



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



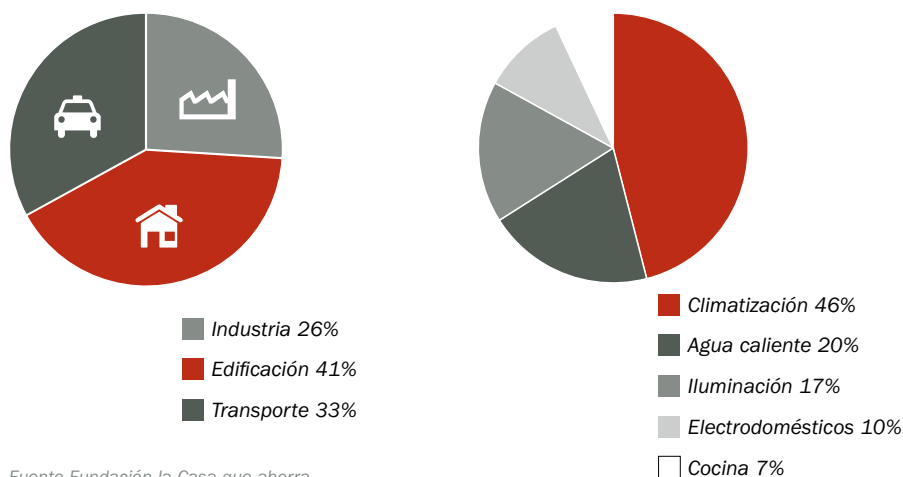
Contenido

Introducción a la eficiencia energética en la edificación	3
Marco normativo para la edificación	6
El Código Técnico de la Edificación	6
Introducción	
Sostenibilidad: eficiencia energética contra cambio climático	
Directiva 2002/91/CE sobre eficiencia energética en la edificación	
Ley de Ordenación de la Edificación (LOE, 1999)	
Ahorro de Energía en el CTE comparado con la NBE CT-79	
CTE Ahorro de Energía HE-1	
Reglamento de instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE)	
Decret d'Ecoeficiència de la Generalitat de Catalunya	
Materiales aislantes	17
Propiedades de los aislamientos térmicos	17
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	
Normalización y certificación de los aislamientos	24
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)	

Medio ambiente	30
Certificación ambiental de productos	30
ACV (Análisis de Ciclo de Vida)	
Reglamento (CE) nº 66/2010 del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de noviembre de 2009 relativo a la etiqueta ecológica de la UE	
Certificación Medioambiental de Edificios	32
RD 47/2007 (19 enero 2007),	
Procedimiento Básico para la Certificación Energética de edificios de nueva construcción	
Calificación de la Eficiencia Energética de un Edificio EEE	
Procedimientos de obtención de la calificación energética	
El poliestireno extruido	37
El poliestireno extruido (XPS) para aislamiento térmico en edificación	37
Descripción y propiedades	
Fabricación	
Marco normativo de producto y calidad de producto certificada	
Aplicaciones constructivas en obra nueva y rehabilitación	41
Cubiertas planas	42
Cubierta plana invertida con estructura soporte de hormigón	
Cubierta ligera tipo Deck	
Cubiertas inclinadas	48
Tejado frío	
Tejado caliente	
Fachadas aisladas por el exterior	52
Sistema de aislamiento térmico por el exterior SATEC	
Fachadas ventiladas	
Muros enterrados	
Fachadas aisladas en cámara y por el interior	56
Aislamiento intermedio en muros de doble hoja	
Aislamiento interior mediante trasdosados	
Puentes térmicos	
Suelos	60
Suelos sobre local no habitable	
Suelos sobre espacio exterior	
Cámaras frigoríficas	64

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.

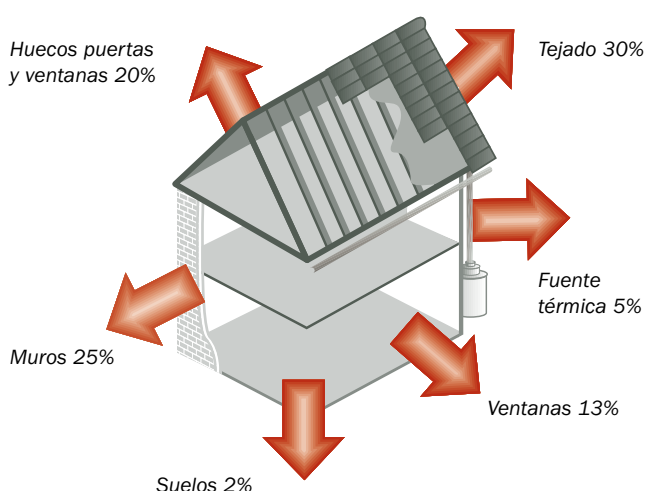
La eficiencia energética es conseguir la reducción del consumo energético del edificio (lo que comporta un ahorro económico) sin disminuir el confort ni la calidad de vida, protegiendo de este modo el medio ambiente y fomentando la sostenibilidad del suministro energético.

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.

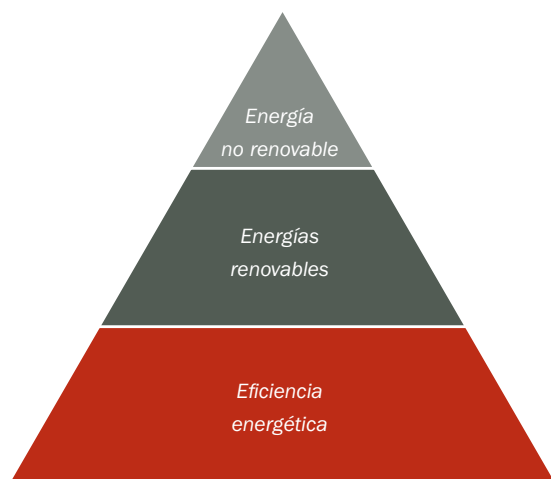
“ Entre todas las alternativas para aumentar la eficiencia energética de los edificios, el aislamiento es la más rentable.



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.

El Código Técnico de la Edificación

El desarrollo económico se ha venido basando, en el último siglo, en disponer de fuentes energéticas abundantes y baratas proporcionadas por los combustibles fósiles. Sin embargo, en los últimos 35 años, desde la *Crisis del Petróleo* de 1973, el mundo entero ha ido cobrando consciencia de los “límites del crecimiento” (“*The limits to growth*”), como los denominaba en su famoso informe, ya en 1972, el Club de Roma, (www.clubofrome.org).



Las dos cuestiones candentes son, por un lado, esos límites del crecimiento por puro agotamiento de los combustibles, pero, por otro, aunque hubiera combustibles para otros diez mil años, la incidencia medioambiental que acarrea su combustión, es decir, la emisión de gases contaminantes, y, en particular el dióxido de carbono, CO₂, que conlleva un aumento del efecto invernadero sobre la superficie terrestre y el consiguiente *calentamiento global*, identificado, pues, con un cambio climático de origen humano.

De ahí que en diciembre de 1997 se produjera el *Protocolo de Kyoto* sobre el *Cambio Climático*.

Protocolo de Kyoto (1997)

El *Protocolo de Kyoto* sobre el *Cambio Climático* compromete a las naciones que lo ratificaron a fijar una reducción del -5% de sus emisiones de gases de efecto invernadero en el período 2008-2012 respecto a las existentes en el año-base 1990. Este valor medio de reducción para todos los países, toma un valor del -8% en el caso de la Unión Europea (UE), y, en el caso particular español, el reparto europeo permitía, al contrario, aumentar las emisiones hasta un +15%. Pero el hecho es que en 2006 ya se había superado el +50% de aumento, convirtiendo a España en el Estado más lejos de cumplir el objetivo, por parte de la UE.

El Protocolo afirma que el objetivo, en última instancia, es “*la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida la interferencia antropogénica peligrosa con el sistema climático*”. Sin embargo se considera que, de alcanzarse el objetivo de Kyoto para el período 2008-2012, el resultado, según los modelos climáticos, será más bien modesto, alrededor de la décima de grado por debajo del aumento de la temperatura media que se estima si no se tomara ninguna medida. La realidad es que para invertir con efectividad el proceso, estabilizando la temperatura y evitando el Calentamiento Global no basta mantener las tasas de emisión en valores cercanos a los de 1990, sino que habría que reducirlas fuertemente, alrededor de un 60%.

Entrando en algún detalle, en el artículo 2 del Protocolo se precisa que, “*con el fin de promover el desarrollo sostenible, cada una de las Partes (= Estados)... aplicará y/o seguirá elaborando políticas y medidas de conformidad con sus circunstancias nacionales, por ejemplo las siguientes:*

- i) fomento de la eficiencia energética ...;
- ii) protección y mejora de los sumideros y depósitos de los gases de efecto invernadero...; promoción de prácticas sostenibles de gestión forestal, la forestación y la reforestación;
- iii) promoción de modalidades agrícolas sostenibles ...;
- iv) ... formas nuevas y renovables de energía,...;
- v) ... eliminación gradual de las deficiencias del mercado,... que sean contrarias al objetivo de la Convención en todos los sectores emisores de gases de efecto invernadero...

Es muy significativo, de cara a nuestro propósito, que en primer lugar se mencione la eficiencia energética

Sostenibilidad: eficiencia energética contra cambio climático

La eficiencia energética es uno de los principales instrumentos para restablecer la proporción de gases de efecto invernadero a un nivel compatible con el equilibrio medioambiental deseado para la Tierra. Para llegar a ese 60% de reducción de emisiones (por ahora, fuera de los objetivos de Kyoto en el período contemplado, hasta 2012), la “parte positiva” es que en la actualidad se usa la energía de modo tan ineficiente que esas reducciones podrían ser factibles sin colapsar por ello las economías industriales.

Ejemplos:

- » Fomento de la eficiencia energética en todos los sistemas, desde las centrales térmicas hasta el diseño de edificios (orientación, ventilación, aprovechamientos pasivos...), pasando, por ejemplo, por las instalaciones de iluminación, las calderas y el aislamiento térmico adecuado de las viviendas y edificios en general.
- » Fomento de fuentes energéticas renovables, que no originan dióxido de carbono, como la energía solar, la eólica o la hidroeléctrica.
- » Desarrollo (en lo que ya se trabaja desde hace mucho) y comercialización de tecnología energética a partir de la *fusión nuclear* (distinguir de las centrales usuales hasta ahora, de *fisión nuclear*, con dificultades en el tratamiento y almacenamiento de los residuos radiactivos y reservas limitadas de uranio)
- » El proceso de mejora en la eficiencia podría apoyarse usando mecanismos de mercado, como impuestos sobre el carbón o la energía que reflejen el perjuicio que causan las emisiones de dióxido de carbono.
- » En el transporte hay también un largo recorrido por hacer, cambiando el insostenible paradigma del automóvil privado, en que casi se llega al paroxismo de {una persona = un automóvil} (por más “puesto a punto” que

esté como maquina y como técnica), por políticas de transporte nuevas que no fomenten los automóviles, sino el transporte público, a la vez que se reducen las necesidades de desplazamiento mediante cambios en la planificación urbana y regional.

Para reducir consumos de energía en edificación, la herramienta más eficiente es reducir la demanda, pues así se evita el efecto de “lente de aumento” que tienen sobre la demanda los equipos y máquinas de climatización debido a tener rendimientos que nunca son del 100%, de modo que el consumo siempre es mayor que la demanda que lo origina.

“En los edificios la forma más eficiente de reducir la demanda de energía es, además de mejorar la eficiencia térmica de las ventanas y controlar las infiltraciones no deseadas de aire exterior a su través, introducir un aislamiento térmico adecuado en todos sus cerramientos.

Directiva 2002/91/CE

sobre eficiencia energética en la edificación

En su propuesta para una edificación “sostenible”, en línea con el *Protocolo de Kyoto*, la Unión Europea publicó en 2002 la *Directiva 2002/91/CE* sobre eficiencia energética en la edificación, que todos los Estados de la Unión debían transponer a sus reglamentaciones nacionales antes del 4 de enero de 2006.

La Comisión Europea estima que, con el nuevo marco normativo definido por la Directiva, las emisiones de la Unión Europea se pueden reducir hasta 45 millones de toneladas de CO₂ al año, lo que representa el 22% del compromiso de la UE en el *Protocolo de Kyoto*.

Los objetivos de la Directiva son:

- » Aumentar progresivamente las exigencias reglamentarias relativas a calidad térmica de los edificios de nueva planta, de forma que se reduzca el consumo energético. Como el consumo es la demanda energética dividida por el rendimiento medio del sistema de acondicionamiento o climatización hay dos términos sobre los que incidir:
 - » El numerador, es decir, reduciendo la demanda, de dos formas:
 - construyendo edificios de mayor calidad térmica
 - usando energías renovables, cuyo efecto es reducir la demanda de energía no renovable del edificio

» El denominador, es decir, aumentando el rendimiento de los sistemas convencionales (basados en energías no renovables) de climatización.

» Promocionar edificios de nueva planta con elevada eficiencia energética.

» Identificar las medidas que tiendan a mejorar la eficiencia energética de edificios existentes.

Con tal objeto, en la Directiva se establece:

» Una *metodología común de cálculo* de la eficiencia energética (Art. 3), respondiendo así a la pregunta de cómo calcular el consumo energético del edificio.

» Los *requisitos mínimos* que se deben satisfacer (Art. 4), es decir, se define el consumo energético máximo permitido.

» La *certificación energética* (Art. 7), que es la forma de reconocer el esfuerzo empleado para alcanzar una mayor eficiencia energética.

» Y la *inspección periódica* de calderas y sistemas de climatización (Art. 8), lo cual asegura que el consumo estimado se mantendrá (y no crecerá) en el futuro.

Respecto de la certificación energética, el *Certificado Energético* debe describir, en la medida de lo posible, la situación real de la eficiencia energética del edificio y podrá, por tanto, ser revisado. Los edificios públicos de particular entidad deben dar ejemplo, siendo objeto periódicamente de certificación energética, y mostrando de forma destacada el *Certificado Energético*. Asimismo, el hecho de mostrar las temperaturas interiores oficialmente recomendadas, junto con la temperatura realmente registrada, debe desalentar de la mala utilización de los sistemas de climatización y ventilación. Ello debe contribuir a evitar el consumo innecesario de energía, manteniendo unas condiciones ambientales interiores adecuadas (comfort térmico), en función de la temperatura exterior.

“La Directiva se transpone a la reglamentación española por medio del Código Técnico de la Edificación (incluyendo el Reglamento de Instalaciones Térmicas de la Edificación, RITE) y del Procedimiento básico de Certificación Energética, publicado en el BOE mediante Real Decreto 47/2007 de 19 de Enero.

Ley de Ordenación de la Edificación (LOE, 1999)

En España, previamente a la Directiva 2002/91/CE, ya había el compromiso, por parte de la Administración central, tal y como se recogía en la Ley de Ordenación de la Edificación (LOE, noviembre 1999), de elaborar un nuevo *Código Técnico de la Edificación* (CTE), con especial énfasis en el ahorro de energía. No podía ser de otro modo, puesto que la norma vigente, la *Norma Básica de la Edificación sobre Condiciones Térmicas*, NBE-CT-79, era ya entonces, hace más de 7 años, la norma más vieja y obsoleta de todas las existentes en Europa. Ahora, con la creación, en paralelo con la publicación del CTE, del *Consejo para la Sostenibilidad, Innovación y Calidad de la Edificación* (RD 315/2006) se espera que la actualización del CTE se produzca con la debida frecuencia (cada 5 años como máximo).

En la base del ordenamiento jurídico está el derecho constitucional de “todos” a “disfrutar de una vivienda digna y adecuada” (Art. 47 de la Constitución Española de 1978). A tal fin, la LOE se propone establecer el marco que regule la actividad edificatoria y fomente la calidad constructiva. En la exposición de motivos de la LOE se lee lo siguiente: “... la sociedad demanda cada vez más la calidad de los edificios y ello incide tanto en la seguridad estructural y la protección contra incendios como en otros aspectos vinculados al bienestar de las personas, como la protección contra el ruido, el aislamiento térmico o la accesibilidad para personas con movilidad reducida ...”.

Más adelante, en su Art. 3, sobre requisitos básicos de la edificación, relativos a la habitabilidad, se incluye entre ellos, el “Ahorro de energía y aislamiento térmico, de tal forma que se consiga un uso racional de la energía necesaria para la adecuada utilización del edificio”.

Como conclusión, cabe esperar que, al igual que las reglamentaciones van reflejando crecientemente la utilidad y calidad de construir con aislamiento térmico, el mercado de la construcción y todos los agentes en él intervinientes, también vayan haciéndose conscientes de la aportación de unos productos de construcción que son fundamentales en estos tiempos en que la energía y el impacto medioambiental asociado al Calentamiento Global van a ser claves.

El Requisito Esencial de Ahorro de Energía en el CTE comparado con la NBE CT-79

El antecedente reglamentario del nuevo CTE, en cuanto al *Requisito (o Exigencia) Esencial* de Ahorro de Energía es, como se ha indicado, la *Norma Básica de la Edificación, Condiciones Térmicas*, NBE CT-79 (por 1979, año de su publicación).

Antes de pasar a estudiar en detalle el nuevo texto sobre Ahorro de Energía incluido en el CTE, veamos en el

cuadro siguiente un resumen comparativo general entre ambos textos, para así poder entender las novedades que ofrece el CTE.

NBE CT 79	CTE - Ahorro de Energía
Planteamiento energético	Planteamientos energético y medioambiental (reducción emisiones CO ₂)
Planteamiento nacional	Planteamiento europeo, dado por la Directiva 2002/91/CE, Eficiencia Energética de los Edificios
Ciclo inercial de calefacción	Necesidades de calefacción (invierno) y también de refrigeración (verano)
	Nuevos aspectos: instalaciones de iluminación; aportación solar mínima de A.C.S.; aportación fotovoltaica mínima de energía eléctrica.
Tratamiento muy incompleto de los puentes térmicos	Se empiezan a considerar los puentes térmicos en "detalle": coeficientes lineales y factores de temperatura integrados en programa informático de referencia, LIDER
Conformidad sin valor medible para certificar (Kg)	Permitirá, en la Certificación Energética (en él basada), cuantificar con criterios energéticos (kW·h/m ² y año) y medioambientales (kg emisiones CO ₂ /año).
	Los requisitos de aislamiento del CTE HE-1 son superiores a los de la NBE CT 79, y aumentarán en el futuro.

Código Técnico de la Edificación: estructura

El CTE contempla las seis *Exigencias Básicas* definidas en la LOE (o Requisitos Básicos, en el lenguaje de la *Directiva 89/106/CE* sobre productos para la construcción), las tres primeras relativas a *Seguridad (S)* y las otras tres relativas a *Habitabilidad (H)*:

- » Seguridad Estructural. (SE)
- » Seguridad en caso de Incendio. (SI)
- » Seguridad de Uso. (SU)
- » Habitabilidad - Salubridad. (HS)
- » Habitabilidad - Protección frente al Ruido. (HR)
- » Habitabilidad - Ahorro de Energía. (HE)

Cada *Exigencia* se desarrolla en un articulado que contiene los principios básicos y el objetivo perseguido. El desarrollo técnico se confía a los llamados *Documentos Básicos* (DB), donde se establecen los procedimientos que hacen posible el cumplimiento del Código, incluyendo una serie de valores límite de las prestaciones del edificio. Por consiguiente, el enfoque que se quiere predominar es el llamado enfoque prestacional, basado en objetivos (qué conseguir), en contraposición al enfoque prescriptivo, basado en soluciones predeterminadas (cómo conseguirlo).

En cuanto a la exigencia de ahorro de energía, se ha elaborado un DB HE con cinco secciones, de modo que la primera, DB HE-1: *Limitación de la demanda energética*, se sitúa con toda lógica en primer lugar, ya que la energía más barata y más limpia es la no demandada. Las otras cuatro secciones son eficaces en la medida en que se haya limitado adecuadamente la demanda, y sirven para evaluar diversas medidas sobre la eficiencia de equipos de climatización (DB HE-2, es decir el nuevo RITE, *Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios*) e iluminación (DB HE-3), y sobre el aporte mínimo de energía solar, tanto para agua caliente sanitaria (DB HE-4) como para producción fotovoltaica de energía eléctrica (DB HE-5).

CTE Ahorro de Energía HE-1:

objetivo y campo de aplicación

La *Exigencia de limitación de la demanda energética*, tal y como se recoge en el Documento Básico CTE HE, supone un gran avance en el objetivo de mejorar la eficiencia energética de los edificios, a la vez que se mantienen condiciones adecuadas de bienestar térmico "...en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno, así como por sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, reduciendo el riesgo...de humedades de condensación...y tratando adecuadamente los puentes térmicos...".

Como ámbito de aplicación se especifican "*edificios de nueva construcción*", pero también "*rehabilitaciones de edificios existentes con una superficie útil superior a 1000 m² donde se sustituya más del 25% del total de sus cerramientos*".

Se excluyen del campo de aplicación:

- » edificaciones abiertas;
- » edificios y monumentos protegidos oficialmente, cuando el cumplimiento de tales exigencias pudiese alterar de manera inaceptable su carácter o aspecto;
- » edificios de culto;
- » construcciones provisionales (≤ 2 años);
- » instalaciones industriales, talleres y edificios agrícolas no residenciales;
- » edificios independientes con una superficie útil < 50 m².

CTE Ahorro de Energía HE-1:

procedimientos de verificación

A fin de facilitar la aplicación del DB HE-1, adecuando el esfuerzo del proyectista en función de los objetivos y las necesidades, se establecen dos opciones para el procedimiento de verificación:

➤ **Opción general**, donde se compara el edificio que se va a evaluar con un edificio de referencia que cumple exactamente con los valores prestacionales límites establecidos en el DB HE-1. Este cálculo global requiere modelización mediante soporte informático, y esta opción será la excepción, quedando restringida a edificios en que no sea aplicable la opción simplificada. El programa de referencia hasta ahora, proporcionado por la administración central, es LIDER (“**L**imitación de la **D**emanda **E**neRgética”). Sin embargo, en su versión actual parece excesivamente complejo y poco transparente para su aplicación en un cálculo reglamentario. Por otro lado, se piensa que la opción general debería basarse en un procedimiento de cálculo “comúnmente admitido” ya que, en cualquier caso, siempre será más fácil validar un programa según un procedimiento de cálculo, que no al revés. Además, para aplicar con facilidad la opción general, debería disponerse de pautas o indicaciones sobre valores “convencionales” para poder efectuar el cálculo, como, por ejemplo, ganancias internas, ventilación, tem-

peraturas interiores, temperaturas y radiaciones solares de los diversos emplazamientos, etc. Es de esperar que todos estos extremos de puedan ir aclarando en poco tiempo, aún más con el proceso de Certificación Energética de edificios en ciernes.

➤ **Opción simplificada**, donde se comparan los valores U medios de *transmitancia* térmica (antiguo coeficiente K de transmisión térmica) de los diversos cerramientos que componen la *envolvente*, con los valores *límite* para la zona climática de que se trate.

Además se compara el valor medio del llamado Factor Solar Modificado del hueco o lucernario con un valor límite, de cara al control energético en el período estival de refrigeración.

Esta opción es aplicable siempre que el porcentaje de huecos de cada fachada sea inferior al 60% de su superficie y que el porcentaje de lucernarios sea inferior al 5% de la superficie de cubierta, y que las ganancias internas sean $< 12 \text{ W/m}^2$.

Finalmente, en ambas opciones se controlan las condensaciones y las infiltraciones de aire.

CTE Ahorro de Energía HE-1:

caracterización y cuantificación de las Exigencias

La demanda energética de los edificios se limita en función del clima de la localidad y de la carga interna en sus espacios:

➤ En cuanto al clima se establecen 12 zonas climáticas identificadas mediante cinco letras (A, B, C, D, E) correspondientes a la división de invierno (siendo E la zona más fría), y cuatro números (1, 2, 3, 4), correspondientes a la división de verano (siendo 4 la zona más cálida). La zona climática donde se ubican los edificios se determinará a partir de los valores tabulados que se consignan a continuación para las diversas capitales de provincia. A cada capital se le asigna una altura de referencia. Para una localización con diferente altimetría se asignará la zona en función de la diferencia de altura que exista entre dicha localidad y la altura de referencia de la capital de su provincia. Si la diferencia de altura fuese menor de 200 m o la localidad se encontrase a una altura inferior que la de referencia, se tomará, para dicha localidad, la misma zona climática que la que corresponde a la capital de provincia. Por cierto, que tal consideración del CTE lleva a alguna situación localmente paradójica, como puede ocurrir, por ejemplo, en la llamada *Costa Tropical* granadina (Motril, Almuñecar, etc.) si debe tomar como referencia a la capital de provincia, Granada, con altura de referencia = 754 m.



Provincia	Capital	Altura de referencia (m)	Desnivel entre la localidad y la capital de su provincia (m)				
			≥200 <400	≥400 <600	≥600 <800	≥800 <1000	≥1000
Albacete	D3	677	D2	E1	E1	E1	E1
Alicante	B4	7	C3	C1	D1	D1	E1
Almería	A4	0	B3	B3	C1	C1	D1
Ávila	E1	1054	E1	E1	E1	E1	E1
Badajoz	C4	168	C3	D1	D1	E1	E1
Barcelona	C2	1	C1	D1	D1	E1	E1
Bilbao	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Burgos	E1	861	E1	E1	E1	E1	E1
Cáceres	C4	385	D3	D1	E1	E1	E1
Cádiz	A3	0	B3	B3	C1	C1	D1
Castellón (de la Plana)	B3	18	C2	C1	D1	D1	E1
Ceuta	B3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Ciudad real	D3	630	D2	E1	E1	E1	E1
Córdoba	B4	113	C3	C2	D1	D1	E1
Coruña (a)	C1	0	C1	D1	D1	E1	E1
Cuenca	D2	975	E1	E1	E1	E1	E1
Donostia-San Sebastián	C1	5	D1	D1	E1	E1	E1
Girona	C2	1353	D1	D1	E1	E1	E1
Granada	C3	754	D2	D1	E1	E1	E1
Guadalajara	D3	708	D1	E1	E1	E1	E1
Huelva	B4	50	B3	C1	C1	D1	D1
Huesca	D2	432	E1	E1	E1	E1	E1
Jaén	C4	436	C3	D2	D1	E1	E1
León	E1	346	E1	E1	E1	E1	E1
Lleida	D3	131	D2	E1	E1	E1	E1
Logroño	D2	379	D1	E1	E1	E1	E1
Lugo	D1	412	E1	E1	E1	E1	E1
Madrid	D3	589	D1	E1	E1	E1	E1
Málaga	A3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Melilla	A3	130	B3	B3	C1	C1	D1
Murcia	B3	25	C2	C1	D1	D1	E1
Ourense	C2	327	D1	E1	E1	E1	E1
Oviedo	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Palencia	D1	722	E1	E1	E1	E1	E1
Palma de Mallorca	B3	1	B3	C1	C1	D1	D1
Palmas de Gran Canaria (las)	A3	114	A3	A3	A3	B3	B3
Pamplona	D1	456	E1	E1	E1	E1	E1
Pontevedra	C1	77	C1	D1	D1	E1	E1
Salamanca	D2	770	E1	E1	E1	E1	E1
Santa Cruz de Tenerife	A3	0	A3	A3	A3	B3	B3
Santander	C1	1	C1	D1	D1	E1	E1
Segovia	D2	1013	E1	E1	E1	E1	E1
Sevilla	B4	9	B3	C2	C1	D1	E1
Soria	E1	984	E1	E1	E1	E1	E1
Tarragona	B3	1	C2	C1	D1	D1	E1
Teruel	D2	995	E1	E1	E1	E1	E1
Toledo	C4	445	D3	D2	E1	E1	E1
Valencia	B3	8	C2	C1	D1	D1	E1
Valladolid	D2	704	E1	E1	E1	E1	E1
Vitoria-Gasteiz	D1	512	E1	E1	E1	E1	E1
Zamora	D2	617	E1	E1	E1	E1	E1
Zaragoza	D3	207	D2	E1	E1	E1	E1

» En cuanto a la carga interna, a efectos de cálculo de la demanda energética, los espacios se clasifican en función de la cantidad de calor disipada en su interior, debido a la actividad realizada y al periodo de utilización de cada espacio, en las siguientes categorías:

- » Espacios con *baja carga interna*: espacios en los que se disipa poco calor. Son los espacios destinados principalmente a residir en ellos, con carácter eventual o permanente. En esta categoría se incluyen todos los espacios de edificios de viviendas y aquellas zonas o espacios de edificios asimilables a éstos en uso y dimensión, tales como habitaciones de hotel, habitaciones de hospitales y salas de estar, así como sus zonas de circulación vinculadas.
- » Espacios con *alta carga interna*: espacios en los que se genera gran cantidad de calor por causa de su ocupación, iluminación o equipos existentes. Son aquellos espacios no incluidos en la definición de espacios con baja carga interna. El conjunto de estos espacios conforma la zona de alta carga interna del edificio.

» **Opción simplificada.** Una vez que se ha determinado la zona climática y el tipo de espacio (normalmente de *baja carga interna*, como será el caso para todas las viviendas), se comprobará que la demanda energética sea inferior a la correspondiente a un edificio en el que los llamados “parámetros característicos” medios de los

cerramientos y particiones interiores que componen su *envolvente térmica*, sean los valores límites establecidos en las tablas 2.2 del CTE HE-1 (incluidas, parcialmente, a continuación).

Los parámetros característicos que definen la envolvente térmica se agrupan en los siguientes tipos:

- » transmitancia térmica de muros de fachada U_M ;
- » transmitancia térmica de cubiertas U_C ;
- » transmitancia térmica de suelos U_S ;
- » transmitancia térmica de cerramientos en contacto con el terreno U_T ;
- » transmitancia térmica de huecos U_H ;
- » factor solar modificado de huecos F_H ;
- » factor solar modificado de lucernarios F_L ;
- » transmitancia térmica de medianerías U_{MD} .

Pasemos, por tanto, a examinar las tablas de valores límites (tablas 2.2 del CTE Ahorro de Energía HE-1). Con el objeto de simplificar, de las 12 zonas posibles en las combinaciones establecidas en el Código entre condiciones invernales y estivales, se han elegido cinco, en correspondencia con las cinco zonas invernales, haciendo abstracción de los casos estivales, ya que las diferencias entre zonas 1, 2, 3 y 4 sólo afectan a los factores solares modificados de los huecos y lucernarios, pero no a los valores U de transmitancia térmica, ni de la parte ciega ni del hueco (destacados en color *rojo*).

ZONA CLIMÁTICA A

Ciudades de referencia: Almería, Cádiz, Málaga, Las Palmas de Gran Canaria, Santa Cruz de Tenerife

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno					U_{Mlim} 0,94 W/m ² K ⁽¹⁾					
Transmitancia límite de suelos					U_{Slim} 0,53 W/m ² K					
Transmitancia límite de cubiertas					U_{Clim} 0,50 W/m ² K					
Factor solar modificado límite de lucernarios					F_{Llim} 0,29 ⁽²⁾					
Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ U_{Hlim} [W/m ² K]					Factor solar modificado límite ⁽²⁾ de huecos F_{Hlim}					
					Baja carga interna			Alta carga interna		
% de huecos	N	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,7	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	4,7 (5,6)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	4,1 (4,6)	5,5 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,56	-	0,57
de 31 a 40	3,8 (4,1)	5,2 (5,5)	5,7	5,7	0,57	-	0,58	0,43	0,59	0,44
de 41 a 50	3,5 (3,8)	5,0 (5,2)	5,7	5,7	0,47	-	0,48	0,35	0,49	0,37
de 51 a 60	3,4 (3,6)	4,8 (4,9)	5,7	5,7	0,40	0,55	0,42	0,30	0,42	0,32

(1) En los casos en que la transmitancia media de los muros de fachada U_{Mm} sea inferior a 0,67 se podrá tomar el valor de U_{Hlim} indicado entre paréntesis para las zonas climáticas A3 y A4.

(2) Válido sólo para zona estival 4. Para el resto de zonas consúltese las tablas 2.2 del CTE HE-1.

ZONA CLIMÁTICA B

Ciudades de referencia: Alicante, Castellón (de la Plana), Córdoba, Huelva, Murcia, Palma de Mallorca, Sevilla, Tarragona, Valencia

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	U_{Mlim} 0,82 W/m ² K ⁽¹⁾									
Transmitancia límite de suelos	U_{Slim} 0,52 W/m ² K									
Transmitancia límite de cubiertas	U_{Clim} 0,45 W/m ² K									
Factor solar modificado límite de lucernarios	F_{Lim} 0,28 ⁽²⁾									
Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ U_{Hlim} [W/m ² K]	Factor solar modificado límite ⁽²⁾ de huecos F_{Hlim}									
	Baja carga interna					Alta carga interna				
% de huecos	N	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,4 (5,7)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,8 (4,7)	4,9 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	3,3 (3,8)	4,3 (4,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,55	-	0,57
de 31 a 40	3,0 (3,3)	4,0 (4,2)	5,6 (5,7)	5,6 (5,7)	0,55	-	0,58	0,42	0,59	0,44
de 41 a 50	2,8 (3,0)	3,7 (3,9)	5,4 (5,5)	5,4 (5,5)	0,45	-	0,48	0,34	0,49	0,36
de 51 a 60	2,7 (2,8)	3,6 (3,7)	5,2 (5,3)	5,2 (5,3)	0,39	0,55	0,41	0,29	0,42	0,31

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

(2) Válido sólo para zona estival 4. Para el resto de zonas consúltense las tablas 2.2 del CTE HE-1.

ZONA CLIMÁTICA C

Ciudades de referencia: Badajoz, Barcelona, Bilbao, Cáceres, (A) Coruña, Girona, Granada, Jaén, Orense, Oviedo, Pontevedra, Toledo, Santander, San Sebastián-Donosti

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	U_{Mlim} 0,73 W/m ² K ⁽¹⁾									
Transmitancia límite de suelos	U_{Slim} 0,50 W/m ² K									
Transmitancia límite de cubiertas	U_{Clim} 0,41 W/m ² K									
Factor solar modificado límite de lucernarios	F_{Lim} 0,27 ⁽²⁾									
Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ U_{Hlim} [W/m ² K]	Factor solar modificado límite ⁽²⁾ de huecos F_{Hlim}									
	Baja carga interna					Alta carga interna				
% de huecos	N	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,4 (4,2)	3,9 (4,4)	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9 (3,3)	3,3 (3,8)	4,3 (4,4)	4,3 (4,4)	-	-	-	0,54	-	0,56
de 31 a 40	2,6 (2,9)	3,0 (3,3)	3,9 (4,1)	3,9 (4,1)	0,54	-	0,56	0,41	0,57	0,43
de 41 a 50	2,4 (2,6)	2,8 (3,0)	3,6 (3,8)	3,6 (3,8)	0,47	-	0,46	0,34	0,47	0,35
de 51 a 60	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,5 (3,6)	3,5 (3,6)	0,38	0,53	0,39	0,29	0,40	0,30

(1) En los casos en que la transmitancia media de los muros de fachada U_{Mm} sea inferior a 0,52 se podrá tomar el valor de U_{Hlim} indicado entre paréntesis para las zonas climáticas C1, C2, C3 y C4.

(2) Válido sólo para zona estival 4. Para el resto de zonas consúltense las tablas 2.2 del CTE HE-1.

ZONA CLIMÁTICA D

Ciudades de referencia: Albacete, Ciudad Real, Cuenca, Guadalajara, Huesca, Logroño, Lugo, Lleida, Madrid, Palencia, Pamplona-Iruña, Salamanca, Segovia, Teruel, Valladolid, Vitoria-Gasteiz, Zamora, Zaragoza

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	U_{Mlim} 0,66 W/m ² K ⁽¹⁾									
Transmitancia límite de suelos	U_{Slim} 0,49 W/m ² K									
Transmitancia límite de cubiertas	U_{Clim} 0,38 W/m ² K									
Factor solar modificado límite de lucernarios	F_{Lim} 0,28 ⁽²⁾									
Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ U_{Hlim} [W/m ² K]	Factor solar modificado límite ⁽²⁾ de huecos F_{Hlim}									
	Baja carga interna						Alta carga interna			
% de huecos	N	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	3,5	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,0 (3,5)	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,5 (2,9)	2,9 (3,3)	3,5	3,5	-	-	-	0,54	-	0,57
de 31 a 40	2,2 (2,5)	2,6 (2,9)	3,4 (3,5)	3,4 (3,5)	-	-	-	0,42	0,58	0,45
de 41 a 50	2,1 (2,2)	2,5 (2,6)	3,2 (3,4)	3,2 (3,4)	0,50	-	0,53	0,35	0,49	0,37
de 51 a 60	1,9 (2,1)	2,3 (2,4)	3,0 (3,1)	3,0 (3,1)	0,42	0,61	0,46	0,30	0,43	0,32

(1) Cuando la transmitancia media de los muros de fachada U_{Mm} sea inferior a 0,47 se podrá tomar el valor de U_{Hlim} indicado entre paréntesis para las zonas climáticas D1, D2 y D3.

(2) Válido sólo para zona estival 3. Para el resto de zonas consúltense las tablas 2.2 del CTE HE-1.

ZONA CLIMÁTICA E ⁽²⁾

Ciudades de referencia: Ávila, Burgos, León, Soria

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	U_{Mlim} 0,57 W/m ² K ⁽¹⁾									
Transmitancia límite de suelos	U_{Slim} 0,48 W/m ² K									
Transmitancia límite de cubiertas	U_{Clim} 0,35 W/m ² K									
Factor solar modificado límite de lucernarios	F_{Lim} 0,36 ⁽²⁾									
Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ U_{Hlim} [W/m ² K]	Factor solar modificado límite ⁽²⁾ de huecos F_{Hlim}									
	Baja carga interna						Alta carga interna			
% de huecos	N	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	3,1	3,1	3,1	3,1	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,1	3,1	3,1	3,1	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,6 (2,9)	3,0 (3,1)	3,1	3,1	-	-	-	-	-	-
de 31 a 40	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,1	3,1	-	-	-	0,54	-	0,56
de 41 a 50	2,0 (2,2)	2,4 (2,6)	3,1	3,1	-	-	-	0,45	0,60	0,49
de 51 a 60	1,9 (2,0)	2,3 (2,4)	3,0 (3,1)	3,0 (3,1)	-	-	-	0,40	0,54	0,43

(1) Cuando la transmitancia media de los muros de fachada U_{Mm} sea inferior a 0,43 se podrá tomar el valor de U_{Hlim} indicado entre paréntesis.

(2) Para la zona invernal E sólo hay en correspondencia una zona estival: la 1. O sea, la tabla ofrecida es válida para todas las localidades de la zona E.

Los valores *U límites* anteriores son los valores superiores que pueden llegar a tener los valores *U medios* que caractericen a cada cerramiento y partición interior de la envolvente térmica. Por tanto, son la referencia principal a la hora de cuantificar la Exigencia. Sin embargo, con el fin de que localmente no haya desviaciones excesivas respecto del valor medio, se considera también un valor *U máximo*, de modo que, por ejemplo, no haya paños o tramos de cerramiento donde, por el motivo que fuera, se hubiera aislado muy por encima de la media necesaria, pero a costa de no aislar en absoluto en otro paño o

tramo del cerramiento. Es lo que el CTE HE-1 explica cuando dice que el objetivo es “evitar descompensaciones entre la calidad térmica de diferentes espacios”.

Los valores *U máximos* vienen a ser un 30% mayores que los valores *U límites*. Se muestran en la siguiente tabla (que es la tabla 2.1 de CTE HE-1; todos los valores vienen en $W/m^2 \cdot K$). Como se puede observar, no se consideran los puentes térmicos a estos efectos de evitar “descompensaciones”. Esta tabla es de aplicación tanto para la opción simplificada como para la general.

Cerramientos y particiones interiores	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Muros de fachada, particiones interiores en contacto con espacios no habitables, primer metro del perímetro de suelos apoyados sobre el terreno ⁽¹⁾ y primer metro de muros en contacto con el terreno	1,22	1,07	0,95	0,86	0,74
Suelos	0,69	0,68	0,65	0,64	0,62
Cubiertas	0,65	0,59	0,53	0,49	0,46
Vidrios y marcos ⁽²⁾	5,70	5,70	4,40	3,50	3,10
Medianerías	1,22	1,07	1,00	1,00	1,00

(1) Se incluyen las losas o soleras enterradas a una profundidad no mayor de 0,5 m

(2) Las transmitancias térmicas de vidrios y marcos se compararán por separado.

Finalmente, en edificios de viviendas, las *particiones interiores* que limitan las *unidades de uso* con sistema de calefacción previsto en el proyecto, con las zonas comunes del edificio no calefactadas, tendrán cada una de ellas una transmitancia no superior a $1,2 W/m^2 \cdot K$.

Hay dos aspectos incluidos para satisfacer la Exigencia:

» El control de las condensaciones, tanto superficiales como intersticiales.

Las condensaciones superficiales en los cerramientos y particiones interiores que componen la envolvente térmica del edificio, se limitarán de forma que se evite la formación de mohos en su superficie interior. Para ello, en aquellas superficies interiores de los cerramientos que puedan absorber agua o susceptibles de degradarse y especialmente en los puentes térmicos de los mismos, la humedad relativa media mensual en dicha superficie será inferior al 80%.

Las condensaciones intersticiales que se produzcan en

los cerramientos y particiones interiores que componen la envolvente térmica del edificio serán tales que no produzcan una merma significativa en sus prestaciones térmicas o supongan un riesgo de degradación o pérdida de su vida útil. Además, la máxima condensación acumulada en cada periodo anual no será superior a la cantidad de evaporación posible en el mismo periodo.

» La permeabilidad al aire.

Las carpinterías de los huecos (ventanas y puertas) y lucernarios de los cerramientos se caracterizan por su permeabilidad al aire. La permeabilidad al aire de las carpinterías, medida, conforme al método de ensayo UNE EN 1026:2000, con una sobrepresión de 100 Pa, tendrá unos valores inferiores a los siguientes:

- » para las zonas climáticas A y B: $50 m^3/h \cdot m^2$ (clases 1, 2, 3 y 4 según UNE EN 12207:2000)
- » para las zonas climáticas C, D y E: $27 m^3/h \cdot m^2$ (clases 2, 3 y 4 según UNE EN 12207:2000)

Reglamento de instalaciones
Térmicas de los Edificios (RITE)

La transposición parcial de la Directiva 2002/92/CE requiere modificar el RITE, aprobado por Real Decreto 1751/1998, de 31 de julio.

El objeto es el de fijar los requisitos mínimos de eficiencia energética que deben cumplir las instalaciones (equipos, aparatos, conducciones y accesorios) de los edificios nuevos y existentes, y un procedimiento de inspección periódica de calderas y de los sistemas de aire acondicionado. La obligatoria aplicación es desde el 4 de Enero del 2006.

A diferencia del RITE del 98, en el del 2006, en términos de aislamiento térmico, se especifica el espesor para aislar el exterior de los conductos y, además, la conductividad térmica del aislante tomada como referencia es a una temperatura de ensayo de 10 °C y no a 20 °C (mismo procedimiento que el marcado CE).

λ en W/mk 0,040 a 20 °C		Revisión	λ en W/mk 0,040 a 20 °C		
↑		→	↑		
Aire	Espesor (mm)		Aire	Interior (mm)	Exterior (mm)
Caliente	20	→	Caliente	20	30
Frío	30	→	Frío	30	50

Decret d'Ecoeficiència de la
Generalitat de Catalunya

El Gobierno de la Generalitat redacta este Decreto de adopción de criterios de ecoeficiencia energética de cualquier tipo de edificio que no sea industrial, siendo el objetivo el transmitir la mejora de sostenibilidad, y aconsejar sobre los sistemas constructivos que funcionan y son mejores. Hace mención a el agua, la energía, los residuos y los materiales y sistemas constructivos

En el aislamiento se exige mejorar el coeficiente U de muros, limitándolo a 0,70 W/m²K, y en medianeras, aumentar el aislamiento acústico hasta los 48 dB (tres más). Aparece un listado con diferentes opciones (soluciones constructivas) a elegir, con la obligatoriedad de llegar a una puntuación mínima de 10.

Algunas de estas opciones son:

Solución constructiva	Puntos
Reducir el coeficiente U en fachada exterior un 10%, 20% o 30%	4, 6, 8
Disminuir la transmisión de ruido de impacto a 74 dB (actualmente 80 dB)	5
Incorporar una fachada ventilada	5
Cubierta ajardinada	5
Cubierta ventilada	5

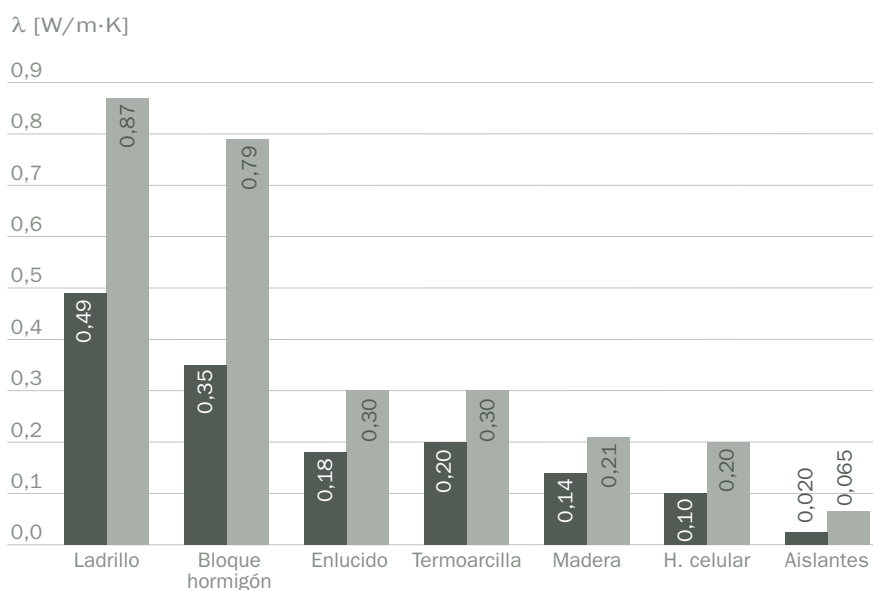
Una de las familias de productos utilizados en el edificio debe tener una declaración ambiental. Entró en vigor a los 6 meses de su publicación en el Diario Oficial de la Generalitat de Catalunya. Cuidado con la clasificación de zonas climáticas que es diferente a la del CTE.

Propiedades de los aislamientos térmicos

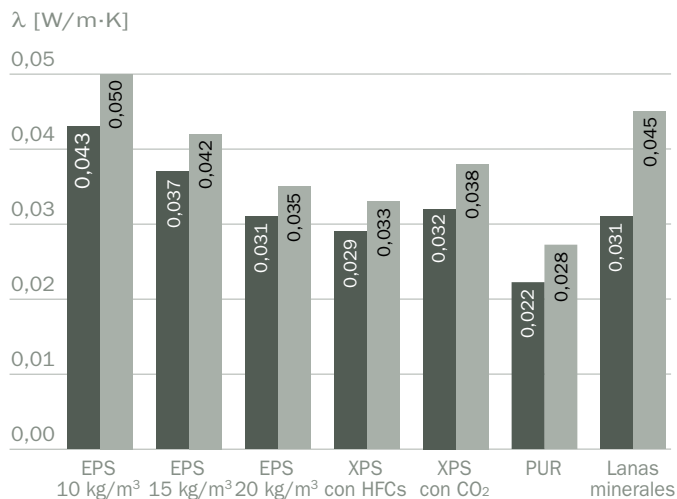
Los aislamientos térmicos funcionan reduciendo *intensamente* la Transmitancia Térmica (valor U, antiguo coeficiente K) a través de la superficie *envolvente* del edificio. Se puede ver desde la inversa, la Resistencia Térmica, que es, así, aumentada todo lo posible.

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*, λ (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 λ de diversos materiales de construcción



Rangos típicos de valores λ 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.

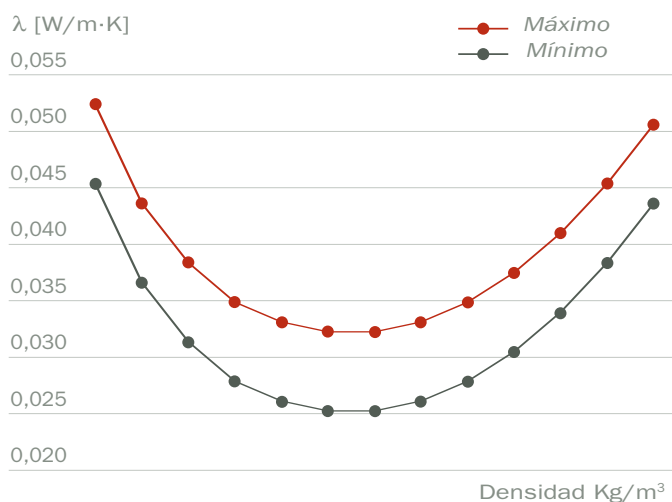
Por tanto, las conductividades térmicas de los diversos materiales aislantes presentes usualmente en el mercado oscilan entre valores de 25 y 50 mW/m°C. Como regla empírica, válida en una mayoría de soluciones constructivas, podemos tomar 1 cm más necesario de espesor de aislamiento térmico por cada 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 λ 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

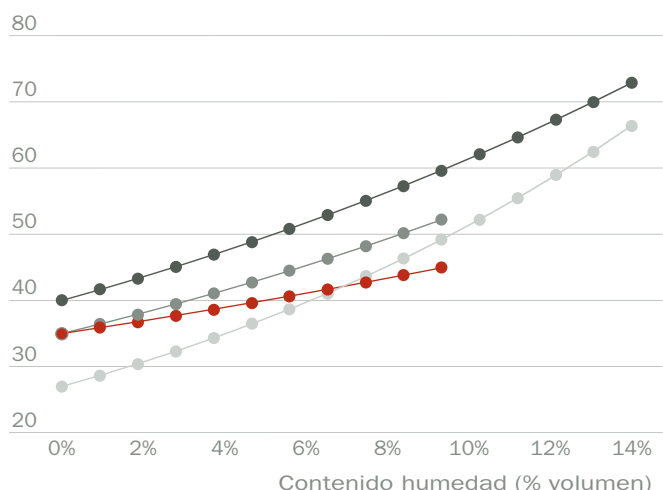
Los valores referidos para lanas minerales en el gráfico, no proceden del ensayo de absorción a largo plazo UNE EN 12087, sino de ensayos a corto plazo (48 horas). Por tanto, caracterizan al producto pero no permiten la comparación en las mismas condiciones con los demás aislamientos térmicos. Se puede 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

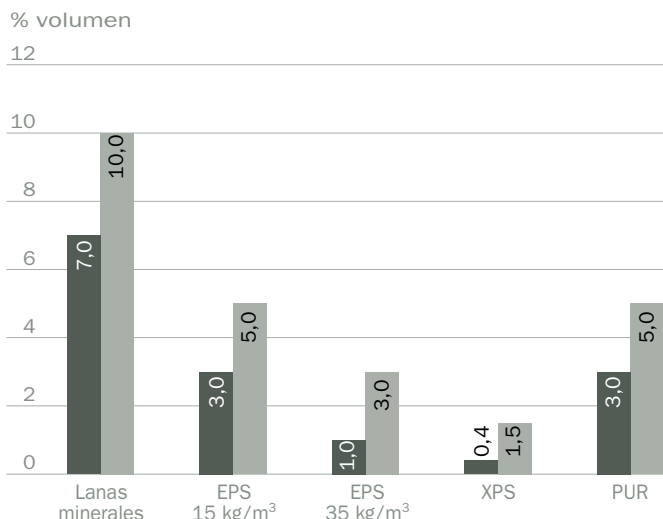
$$\lambda = \lambda_{\text{initial}} * F_m$$

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

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



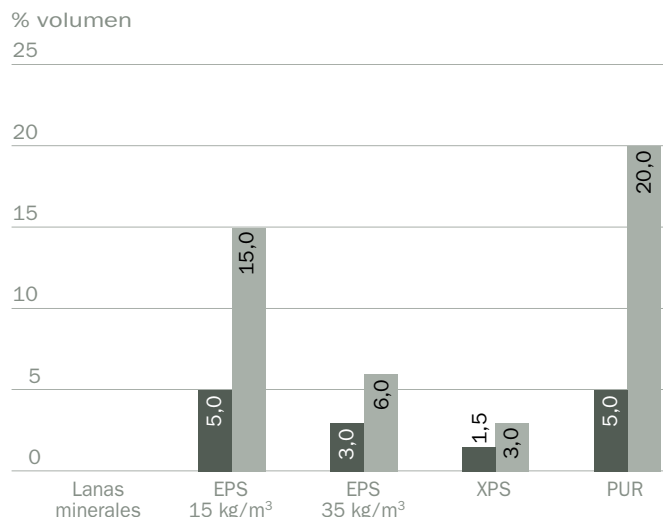
Valor λ en función del contenido de humedad (según EN ISO 10456)



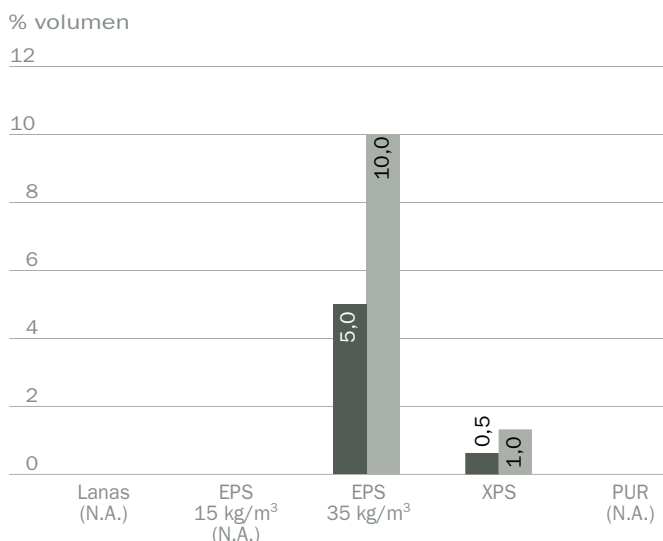
Resultados típicos en el ensayo de absorción de agua por inmersión.
Fuente: Overview of Physical Properties of Cellular Thermal Insulations, Insulations Materials, Testing and Applications, ASTM STP 1030.

“ 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 μ , "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.

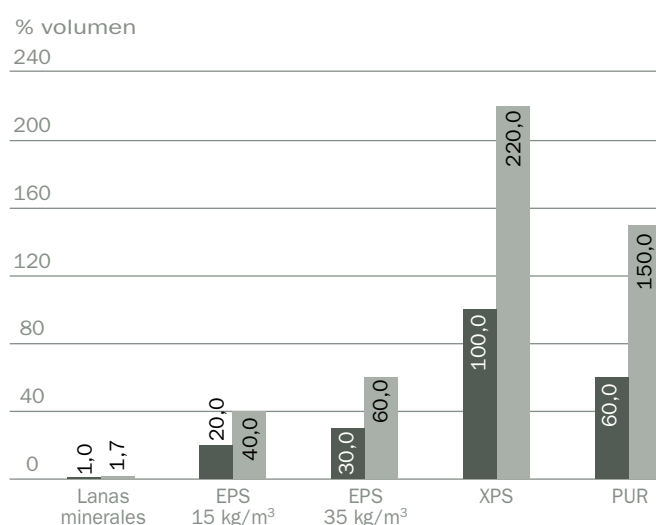
Efectivamente, la patología de humedades más compleja y difícil de controlar se verifica cuando tiene su origen en procesos de condensación, en particular condensación intersticial, es decir, en el interior de los cerramientos.

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.

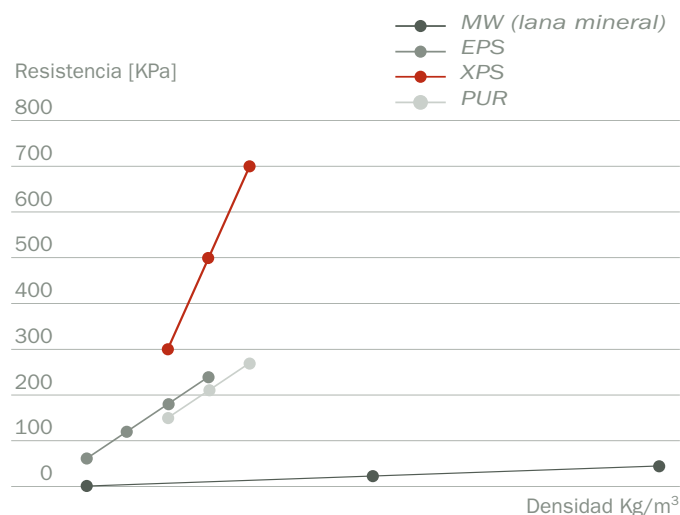
La razón estriba en que, desde luego, el aislamiento térmico, si lo es, va a reducir el flujo de calor intensamente. Como consecuencia el gradiente de temperaturas experimenta un salto muy fuerte y continuo en el espesor del aislante. Esto significa que en la "cara fría" del aislante la temperatura es 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.

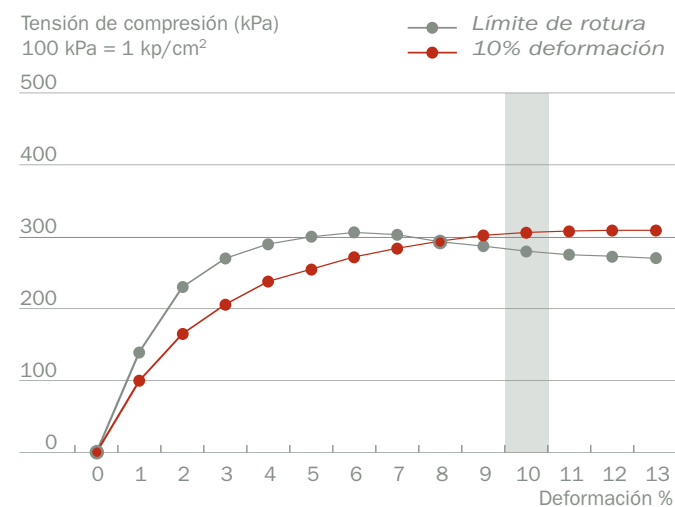
De hecho con la definición más habitual de barrera de vapor se suele dar un valor mínimo de resistencia a la difusión del vapor que es satisfecho por estos aislamientos «higrotérmicos». Es decir, a estos efectos son también barrera de vapor (aunque no lo sean bajo la más conocida forma, laminar, de la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



Resultados típicos en el ensayo de resistividad a la difusión de vapor (factor μ)



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

Habría que evaluar cualquier aplicación donde el aislamiento se encuentre sometido a cargas permanentes, como es el caso de muchos aislamientos colocados 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 todos 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

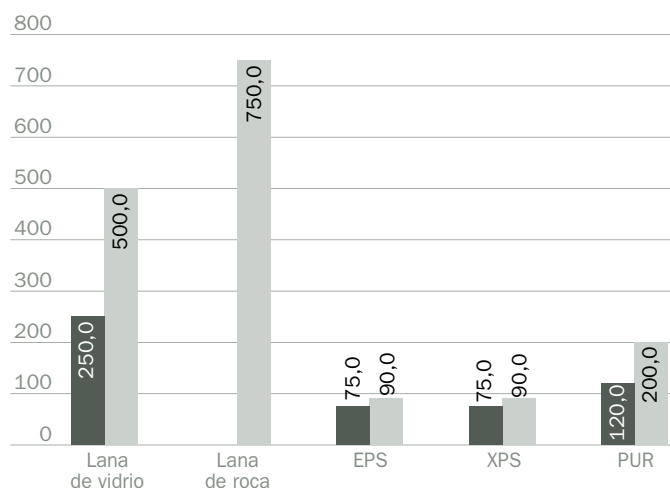
› Por otro lado, como se recoge explícitamente en las nuevas normas europeas,

“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 Marcado 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 *Marcado CE*. Ostentar dicho Marcado 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 marcado 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 marcado CE

	Logotipo del marcado CE
XXX	Es el nombre y dirección completa del fabricante
04	Últimos dos dígitos del año en el que se inició la colocación del Marcado CE (este número se mantendrá en el futuro mientras que no se modifique el producto, lo que daría lugar a un nuevo Marcado CE)
UNE-EN 13164	Nº de norma armonizada (ejemplo: XPS)
YYY	Corresponde a la identificación del producto
Clasificación al fuego: Euroclase Conductividad: $\lambda_D = 0.0... \text{ W/m}\cdot\text{K}$ Resistencia térmica: $RD = \text{... m}^2\cdot\text{K/W}$ Espesor: ... 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 marcado 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 marcado CE, en recuadros diferenciados, en el lateral o por debajo del marcado CE.

CASO 2 etiqueta de un producto con sólo la Marca voluntaria (como la N, o sea, sin marcado 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 marcado 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 marcado 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 marcado 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

	Logotipo del marcado CE
XXX	XXX es el nombre y dirección completa del fabricante.
04	04 últimos dos dígitos del año en el que se inició la colocación del Marcado CE (este número se mantendrá en el futuro mientras que no se modifique el producto, lo que daría lugar a un nuevo Marcado CE)
UNE-EN 13164	UNE-EN 13164: N° de norma armonizada (ejemplo: XPS)
YYY	YYY corresponde a la identificación del producto.
Clasificación al fuego : Euroclase Conductividad: $\lambda_D = 0.0... W/m \cdot K$ Resistencia térmica: $RD = ... m^2 \cdot K/W$ Espesor: ...mm.	Características declaradas por el fabricante de la tabla ZA-1
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).
	Logotipo de la Marca Voluntaria
N° de certificado: 020/aaa	aaa es el número de certificado de AENOR
Código de designación (características certificadas)	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.

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 ₁ ,i ₂ ,10-25-50)i	Fluencia a compresión, nivel i, para una deformación por fluencia i ₂ (en %), una deformación total i ₁ (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

λ_D	Símbolo	Unidades	Observaciones
λ	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 ² ·K/W	El valor declarado de la Resistencia térmica se obtiene a partir del redondeo a la baja (0,05 m ² ·K/W) del valor estadístico que representa al 90% de los productos y al 90% del valor declarado. Por ejemplo, para el caso anterior un producto de 6 cm de espesor: $R_{90/90} = 1,74$ [m ² ·K/W] implica $R_D = 1,70$ [m ² ·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 marcado 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 *marcado 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 *marcado 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 *marcado 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 *marcado CE* y una marca voluntaria de calidad, como la marca AENOR:

Marcado 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 *marcado 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”.

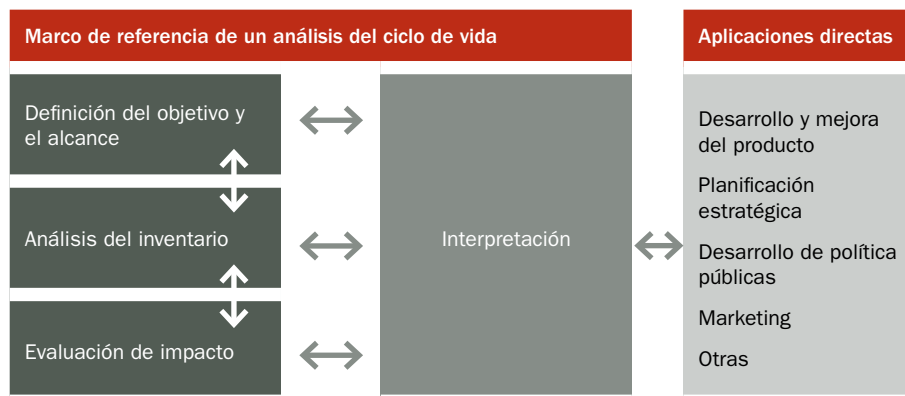
Esta es la primera definición consensuada y más utilizada hasta el momento, realizada por la Sociedad de Química y Toxicología Ambiental (SETAC, Society of Environmental Toxicology and Chemistry).

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.

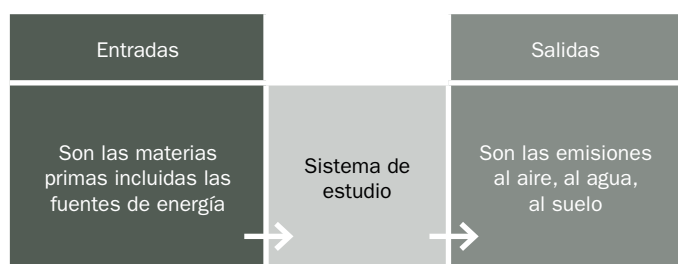
A nivel internacional se cuenta con la norma *ISO 14040:2006 “Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia”*. Esta norma establece una nueva definición: “El ACV es una técnica para determinar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados con un producto: 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 realizan 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

Reglamento (CE) Nº 66/2010 del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de noviembre de 2009 relativo a la etiqueta ecológica de la UE



El objetivo es establecer un sistema comunitario voluntario de concesión de etiqueta ecológica para promover productos con un impacto medioambiental reducido durante todo su ciclo de vida y proporcionar a los consumidores información exacta, no engañosa y con base científica sobre su impacto medioambiental.

Certificación Medioambiental de Edificios

Certificaciones obligatorias

RD 47/2007 (19 enero 2007), Procedimiento Básico para la Certificación Energética de edificios de nueva construcción

Por Real Decreto 47/2007 de 19 de enero (BOE del 31 de enero de 2007) se dio aprobación al “Procedimiento básico para la certificación energética de edificios de nueva construcción”

A pesar del título, afecta también a “modificaciones, reformas o rehabilitaciones de edificios existentes, con una superficie útil superior a 1000 m² donde se renueve más del 25% del total de sus cerramientos”. En definitiva, la misma prescripción establecida en la Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a la eficiencia energética de los edificios. De hecho, el Real Decreto 47/2007 la transpone parcialmente.

Por tanto, siguiendo las pautas de la Directiva, el Decreto sobre certificación energética de edificios tiene como objetivo “establecer el Procedimiento básico que debe cumplir la metodología de cálculo de la calificación energética, con el que se inicia el proceso de certificación”. Además, se establecen en él “las condiciones técnicas y administrativas para las certificaciones de eficiencia energética de los proyectos y los edificios terminados”. Es de destacar que se puede diferenciar entre certificación para el proyecto o certificación para el edificio terminado.

Asimismo “se aprueba un distintivo común... denominado etiqueta de eficiencia energética”. Se establecen para dicho etiquetado, como se verá más adelante, 7 calificaciones denominadas con las primeras letras, en mayúscula, del alfabeto: A, B, C, D, E, F, G, de mayor a menor eficiencia energética.

Hubo un periodo de seis meses para la aplicación voluntaria de lo establecido en el Decreto, de modo que tras dicho periodo su aplicación resultó ya obligatoria (*Disposición Transitoria Segunda*). La entrada en vigor del Real Decreto 47/2007, según su *Disposición Final Tercera*, fue a los tres meses de su publicación en el BOE, es decir, el 30 de abril de 2007. Por tanto desde el 1 de noviembre de 2007 es de obligatoria aplicación.

Pasemos a examinar con algún detalle los principales conceptos tal y como se recogen en su articulado.

Certificación de la Eficiencia Energética de un Edificio EEE

Calificación de la EEE Opciones general y simplificada

De acuerdo con el Art. 4 del Decreto habrá dos opciones para obtener la **calificación de eficiencia energética** al igual que pasa con las opciones de verificación de CTE HE-1:

➤ **Opción general**, de carácter prestacional, a través de un programa informático que desarrolla de modo directo la metodología de cálculo. La administración ha promovido el desarrollo de un programa de referencia, CALENER (CALificación ENERgética), que está enlazado con el programa LIDER para el

“se aprueba un distintivo común... denominado etiqueta de eficiencia energética”.

cumplimiento de CTE HE-1. Igualmente está abierta la posibilidad de desarrollar programas alternativos, *“que tendrán la consideración de documentos reconocidos y se inscribirán en el Registro”* general de Documentos Reconocidos (D.R.) para la certificación energética, registro del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio con carácter público e informativo.

» **Opción simplificada**, de carácter *prescriptivo*, como forma indirecta de desarrollar la metodología de cálculo. El Real Decreto dice que *“el alcance y desarrollo de esta opción será aprobado en un D.R. y se inscribirá en el Registro”* mencionado. Por consiguiente, para la aplicación de esta opción, hay que estudiar sus disposiciones en el D.R. correspondiente. En general, siguiendo la opción *simplificada* se abrirá la posibilidad de que el edificio alcance una clasificación E, que coincide con el mero cumplimiento de las exigencias de CTE HE-1. Por tanto, en principio, la opción *simplificada* dará acceso a dicha Calificación. Además, será factible desarrollar procedimientos simplificados para poder promocionar a calificaciones mejores, en función de una serie de medidas que pueda incorporar el edificio (a modo de una “check-list”, lista de comprobaciones).

NOTA: Se pueden descargar documentos sobre los procedimientos simplificados y también sobre las condiciones de los programas alternativos para la aplicación de la opción general desde la página web del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, cuya dirección es: <http://www.mityc.es>

Certificación de la EEE

Una vez que el edificio haya sido calificado, se podrá pasar (Art. 5) a su certificación, *“proceso por el que se verifica la conformidad de la calificación...obtenida por el proyecto del edificio y por el edificio terminado”*. El resultado es el certificado de eficiencia energética del edificio terminado.

Dicho certificado *“contendrá como mínimo la siguiente información”*:

- » Identificación del edificio.
- » Normativa energética de aplicación.
- » Opción elegida para la calificación (general o simplificada).
- » Descripción de las características energéticas del edificio.
- » Calificación mediante el etiquetado correspondiente.
- » *“Descripción de las pruebas, comprobaciones e inspecciones llevadas a cabo durante la ejecución del edificio”*.

Certificado EEE en fase de proyecto

Como señala el Art. 6 del Real Decreto, relativo al **Certificado del proyecto**, *“el certificado de eficiencia energética del proyecto será suscrito por el proyectista del edificio o del proyecto parcial de sus instalaciones térmicas, y*

quedará incorporado al proyecto de ejecución”. Se trata de explicitar lo que se quiere conseguir.

Certificado EEE al edificio terminado

Del mismo modo, el Art. 7, relativo al **Certificado del edificio** terminado, señala que *“será suscrito por la dirección facultativa de la obra,...y en él se expresará que el edificio ha sido ejecutado de acuerdo con lo expresado en el proyecto...”*. Aquí se trata de explicitar lo que en realidad se ha conseguido y, por ello, puede ocurrir que incorpore modificaciones al proyecto. Este Certificado se presenta al órgano competente de la Comunidad Autónoma, que llevará Registro de los Certificados emitidos en su territorio. Además quedará incorporado al Libro del Edificio.

Control externo e inspección

Entonces, *“el certificado...debe presentarse, por el promotor o el propietario, en su caso, al Órgano competente de la Comunidad Autónoma (C.A.)”*. De hecho (Art. 8), *“el Órgano competente de la C.A. establecerá, en su caso, el alcance del control externo y el procedimiento a seguir para realizarlo”*. Se define la figura de *“agentes autorizados”*, como *“organismos o entidades de control acreditadas...o técnicos independientes cualificados conforme al procedimiento que establezca el órgano competente de la C.A.”*

Igualmente (Art. 9), *“el Órgano competente de la C.A. dispondrá cuantas inspecciones sean necesarias con el fin de comprobar y vigilar el cumplimiento de la certificación energética de edificios”*. Parece muy probable que organizar todo esto lleve a las CC.AA. mucho más de seis meses...pero, mientras, los proyectistas y direcciones facultativas habrán debido empezar con la calificación energética de los proyectos y edificios de los que son responsables.

No hay que entender este control tanto como una prevención de posibles fraudes (parece que los Estados siguen partiendo del principio de presunción de inocencia...), sino por la dificultad técnica, nada trivial, que entraña la calificación.

Validez del Certificado

Siguiendo las directrices de la Directiva 2002/91/CE se define (Art. 10) un periodo máximo de validez para el certificado de 10 años.

Etiqueta de eficiencia energética

En cuanto a la **etiqueta de eficiencia energética** (Art. 11) se incluirá *“en toda oferta, promoción y publicidad dirigida a la venta o arrendamiento del edificio. Deberá figurar siempre, de forma clara e inequívoca en la etiqueta, si se refiere al certificado...del proyecto o al del edificio terminado”*. Hay, en particular (Art. 12, siguiendo de nuevo las

disposiciones de la Directiva 2002/91/CE), la obligación de exhibir la etiqueta “en lugar destacado y claramente visible por el público...en edificios ocupados por la Admón. Pública o instituciones que presten servicios públicos”.

Es interesante la siguiente disposición, de puro sentido común, procedente también de la Directiva repetidamente mencionada:

“También podrá indicarse la gama de temperaturas interiores recomendadas y manifestar las registradas en cada momento”

¿Por qué?. Muy sencillo: de poco vale toda la eficiencia energética “construida” si el uso del edificio no es eficiente en absoluto y en vez de 20-22 °C recomendados, tenemos, por ejemplo, registros invernales entre 24 °C y 27 °C (y al revés, en verano). En definitiva se trata de disuadir al usuario de un uso del edificio tan ineficiente como derrochador.

Por otro lado (Art. 13), “cuando se venda o alquile un edificio, total o parcialmente, el vendedor o arrendador entregará al comprador o inquilino...el certificado...del edificio terminado o, en su caso, de la parte adquirida o arrendada”. “Para las viviendas o locales destinados a uso independiente...situados en un mismo edificio, la certificación...se basará, como mínimo, en una certificación única de todo el bloque o alternativamente en la de una o varias viviendas o locales representativos del mismo edificio...”.

Metodología de cálculo: especificaciones técnicas

(Anexo 1 del RD 47/2007)

Al igual que en LIDER, la certificación energética se plantea mediante la comparación entre el edificio-objeto que se va a certificar y un edificio de referencia que satisfaga “los requisitos mínimos de eficiencia energética que figuren en la opción simplificada” de CTE HE-1, relativos a limitación de la demanda energética. Igualmente dicho edificio de referencia satisfará los requisitos para CTE HE-2, relativos a instalaciones térmicas; para CTE HE-3, relativos a iluminación; para CTE HE-4, relativos a contribución solar mínima para A.C.S. y, en los casos en que corresponda, para CTE HE-5, relativos a contribución solar fotovoltaica mínima.

Se señala que para el cálculo de la eficiencia energética se parte de unas “condiciones normales de funcionamiento y ocupación del edificio, que estarán recogidas en un documento reconocido, en función de los distintos usos de los edificios”. Cuando se siga la opción general, el programa informático calculará “el consumo de energía final hora a hora”, a partir de la demanda horaria y del rendimiento medio horario de los equipos y sistemas.

Además el programa informático deberá contemplar aspectos que van desde la orientación del edificio y las condiciones ambientales y climáticas, hasta las características térmicas de los cerramientos del edificio, las instalaciones térmicas, la ventilación e iluminación naturales o los sistemas solares, tanto pasivos como activos.

Etiqueta de eficiencia energética

(Anexo 2 del RD 47/2007)

La etiqueta de calificación energética de edificios en territorio español se ajustará al modelo siguiente:

Calificación Energética de Edificios proyecto/edificio terminado	
Más	
	A
	B
	C
	D
	E
	F
	G
Menos	
Edificio: _____	
Localidad/Zona climática: _____	
Uso del edificio: _____	
Consumo Energía Anual: _____ kWh/año	
_____ kWh/m ²	
Emisiones de CO ₂ Anual: _____ KgCO ₂ /año	
_____ KgCO ₂ /m ²	
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.	
El Consumo real de Energía del Edificio y sus Emisiones de Dióxido de Carbono dependerán de las condiciones climáticas, entre otros factores.	

Ahora bien, ¿cómo se puede interpretar la etiqueta de EEE?

Como se indica en la Directiva 2002/91/CE “El certificado de eficiencia energética de un edificio deberá incluir valores de referencia tales como la normativa vigente y valoraciones comparativas, con el fin de que los consumidores puedan comparar y evaluar la eficiencia energética del edificio”. Entonces, para poder establecer la comparación, el RD 47/2007 plantea lo siguiente:

› ¿Qué se compara? Unos **indicadores de comportamiento energético**, que, como se puede comprobar en la etiqueta, expresan magnitudes energéticas y/o emisiones de CO₂ por m² de superficie útil de un determinado edificio (el edificio-objeto) en una determinada localidad bajo unas condiciones estándar, tanto climáticas como de operación.

“En el caso español, la decisión, política, ha sido determinar como indicador principal, las emisiones de CO₂ (kg/m²·año) y como indicadores complementarios, todos los demás: consumo de energía primaria (kWh/m²·año), demanda de calefacción (kWh/m²·año), demanda de refrigeración (kWh/m²·año), etc.

» ¿Frente a qué se compara? en el caso de viviendas se ha partido de un **grado de similitud** dado por edificios situados en el mismo clima y que tengan el mismo uso, distinguiendo viviendas unifamiliares de vivienda en bloque (pisos). En el caso de sector terciario se ha partido de un grado de similitud dado por edificios que tengan el mismo uso y la misma forma, dimensión, orientación de fachadas y relación parte vano/macizo (hueco/parte ciega del muro).

» ¿Cómo se expresa la comparación? Mediante una **escala de calificación**. Esto requiere una explicación algo más detallada:

- » En primer lugar hay que introducir el concepto de **Indicador de Eficiencia Energética (IEE)**, que es el ratio entre un indicador de comportamiento energético de una opción determinada y un valor de referencia. Si es menor que 1 significa que la opción elegida es mejor que la de referencia.
- » Dicho IEE toma, para viviendas, un valor de referencia que es la media de la población de viviendas que cumplen CTE HE.
- » Para edificios del sector terciario, sin embargo, el valor de referencia que toma el IEE es el correspondiente al edificio de referencia del *edificio-objeto*, es decir, es autoreferente porque no hay valores de referencia estadísticos, es decir, no hay suficientes patrones o tipologías repetitivas.
- » Una vez obtenidos los IEE queda determinar los límites de la escala, es decir, falta situar el valor de referencia y el ancho de las diversas clases (dadas por las letras de la etiqueta). Para ello, a partir de valores medios, situados en la clase D, y sus desviaciones, se hace una distribución en que se sitúa el 90% de los edificios cumpliendo CTE HE estrictamente dentro de las clases D (55%) y C (35%). El resto de edificios que cumplen estrictamente CTE HE se sitúan en B (5%) y E (otro 5%).
- » Finalmente se llega a los Índices de calificación energética, que son los que se recogen en la escala de calificación:

• Para vivienda, tanto unifamiliar como en bloque, se obtienen los Índices C1 y C2, a partir de los IEE y según las fórmulas siguientes:

$$C1 = \frac{\left(\frac{I_{\text{objeto}}}{I_{\text{reglamentación}}} R\right) - 1}{2(R - 1)} + 0.6$$

(viviendas nueva planta, según CTE)

$$C2 = \frac{\left(\frac{I_{\text{objeto}}}{I_{\text{stock}}} R'\right) - 1}{2(R' - 1)} + 0.5$$

(viviendas existentes)

donde:

» $I_{\text{objeto}} / I_{\text{Referencia}}$ es el IEE, basado en emisiones de CO₂ como indicador de comportamiento energético principal, donde el ratio procede de un indicador, I_{objeto} , relativo al *edificio-objeto*, y otro indicador, $I_{\text{Referencia}}$, que corresponde al valor medio de emisiones de CO₂ de edificios que cumplan estrictamente con los apartados HE-1, HE-2, HE-3 y HE-4 de CTE HE.

» $I_{\text{objeto}} / I_{\text{Stock}}$ es el IEE, basado en emisiones de CO₂ como indicador de comportamiento energético principal, donde el ratio procede de un indicador, I_{objeto} , relativo al *edificio-objeto*, y otro indicador, I_{Stock} , que corresponde al valor medio de emisiones de CO₂ para el parque existente de edificios de vivienda en el año 2006.

» R y R' son los ratios, respectivamente, entre los valores $I_{\text{Referencia}}$ e I_{Stock} y el valor de las emisiones de CO₂ correspondiente al percentil del 10%, en el caso de R , de los edificios que cumplan estrictamente con los apartados HE-1, HE-2, HE-3 y HE-4 de CTE HE, y en el caso de R' , del parque existente de edificios de vivienda en el año 2006.

» Los valores de las magnitudes anteriores para capitales de provincia se incluyen en un D.R. y en el mismo D.R. se describe la manera de obtenerlas para otras localidades.

» Por fin, se llega, siempre para vivienda, a la siguiente tabla de “**Calificación de EEE**”, basada en C1 y C2:

Calificación energética del edificio (vivienda)	Índices de calificación energética
A (más eficiente)	C1 < 0.15
B	0.20 ≤ C1 < 0.50
C	0.50 ≤ C1 < 1.00
D	1.00 ≤ C1 < 1.75
E	C1 > 1.75 y C2 < 1.00
F	C1 > 1.75 y 1.00 ≤ C2 < 1.5
G (menos eficiente)	C1 > 1.75 y 1.50 ≤ C2

► Para edificios del sector terciario, el Índice de Calificación Energética es directamente el IEE:

$$C = IEE = I_{\text{objeto}} / I_{\text{Referencia}}$$

Es decir, como se indica en el RD 47/2007, “El índice de calificación de eficiencia energética *C* de este tipo de edificios es el cociente entre las emisiones de CO₂ del edificio a certificar y las emisiones de CO₂ del edificio de referencia”.

Para edificios del sector terciario, la tabla de “Calificación de EEE” queda como sigue:

Calificación energética del edificio (terciario)	Índices de calificación energética
A (más eficiente)	$C < 0.40$
B	$0.40 \leq C < 0.65$
C	$0.65 \leq C < 1.00$
D	$1.00 \leq C < 1.30$
E	$1.30 \leq C < 1.60$
F	$1.60 \leq C < 2.00$
G (menos eficiente)	$2.00 \leq C$

► El esquema expuesto debe posibilitar que, sin usar energías alternativas y en un contexto de rentabilidad económica, los edificios de clase C puedan acceder a la clase B y que, con esfuerzo equivalente, los edificios de clase B puedan pasar a clase A.

En definitiva, la escala así lograda tiene suficiente sensibilidad a las mejoras que se puedan introducir, identifica claramente los edificios eficientes de los que no lo son, será suficientemente estable en el tiempo, podrá extenderse a la certificación energética de edificios existentes y, en conclusión, servirá de instrumento eficaz en política energética.

Veamos ahora la respuesta a la pregunta ¿Qué procedimientos se pueden seguir para la obtención de los índices?

Procedimientos de obtención de la calificación energética

Se han elaborado una serie de **Documentos Reconocidos** que recogen tanto procedimientos detallados (como los programas CALENER VYP y CALENER GT, siguiendo la opción general de CTE HE-1) como **procedimientos simplificados** (siguiendo la opción simplificada de CTE HE-1).

Además existen D.R. que pormenorizan las **condiciones de aceptación**, tanto de procedimientos detallados como simplificados. Es decir, la administración aporta unos procedimientos pero da la posibilidad de que organismos particulares desarrollen otros procedimientos que puedan ser también Documentos Reconocidos. Entre otras cosas, se definen, en dichos documentos sobre condiciones de aceptación, los estándares de cálculo de los procedimientos:

- » Alcance (componentes, equipos, sistemas y estrategias)
- » Nivel mínimo de modelización e hipótesis comunes
- » Valores por defecto
- » Datos requeridos al usuario

Se pueden descargar los documentos mencionados en los siguientes enlaces del Ministerio de Industria: <http://www.mityc.es>

Documento reconocido para Calificación Energética de los Edificios de vivienda, procedimiento simplificado



El Procedimiento Simplificado para la Certificación de Eficiencia Energética de Edificios de Viviendas (Ce2 Simplificado viviendas 1.0) es un procedimiento conforme con las directrices del “Documento de condiciones de aceptación de opciones simplificadas alternativas” y es un documento reconocido de acuerdo con el artículo 3 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.

Referencias consultadas

- www.codigotecnico.org (Documento Básico CTE HE; sección 1 sobre limitación de la demanda energética).
- Norma Básica de la Edificación – Condiciones Térmicas (1979).
- Protocolo de Kyoto (1997).
- Ley de la Ordenación de la Edificación (1999).
- Directiva 2002/91/CE sobre la Eficiencia Energética de los Edificios.
- RD 47/2007 (19 enero 2007), Procedimiento Básico para la Certificación Energética de edificios de nueva construcción.
- http://ec.europa.eu/energy/demand/legislation/buildings_en
- <http://europa.eu.int/comm/enterprise/construction/index>

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 (λ) 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%.

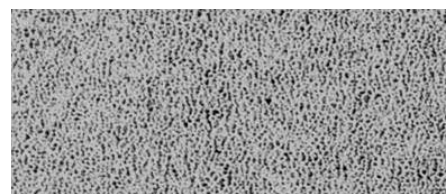
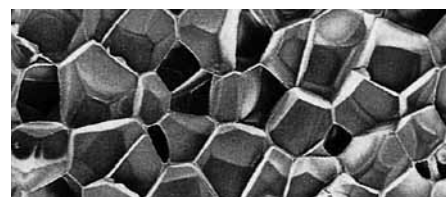
En una cubierta invertida se produce el efecto de la difusión de agua, en este caso, la absorción de agua por difusión del XPS es inferior al 3%

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 Euro-clase 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

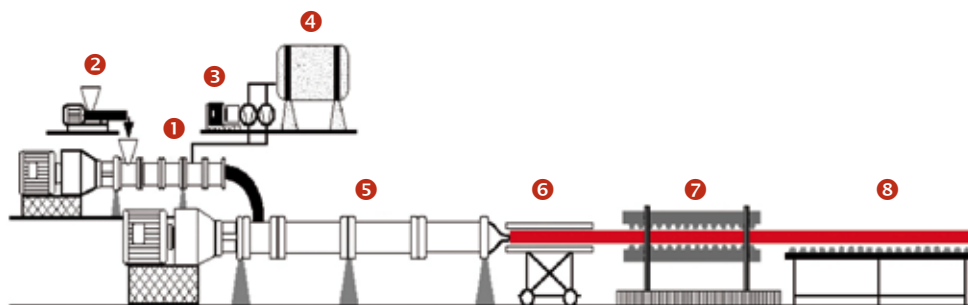
El proceso de fabricación del XPS comprende las siguientes fases:

- » 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 marcado CE.

El símbolo del marcado 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 CO₂ 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

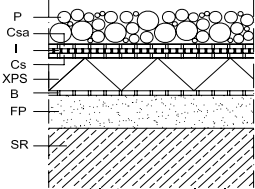
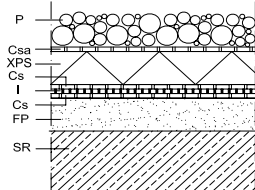
- » No transitables, accesibles para mantenimiento
 - Acabado con grava
 - Ajardinadas
- » Transitables
 - Acabado con baldosas amorteradas
 - Acabado con baldosas flotantes
 - Tráfico rodado (cubiertas parking)

Cubiertas ligeras tipo Deck



Archivo DOW

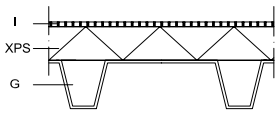
P	capa de protección de grava
Csa	capa separadora antipunzonante bajo protección. En el caso de cubiertas invertidas, esta capa debe ser además filtrante y capaz de impedir el paso de áridos finos.
I	capa de impermeabilización ⁽¹⁾
Cs	capa separadora. Se dispondrá cuando deba evitarse la adherencia o 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 ⁽²⁾ 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 CÓDIGO TÉCNICO DE LA CONSTRUCCIÓN		Espesores mínimos de aislamiento para el cumplimiento del DB HE-1 Ahorro de Energía		U _{medio} CTE	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E
					0,50	0,45	0,41	0,38	0,35
Cubierta plana no transitable. No ventilada. Grava					espesor mínimo (cm.) para no superar el valor U límite del CTE HE-1				
Código	Sección	Soporte resistente SR		HE	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E
C.5.2	 cubierta convencional	FU	BC	1/(0,53+Rat)	6	7	7	8	8
C.5.3			BH	1/(0,44+Rat)	6	7	7	8	9
C.5.5	 cubierta invertida	FR	CC	1/(0,40+Rat)	6	7	7	8	9
C.5.6			CH	1/(0,38+Rat)	6	7	7	8	9
C.5.8			L	1/(0,33+Rat)	6	7	8	8	9

Memorias descriptivas

___ m² aislamiento térmico de cubierta plana invertida, 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 $R_D =$ ___ m²·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.

___ m² 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 $\lambda_D =$ ___ W/m·K; resistencia térmica declarada $R_D =$ ___ m²·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 Esesores mínimos de aislamiento para el cumplimiento del DB HE-1 Ahorro de Energía			U _{medio} CTE	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E
				0,50	0,45	0,41	0,38	0,35
Cubierta plana Deck ligera. No transitable. Autoprotegida			espesor mínimo (cm.) para no superar el valor U límite del CTE HE-1					
Código	Sección	Soporte resistente SR	HE	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E
C.6.9		G	$1/(0,15+R_{AT})$	7	7	8	9	10

Memorias descriptivas

___ m² aislamiento térmico de **cubierta plana Deck**, 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 $RD =$ ___ m²·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.



Archivo URSA



Archivo BASF

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/m² 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/m² como mínimo (de poliéster, p.ej.). Así se evita que los finos se depositen en la membrana, da n ndola, 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.

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/cm², 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/m². Cuando, por razones estructurales o por tratarse de una



Archivo EDILTEC



Archivo TOPOX



Archivo KNAUF

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/m² 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 CO₂ 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 EDILTEC



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⁽¹⁾
- 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⁽²⁾
- 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 _{medio}	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E
CTE	0,50	0,45	0,41	0,38	0,35

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 A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E
C.9.2	cubierta convencional	BC	$1/(0,47+Rat)$	6	7	7	8	9
C.9.3		BH	$1/(0,38+Rat)$	6	7	7	8	9
C.9.4		L	$1/(0,27+Rat)$	6	7	8	8	9

Memorias descriptivas

___ m² 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 $\lambda_D =$ ___ W/m·K; resistencia térmica declarada $R_D =$ ___ m²·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 “habitable”) o se forme entre el faldón y el soporte horizontal (forjado) del tejado (surgiendo entonces bajo el faldón una buhardilla o desván “no habitable”):

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 EDILTEC



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 m²), 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 m²). 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 cajeado en los encuentros del faldón con aleros y hastiales, de modo que las planchas queden cobijadas y retenidas por los topes que forman el cajeado. 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

Archivo EDILTEC

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
CÓDIGO TÉCNICO DE LA CONSTRUCCIÓN

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

Umedio CTE	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E
	0,94	0,82	0,73	0,66	0,57
% suplemento por PT integrados	10%	15%	15%	15%	15%

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	HE	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E
F.4.1		$1/(0,38+R_{at})$	3	4	5	5	6
F.4.3		$1/(0,39+R_{at})$	3	4	5	5	6

Memoria descriptiva

___ m² 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 $\lambda_D =$ ___ W/m·K; resistencia térmica declarada $R_D =$ ___ m²·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 CÓDIGO TÉCNICO DE LA CONSTRUCCIÓN	Espesores mínimos de aislamiento para el cumplimiento del DB HE-1 Ahorro de Energía	Umedio CTE	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E
		% suplemento por PT integrados	10%	15%	15%	15%	15%

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 A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E
F.8.1		$1/(0,47+R_{at})$	3	3	4	4	5
F.8.2		$1/(0,48+R_{at})$	3	3	4	4	5
		$1/(0,97+R_{at})$	3	3	3	3	4

Memoria descriptiva

___ m² 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 $R_D =$ ___ m²·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 TOPOX

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 μ -), 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



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

Umedio CTE	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E
	0,94	0,82	0,73	0,66	0,57
% suplemento por PT integrados	30%	30%	30%	30%	30%

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 A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E
F.1.1		$1/(0,54+Rat)$	4	5	5	6	8
F.1.3		$1/(0,42+Rat)$	4	5	6	6	8
F.1.9		$1/(0,55+Rat)$	4	5	5	6	8
F.1.12		$1/(0,43+Rat)$	4	5	6	6	8

CTE CONSEJO TÉCNICO DE LA CONSTRUCCIÓN	Espesores mínimos de aislamiento para el cumplimiento del DB HE-1 Ahorro de Energía	Umedio CTE	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E
		% suplemento por PT integrados	30%	30%	30%	30%	30%

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 A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E
F.3.1		$1/(0,54+R_{at})$	4	5	5	6	8
F.3.3		$1/(0,42+R_{at})$	4	5	6	6	8
F.3.9		$1/(0,55+R_{at})$	4	5	5	6	8
F.3.11		$1/(0,49+R_{at})$	4	5	5	6	8

Memoria descriptiva

___ m² 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 $R_D =$ ___ m²·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 bricolage. 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



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	Espesores mínimos de aislamiento para el cumplimiento del DB HE-1 Ahorro de Energía	Umedio CTE	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E
			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 A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E
S0.1		FU	BC	$1/(0,52+Rat)$	5	5	5	5
			BH	$1/(0,41+Rat)$	5	5	6	6
		FR	CC	$1/(0,38+Rat)$	5	5	6	6
			CH	$1/(0,35+Rat)$	5	6	6	6

Suelos sobre espacio exterior

Código	Sección	Soporte resistente SR	HE	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E
S0.1		FU	BC	$1/(0,52+Rat)$	5	5	6	6
			BH	$1/(0,41+Rat)$	6	6	6	6
		FR	CC	$1/(0,38+Rat)$	6	6	6	6
			CH	$1/(0,35+Rat)$	6	6	6	6

Memoria descriptiva

__m² 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 $\lambda_D =$ __ W/m·K; resistencia térmica declarada $R_D =$ __ m²·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

__m² 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 $\lambda_D =$ __ W/m·K; resistencia térmica declarada $R_D =$ __ m²·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.



Archivo KNAUF

Puesta en obra

En construcciones nuevas, en las que se requiere el aislamiento de soleras de hormigón armado, las planchas aislantes rígidas de poliestireno extruido 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



Archivo DOW

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 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 EDILTEC

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 187, 3º 1ª

08034 Barcelona

Tel. +34 93 534 34 16

Fax +34 93 534 34 92

info@aipex.es · www.aipex.es

Asociados

