria descriptiva

\_\_m<sup>2</sup> aislamiento térmico de **suelos de uso industrial o con tráfico de vehículos ligeros**, mediante planchas rígidas de espuma de poliestireno extruido (XPS), de \_\_\_\_ mm de espesor, con una conductividad térmica declarada  $\lambda D = \_ \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ; resistencia térmica declarada  $RD = \_ \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ ; Clasificación de reacción al fuego Euroclase E, según la norma UNE EN 13501-1 y código de designación XPS-EN13164-T1-CS(10\Y)500-CC(2/1.5/50)180-WL(T)0.7-WD(V)3-FT2- DS(TH)-DLT(2)5, de acuerdo con las especificaciones de la Norma UNE EN 13164.

## Puesta en obra

En construcciones nuevas, en las que se requiere el aislamiento de soleras de hormigón armado, las planchas aislantes rígidas de XPS son ideales para ser colocadas directamente sobre la superficie de aquéllas. Se debe extender sobre las planchas aislantes una capa de separación de polietileno o similar.

Por último, se instala una capa de compresión de mortero u hormigón, de un espesor no inferior a 5-6 cm, sobre la que se instalará el pavimento final. En el caso de pavimentos industriales, a base de losa de hormigón armado, el aislamiento de poliestireno extruido puede colocarse entre ésta y el terreno firme compactado.

Las planchas de XPS para el aislamiento inferior de forjados intermedios, pueden fijarse inicialmente mediante un adhesivo a base de cemento-cola, completándose el anclaje definitivo con fijaciones mecánicas. El acabado del techo puede realizarse con placas de yeso laminar.

Asimismo, el poliestireno extruido constituye la solución ideal para el aislamiento de suelos radiantes. Las planchas aislantes se colocan sobre la estructura del forjado, intercalando entre éste y el aislante una lámina de polietileno que actúa como capa de separación. A continuación, los conductos de calefacción se instalan por encima del aislamiento. Se aplica entonces una capa de arena para la nivelación del piso, de un espesor que asegure al mismo tiempo un recubrimiento adecuado de las tuberías de calefacción. A continuación, una capa de



Archivo DOW

mortero de unos 4 cm servirá como base para la aplicación del pavimento de acabado.

Una parte importante de las pérdidas energéticas que se registran en un edificio, hasta un 20%, se realiza a través de los suelos, ya estén en contacto con el terreno (solera), sobre cámara sanitaria, o directamente sobre espacios no calefactados (sótanos) o exteriores (soportales). Además la temperatura superficial del suelo puede ser notablemente inferior a la temperatura ambiente, lo que provoca falta de confort por “radiación fría” y riesgo de condensaciones superficiales. Ambas circunstancias, pérdidas excesivas y falta de confort y el riesgo de condensaciones, se subsanan con la colocación de un aislante térmico.

Al incorporar el aislamiento a la construcción del suelo, se debe tener en cuenta que se situará bajo carga, comprobándose si su resistencia a compresión es la adecuada para las cargas permanentes (pavimento, tabiquería, solera, losa, etc) y de uso (doméstico, público, industrial, etc) a que se vea sometido. Normalmente se suele considerar, a favor de seguridad, que las cargas se reparten según un cono de presiones a 45°, a partir de la superficie de aplicación o apoyo de la carga.

En el caso de un suelo calefactado, es obligada la disposición de un aislamiento térmico bajo la instalación si no se quiere calefactor el terreno o la vivienda de los vecinos del piso inferior. Por otro lado, la posibilidad de que el aislante térmico entre en contacto con agua (procedente del terreno, de condensaciones, o también de la propia humedad de obra) lleva al uso de materiales con la resistencia adecuada (planchas rígidas, especialmente de poliestireno extruido).



Archivo BASF



Archivo TOPOX



Archivo KNAUF INSULATION

### Cámaras frigoríficas

Las planchas aislantes rígidas de poliestireno extruido resultan una solución de altas prestaciones térmicas y mecánicas para la construcción de cámaras frigoríficas, tanto a temperatura positiva (cámaras de conservación) como negativa (cámaras y túneles de congelación).

Para la ejecución del cerramiento perimetral, divisiones interiores y techos, suelen prefabricarse paneles sándwich metálicos autoportantes, insertando el aislamiento de poliestireno extruido entre chapas encoladas de acero, aluminio, PVC, etc., los cuales se entregan y montan en obra ensamblándose entre sí mediante uniones generalmente machihembradas.

Para el aislamiento del suelo de cámaras frigoríficas, se instalan entre una solera y el pavimento de hormigón las planchas de poliestireno extruido con corte perimetral a

media madera, que facilitan el montaje en obra y reducen el riesgo de puentes térmicos a través de las juntas. Es recomendable la aplicación del poliestireno extruido en doble capa con juntas contrapeadas.

Los tipos de planchas de poliestireno extruido empleadas habitualmente en aislamiento de cámaras, son de 200, 300, 500 y 700 kPa (éstos dos últimos en el caso de aislamiento de suelos en cámaras frigoríficas industriales, con tránsito de vehículos y de maquinaria pesada) de resistencia mínima a la compresión. La superficie exterior suele ser rugosa para la prefabricación de paneles sándwich de paredes y techos, cuyos recubrimientos van encolados al aislante, y lisa para el aislamiento de suelos. Los bordes perimetrales con canto recto para la prefabricación de paneles sándwich, y con corte a media madera para las planchas de suelos.



Archivo TOPOX





ASOCIACIÓN IBÉRICA DE POLIESTIRENO EXTRUIDO

Numancia 185, 2º 2ª

08034 Barcelona

Tel. +34 93 534 34 16

Fax +34 93 534 34 92

info@aipex.es · www.aipex.es

#### Asociados

