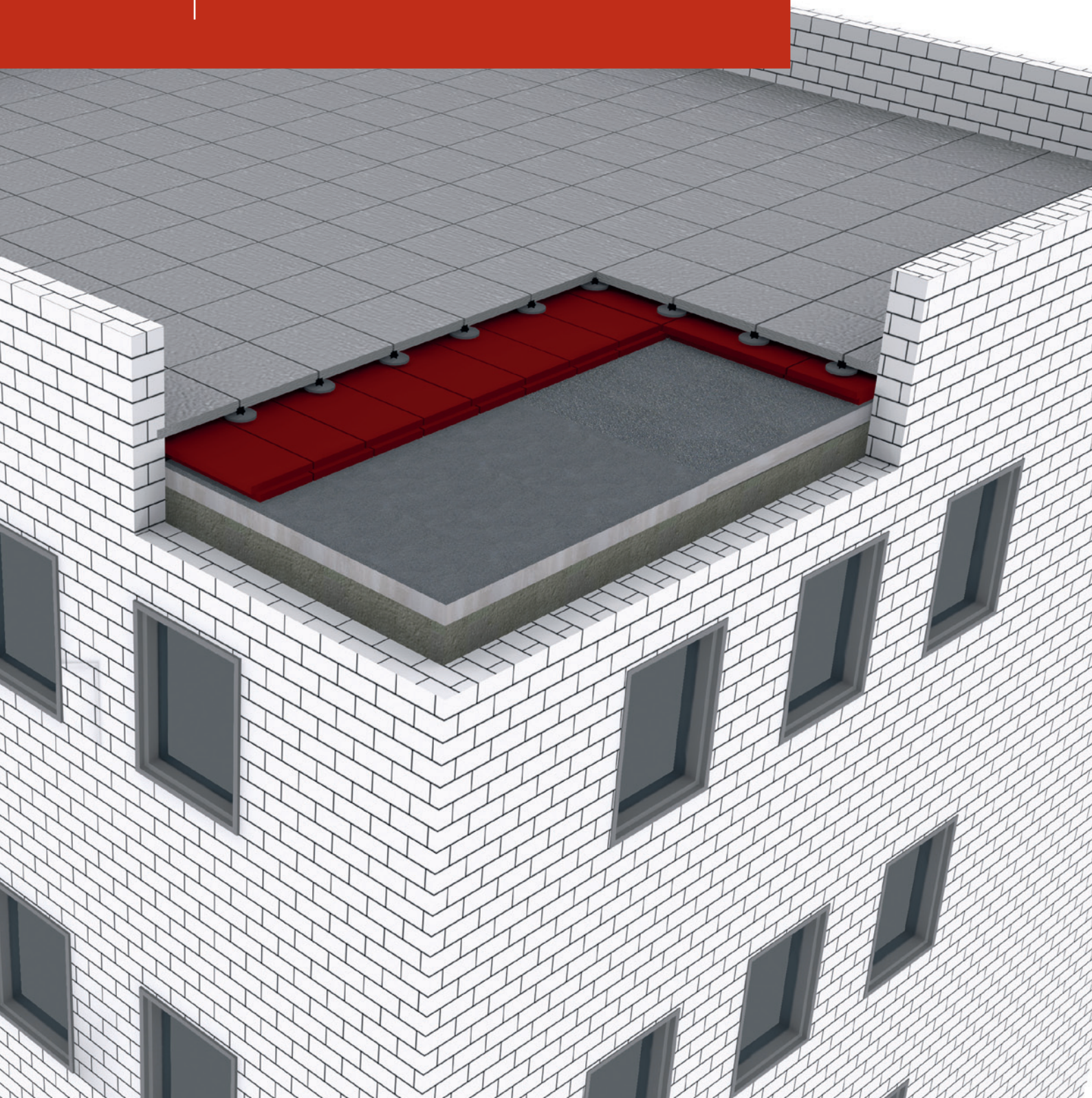
aipex

ASOCIACIÓN IBÉRICA DE POLIESTIRENO EXTRUIDO

La cubierta aislada. Soluciones flexibles y duraderas con poliestireno extruido (XPS)



ASOCIACIÓN IBÉRICA DE POLIESTIRENO EXTRUIDO

AIPEX, Asociación Ibérica del Poliestireno Extruido constituida en 2004, engloba a un grupo de empresas productoras de este material aislante que operan en la Península Ibérica. Uno de sus cometidos principales, es dar a conocer al mercado y a los agentes del proceso edificatorio las cualidades del poliestireno extruido, así como las ventajas que se obtienen al emplearlo como aislante térmico en multitud de aplicaciones para la construcción.

Índice

El Código Técnico de la Edificación **3**

Eficiencia energética y medio ambiente **6**

Cubierta invertida **8**

La cubierta en España y la eficiencia energética 9
Rehabilitación de cubiertas planas 10
Durabilidad del XPS en cubierta invertida (ejemplos reales) 11
Ventajas de la cubierta invertida 14

El poliestireno extruido **15**

Tipologías de cubierta invertida **19**

Cubiertas invertidas no transitables
Cubierta invertida con grava 20
Cubierta invertida ajardinada 22
Cubiertas invertidas transitables
Cubierta invertida con baldosas amorteradas 23
Cubierta invertida con baldosas sobre soportes 24
Cubierta invertida con baldosas aislantes 25
Cubierta invertida tráfico rodado 27

Puesta en obra **28**

Cubierta plana invertida con estructura soporte de hormigón 29
Cubierta invertida no transitable acabada en grava 29
Pavimento de baldosas de hormigón 29
Pavimento continuo de baldosín cerámico 30
Pavimento de baldosas aislantes 30
Con capa de rodadura para tránsito de vehículos 31
Acabados vegetales o ajardinados 31
Cubierta plana con estructura soporte de chapa metálica grecada (cubierta deck) 31

Documento Básico DB-HE de Ahorro de Energía BOE 12/09/2013

1

El Código Técnico de la Edificación (CTE) es el marco normativo que establece las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad establecidos en la Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de Ordenación de la Edificación (LOE). Las Exigencias Básicas de calidad que deben cumplir los edificios se refieren a materias de seguridad: seguridad estructural, seguridad contra incendios, seguridad de utilización; y habitabilidad: salubridad, protección frente al ruido y ahorro de energía.

Este Documento Básico (DB) tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de ahorro de energía, en concreto en el DB HE0 y DB HE1 se establecen los límites en cuanto a demanda y consumo del edificio, donde el papel del aislamiento térmico es preponderante.

DB HE0 Limitación del consumo energético

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

Edificios nuevos o ampliación de edificios existentes de uso residencial privado

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

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

$C_{ep,lim}$ *es el valor límite del consumo energético de energía primaria no renovable para los servicios de calefacción, refrigeración y ACS, expresada en kW/m²·año, considerada la superficie útil de los espacios habitables.*

$C_{ep,base}$ *es el valor base del consumo energético de energía primaria no renovable, dependiente de la zona climática de invierno correspondiente a la ubicación del edificio, que forma los valores de la tabla 2.1.*

$F_{ep,sup}$ *es el factor corrector por superficie del consumo energético de energía primaria no renovable, que forma los valores de la tabla 2.1.*

S *es la superficie útil de los espacios habitables del edificio, o de la parte ampliada en m².*

	Zona climática de invierno					
	α	A*	B*	C*	D	E
$C_{ep,base}$ [kW·h/m²·año]	40	40	45	50	60	70
$F_{ep,sup}$	1000	1000	1000	1500	3000	4000

** Los valores de $C_{ep,bas}$ para las zonas climáticas de inviernos A, B y C de Canarias, Baleares, Ceuta y Melilla se obtendrán multiplicando los valores de $C_{ep,bas}$ de esta tabla por 1,2.*

Recomendaciones de la resitencia térmica del aislamiento (m²·K/W)

Requisitos mínimos [Tablas 2.3 a 2.5]

Demanda máxima de calefacción y refrigeración [Tabla 2.1]

Resistencia térmica del aislamiento (m²·K/W)						
	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Cubierta	2,5	2,5	3,0	4,0	4,5	5,0
Muros	2,0	2,0	2,5	3,0	3,0	3,5
Suelos	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5

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

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

Edificios nuevos o ampliación de edificios existentes de otros usos

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

DB HE1 Limitación de la demanda energética

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

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

Demanda de calefacción en edificios de uso residencial privado

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

$D_{cal,lim}$ *es el valor límite de la demanda energética de calefacción, expresada en kW·h/m²·año, considerada la superficie útil de los espacios habitables.*

$D_{cal,base}$ *es el valor base de la demanda energética de calefacción, para cada zona climática de invierno correspondiente al edificio, que forma los valores de la tabla 2.1.*

$F_{cal,sup}$ *es el factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, que forma los valores de la tabla 2.1.*

S *es la superficie útil de los espacios habitables del edificio en m².*

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

	Zona climática de invierno					
	α	A*	B*	C*	D	E
$D_{cal,bas}$ [kW·h/m²·año]	15	15	15	20	27	40
$F_{cal,sup}$	0	0	0	1000	2000	3000

Demanda de refrigeración en edificios de uso residencial privado

Zonas 1, 2 y 3 ≤ 15 kW·h/m²·año.

Zona 4 ≤ 20 kW·h/m²·año

Otros usos

Se considera un edificio de referencia que es un edificio obtenido a partir del edificio objeto, con su misma forma, tamaño, orientación, zonificación interior, uso de cada espacio e iguales obstáculos remotos y unas soluciones constructivas cuyos parámetros característicos se describen en el Apéndice D del DB HE1.

El porcentaje de ahorro de la demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración del edificio objeto, debe ser igual o superior al establecido en la tabla 2.2. respecto al edificio de referencia.

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

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

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

Edificios existentes

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

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

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

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

Edificios con rehabilitación de más del 25% de la superficie total de la envolvente. Recomendaciones de la resitencia térmica del aislamiento (m²·K/W)

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

Resistencia térmica del aislamiento (m²·K/W)						
	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Cubierta	1,5	1,5	2,0	2,0	2,0	2,5
Muros	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0	2,0
Suelos	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	2,0

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

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

Edificios con rehabilitación de menos del 25% de la superficie total de la envolvente. Recomendaciones de la resitencia térmica del aislamiento (m²·K/W)

Requisitos mínimos [Tabla 2.3 a 2.5]

Resistencia térmica del aislamiento (m²·K/W)						
	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Cubierta	1,0	1,0	1,0	2,0	2,0	2,5
Muros	0,5	0,5	1,0	1,0	1,5	1,5
Suelos	0,5	0,5	1,0	1,0	1,5	1,5

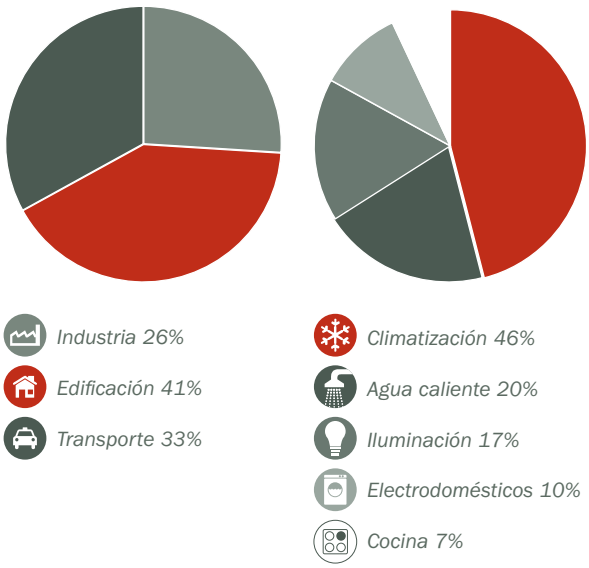
Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía

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

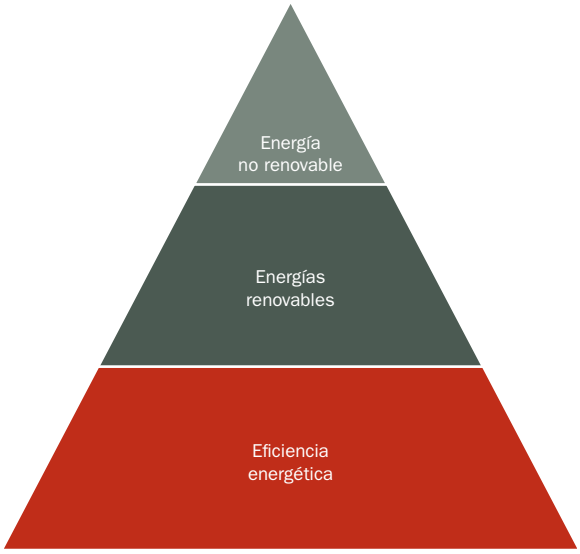
Eficiencia energética y medio ambiente

2

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, como los sistemas de aislamiento con poliestireno extruido (XPS), que reduzcan el consumo de energía sin perder ninguna de las comodidades actuales.



Fuente: Fundación la casa que ahorra



La eficiencia energética consiste en 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.

Existe una relación directa entre el consumo energético y las emisiones de CO_2. Aumentando el consumo, aumentan las emisiones, por lo que la eficiencia energética es uno de los principales instrumentos para restablecer la proporción de gases de efecto invernadero en el medio ambiente.

Más de 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.

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 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 no renovables.

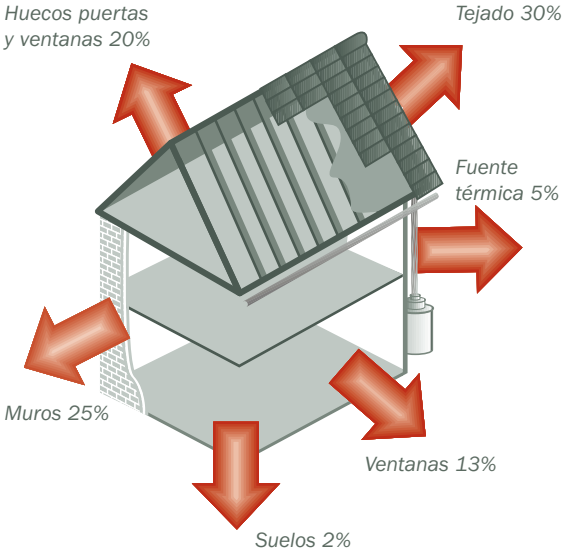
» **Tercera acción:** Producir y utilizar energía fósil de la forma más eficiente posible.

> ***"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 utilizando sistemas de aislamiento con poliestireno extruido (XPS), ya que es por la piel del edificio por donde se dan las mayores pérdidas energéticas.

> ***El aislamiento con poliestireno extruido (XPS) 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.***



En el estudio realizado por "*La Casa que Ahorra*" 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.

Como conclusión podemos observar que los sistemas de aislamiento con poliestireno extruido (XPS) tienen un enorme potencial para afrontar el cambio climático y la dependencia energética, con un coste bajo y un retorno inmediato a su colocación.

> ***Estudios realizados demuestran que 1 € invertido en aislamiento produce 7 € de retorno.***
>
> *Estudio realizado por la consultoría Ecofys en 2006*

3

Cubierta invertida

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.

En el texto del propio Ledoux que acompaña a su grabado se hace referencia explícita al hecho básico de tener un techo propio, independientemente de la condición social y económica de la persona. De hecho, la arquitectura, ni siquiera la más humilde, no parece existir hasta que no nos proporciona un techo adecuado que nos pueda cobijar. Por ello el propio Ledoux se percata de la necesidad de construirlo con "materiales durables", lo que redundará en la idea de protección, al tener seguridad de que se puede mantener en el tiempo, sin que quede al albur de los elementos y de la degradación y envejecimiento que puedan ocasionar.

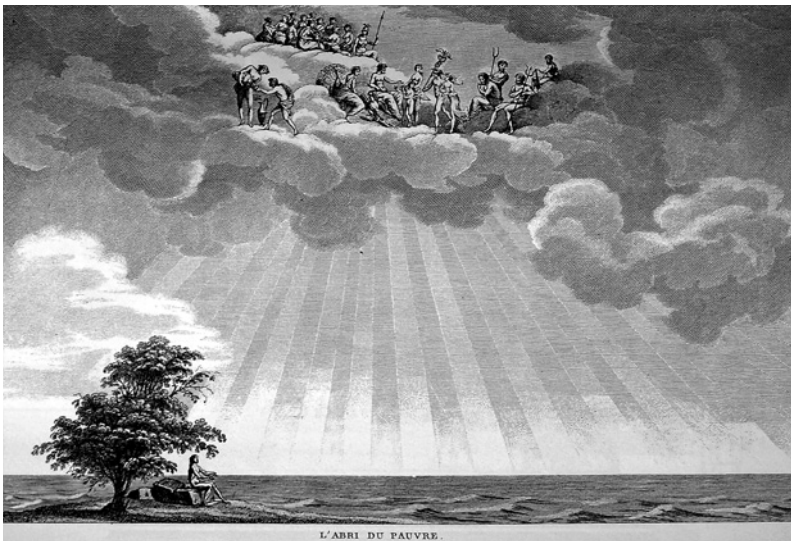
La firmitas vitrubiana, esa estructura y cerramiento resistentes que siempre se han asociado a la buena construcción, tienen ahora más caras que podríamos vincular a la mejor utilitas también vitrubiana. Así, un techo deberá ser resistente para no caerse y herir o matar a sus habitantes (requisitos de "seguridad"), claro, pero también deberá guarecerles de la lluvia, el granizo, la nieve, el viento, el sol, el frío y el calor (requisitos de "habitabilidad").

La producción industrial de los edificios permite satisfacer esas funciones con productos y sistemas constructivos que aligeran el edificio, lo que implica menor consumo de recursos. Pero, a la vez, se han ido introduciendo numerosas máquinas consumidoras de energía de todo tipo en ellos. Además la economía de escala de la producción industrial del s. XX y el comienzo del XXI es de varios órdenes de magnitud superior a la economía en la época del propio Ledoux. En el epígrafe siguiente, "La cubierta en España y la eficiencia energética: orden de magnitud de cifras", daremos cuenta de la enorme superficie de cubierta construida para viviendas a la escala de todo el territorio. Todo ello lleva a un compromiso difícil entre calidad y confort suficientes para toda la población por un lado, y un consumo masivo de recursos por otro.

Para visualizar el territorio en que nos movemos, mostramos una serie de imágenes de Google Earth con órdenes de magnitud decrecientes (desde 10^7 hasta 10^3 metros), de modo que forman una aproximación por no decir aterrizaje en el asunto que nos ocupa. El punto de vista puede interpretarse como el del oráculo de dioses del grabado de Ledoux. Lo problemático de las cubiertas de los edificios, dicho con suave ironía, es que, aparte de los dioses, el común de los mortales no tiene visión de las cubiertas … hasta que no le causan problemas y se sube a la azotea o al tejado.

> ***"El abrigo del pobre: Este inmenso universo que nos maravilla es la casa del pobre… Tiene por bóveda la celeste y comunica con la asamblea de los dioses… Sin embargo, el pobre pide una casa …. (Y) Sabe que cuando se emplean materiales durables, la arcilla del tiempo los cimenta …"***

Ledoux, Claude Nicolas (1736-1806).
L'architecture considérée sous le rapport de l'art, des moeurs et de la législation.



Hemos mencionado la mayor ligereza de la construcción industrializada. Sin embargo, lo ligero es clave para conseguir un buen aislante térmico, pues básicamente consiste en encapsular, dentro de una matriz sólida celular, un gas (aire con más frecuencia), ya que los gases presentan la menor transmisión de calor entre los materiales fácilmente disponibles. La estructura de la matriz sólida será clave para que ese gas no sea desplazado por agua, si es una estructura predominantemente de célula cerrada. O bien, si se tratara de una estructura porosa, entonces habrá que prever las protecciones oportunas para la humedad.

En climas cálidos o mediterráneos como es el nuestro la solución de cubierta invertida con XPS es una de las mejores soluciones puesto que el aislante colocado por encima de la impermeabilización, además de proteger a ésta de un continuo estrés térmico, evita que el forjado de cubierta se caliente en sobreexceso y transmita energía al interior del edificio, evitando así el uso de equipos de climatización adicional. La cubierta de un edificio es la parte más expuesta frente a la radiación solar y el paramento que recibe durante más horas al día dicha radiación, por tanto, es lógico pensar que dimensionar un buen aislamiento puede ayudarnos a limitar en gran medida las pérdidas y ganancias por dicho elemento constructivo.

La cubierta en España y la eficiencia energética: orden de magnitud de cifras

Los edificios consumen excesiva energía. Representan algo más del 40% del consumo de energía en la Union Europea. Como se indicaba en la introducción, la proliferación de máquinas y dispositivos de todo tipo introduce confort y posibilidades antes desconocidas, pero a costa de un precio cada vez más elevado en términos energéticos y medioambientales.

De esa energía consumida la empleada para climatizar los edificios representa la mayor parte, la mitad al menos.

Para hacernos una idea del orden de magnitud que puede haber detrás, es sencillo estimar las pérdidas totales de calor (= energía) en invierno para una superficie construida total de cubiertas en España, sólo para viviendas, tal y como se muestra en la estimación siguiente, basada en la información proporcionada en el documento “Una visión-país para el sector de

$1{,}10 \cdot 10^7$ m

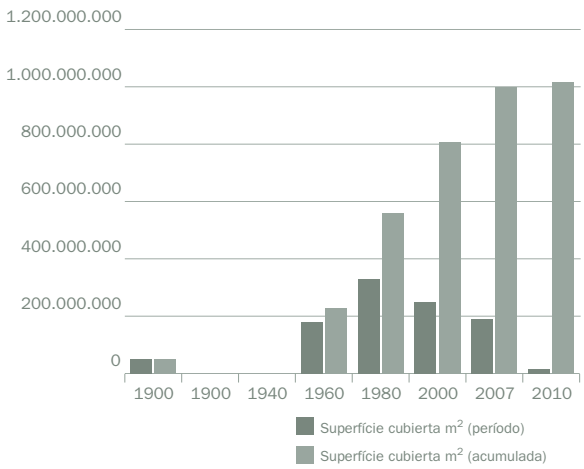
$1{,}29 \cdot 10^6$ m

$1{,}17 \cdot 10^4$ m

$1{,}33 \cdot 10^3$ m

Archivo URSA

la edificación en España", del Grupo de Trabajo sobre Rehabilitación (GTR) (coautores: Albert Cuchí, Peter Sweatman; nov. 2011):



Así pues, en números gordos ("órden de magnitud"), unos 1.017 km² de cubiertas de viviendas, de los cuales sólo el "pico", unos 17 km², puede que se beneficien de los requisitos de mayor calidad introducidos por el CTE. En la situación actual en que la obra nueva se encuentra prácticamente paralizada y en que no hay que pensar que la "burbuja" inmobiliaria habida entre 1998 y 2007 se vuelva a repetir, la rehabilitación es clarísimamente una necesidad tanto para mantener la actividad económica del sector de la construcción como para subir el listón del confort y la eficiencia energética en el parque edificado existente.

Si hacemos una estimación, válida también en términos de grandes cifras, de la energía que se puede ahorrar en toda esa superficie de intercambio energético que es la cubierta, podemos segmentar la cifra total de 1000 km² en dos casos:

› Viviendas anteriores a la norma NBE CT 79, la primera normativa que incidía en la calidad energética de la envolvente de los edificios en España, del año 1979. Podemos suponer que los casi 559 km² de cubiertas anteriores a la aplicación de dicha norma no cuentan en la práctica con aislamiento térmico. Por tanto es razonable suponer que la incorporación de un aislante térmico llevará fácilmente a la transmitancia térmica, U, de valores alrededor de 1.8 W/m²·K a valores en el entorno de 0.35 W/m²·K. En definitiva una diferencia entre aislar y no aislar de 1.45 W/m²·K.

Si, además, consideramos un salto térmico medio representativo de toda la climatología española en el periodo de calefacción (1 noviembre-31 marzo, 3624 horas) de 20-10 = 10ºC, es fácil estimar la cantidad de combustible (por ejemplo gasóleo) que esto representa: 3.624 horas x 558.685.000 m² x 10 ºC x 1,45 W/m²·K = 29.357.779.380 kWh = 2.935.777.938 litros de gasóleo= 2.935.778 m³ de gasóleo . Multiplicando por 0.85 (densidad del gasóleo), tendríamos 2.495.411 toneladas de gasóleo ahorradas en cada período de calefacción anual.

› Las mismas cuentas sencillas, para los 441 km² de cubiertas construidas entre la puesta en marcha de la NBE CT 79 y su derogación (sustituida por CTE HE1) 27 años después, nos llevan a considerar que ahora sí se trata de cubiertas con algún grado de aislamiento térmico. Es por ello que se asigna a la situación de partida un valor U = 0.8 W/m²·K < 1.8 (caso sin aislar en absoluto). De nuevo la diferencia entre aislar y no aislar es, en este caso, de 0.8-0.35= 0.45 W/m²·K. Con el mismo salto térmico medio y las mismas horas del período de calefacción llegamos a: 3624 horas x 441.168.500 m² x 10 ºC x 0,45 W/m²·K = 7.194.575.898 kWh = 719.457.590 litros de gasóleo = 719.457 m³ de gasóleo. Multiplicando por 0.85 se tendrían 611.539 toneladas de gasóleo ahorradas en cada período de calefacción anual.

Rehabilitación de cubiertas planas.

La rehabilitación de cubiertas planas por el exterior, incorporando aislamiento de XPS por encima de la membrana impermeable existente o de una nueva membrana (cubierta invertida), resulta especialmente interesante por todas las ventajas que ello conlleva: mínimas interferencias para los usuarios durante el desarrollo de los trabajos, corrección de puentes térmicos lineales como contornos de huecos, evitar fenómenos de condensación del vapor de agua, aprovechamiento de toda la inercia térmica del forjado o soporte resistente de la cubierta original, mejora del aspecto estético de la azotea y revalorización económica del inmueble.

La intervención para la reforma de una cubierta plana se transforma en una auténtica rehabilitación energética al incorporar aislamiento de XPS, transformado la cubierta original en una cubierta invertida, protegiendo la membrana impermeable de los cambios térmicos con lo que se dota a la misma de mayor durabilidad, y por supuesto reduciendo la demanda energética

necesaria para climatizar las viviendas y locales del inmueble, y las consecuentes emisiones de CO_2, dando lugar también a la reducción de la factura energética.

Las variantes de cubierta invertida con grava, cubierta invertida con baldosas sobre soportes y cubierta invertida con baldosas aislantes que hemos visto en apartados anteriores, son muy recomendables para la rehabilitación de azoteas y cubiertas planas, por la rapidez y sencillez de ejecución, y la fácil accesibilidad a la capa aislante de XPS y a la propia membrana impermeable para posteriores trabajos de reparación y mantenimiento.

Durabilidad del XPS en cubierta invertida (ejemplos reales).

Presentamos a continuación un resumen del informe recientemente elaborado por el Instituto de la Construcción y el Cemento Eduardo Torroja (IETcc) sobre diversos edificios en España con cubiertas invertidas aisladas con planchas de poliestireno extruido (XPS) de alrededor de 30 años de antigüedad. Se trata posiblemente del único informe publicado en España (y uno de los pocos en Europa) que analiza, en cualquier aplicación, el comportamiento a tan largo plazo de un aislante térmico.

Medidas de la conductividad térmica, λ, de los aislamientos térmicos a lo largo del tiempo

Antes de entrar en materia, analizando los resultados de experiencias prácticas en obra, repasaremos algunos conceptos útiles, de cara a deslindar con toda claridad nuestro propósito.

Hay varias formas de proporcionar el valor de la conductividad térmica según se consideren diversos aspectos relativos al envejecimiento de las prestaciones del aislante térmico:

› ***Valor declarado.*** Cuando se proporciona la conductividad térmica, λ (coeficiente lambda), de un aislamiento térmico, se suele tratar de un valor "declarado" por el fabricante (con mayor o menor incidencia de la estadística de producción, basado en un valor 90/90, y mayor o menor control por organismos certificadores). Ofrece cumplida información sobre las características térmicas del producto de cara a su comercialización. Es un valor que ya considera la estabilización del coeficiente lambda sin que deba producirse ningun envejecimiento desde el producto "fresco", recién fabricado, al que se colocará en la obra semanas, meses o incluso años después. Así hay productos de XPS que, en función de ciertos tipos de agentes espumantes, pueden ofrecer, al instante de ser fabricados, valores alrededor de 0.021-0.023 W/m·K, pero que luego estabilizan, ya como valores declarados, en 0.029 W/m·K.

› ***A largo plazo por envejecimiento natural***. En ciertos casos, con algunos espumantes de mejores prestaciones que el aire en términos de conductividad térmica, se produce a muy largo plazo (muchas décadas) un proceso de difusión a la atmósfera. Una vez completado dicho proceso (para espesores de 30-40 mm, entre 25 y 50 años), la conductividad puede en teoría aumentar del orden de otros 6 mW (de 0.029 a 0.035 W/m·K), deteniéndose dicho envejecimiento una vez haya difundido todo el espumante y haya sido sustituido por aire.

› ***Valor de diseño de*** λ , considerando el envejecimiento por contenido de humedad (procedente de lluvia, condensación, heladas, etc), y de R (Resistencia Térmica), en su caso, por cargas mecánicas. El efecto de la absorción de agua por un aislamiento puede ser muy acusado puesto que el agua conduce el calor 25 veces más que el aire, y, si se hiela, unas 90 veces más. Además, si el aislante térmico se encuentra bajo carga -caso de una cubierta-, puede perder resistencia a la compresión y, a largo plazo, puede ver aumentada su "fluencia" natural (deformación bajo carga permanente). El resultado es, por un lado, aumento de la conductividad, superándose en muchos casos incluso el límite de 0.065 W/mK, comúnmente aceptado para poder hablar de aislamiento térmico como tal, y, por otro, pérdida de espesor y, proporcionalmente ($R=e/\lambda$), pérdida adicional de Resistencia Térmica. Pues bien, a continuación estudiaremos el mejor ejemplo de un aislamiento térmico que conserva, a largo plazo, sus características térmicas bajo condiciones extremas de dureza: las planchas de XPS en cubierta invertida.

> ***La cubierta invertida: la aplicación más expuesta para un aislamiento térmico.***

Como es bien sabido, en la cubierta plana invertida se "invierten" las posiciones "convencionales" de aislamiento e impermeabilización, de modo que es el aisla-

Archivo BASF

miento (de poliestireno extruido, XPS) el que protege a la impermeabilización (colocado encima de ésta) y no al revés, como ocurre en las cubiertas planas "convencionales". La consecuencia es que el aislante queda sometido al doble ataque de la humedad (lluvias, heladas) y las sobrecargas mecánicas, tanto de otros elementos constructivos como de uso.

En cuanto a la humedad que pueda absorber el aislamiento hay una buena referencia en la propia norma armonizada de producto XPS, UNE EN 13164, donde se establece, para espesores de producto de 30 mm (como los recogidos en las obras con 30 años en España), un valor máximo de absorción por difusión de vapor del 5% (en volumen), ensayado conforme a la norma UNE EN 12088 Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Determinación de la absorción de agua a largo plazo por difusión. Ese "largo plazo" se suele estimar en las normas y documentos técnicos europeos (por ejemplo el Guidance Document 002 de EOTA, European Organization for Technical Approvals) en 25 años para productos reparables o sustituibles sin excesiva dificultad, con lo que el plazo de 30 años ya supera esa consideración. Por otro lado la propia UNE EN 12088 menciona explícitamente la cubierta invertida como aplicación típica donde prever esta circunstancia: "Esta Norma Europea … es aplicable a productos aislantes térmicos. Se pretende simula la absorción de agua de productos expuestos a humedades relativas altas, aproximadamente del 100%, en ambos lados y sujetos a un gradiente de presión de vapor de agua durane un período de tiempo largo, como, por ejemplo, en cubiertas invertidas …".

> ***"Seguidamente veremos que las planchas de poliestireno extruido (XPS) han venido demostrando mantener sus óptimas prestaciones a largo plazo, colocadas según el sistema de cubierta invertida.***

Archivo DOW

Informe del IETcc sobre el comportamiento a largo plazo de planchas de XPS en obras españolas de cubierta invertida.

Hay dos informes previos del IETcc, de 1989 y 2001, sobre diversas obras en España ejecutadas entre 1980 y 1982. En 2011 se retomó, de modo que ya se alcanzaba un plazo de alrededor de 30 años desde la construcción original de las cubiertas. El informe completo está disponible en la siguiente página web: *http://building.dow.com/europe/es/resources/doc.htm*

Son cinco cubiertas de edificios de tipología y localización diversa. Las inspecciones y toma de muestras (planchas completas) se hicieron en mayo (excepto un caso en A Coruña a mediados de julio):

Edificio	Localidad	Tipo cubierta invertida
Hotel AS	Lleida	Transitable (baldosa)
Hospital Arnau de Vilanova	Lleida	No transitable (grava)
Oficinas Dow	Tarragona	No transitable (grava)
Hotel Rías Bajas	A Coruña	Transitable (baldosa)
Facultad Ciencias Exactas	Sevilla	No transitable (grava)

Resultados:

En los cinco casos los espesores originales (30 mm) no han sufrido merma alguna tras 30 años bajo carga y las absorciones medias de agua se situan en cuatro casos por debajo de 0.25 %, expresado en volumen, y sólo uno, el Hotel de Lleida, se desmarca con un valor medio de 5.9%. La razón para esta discrepancia radica en un mantenimiento deficiente, de modo que el embaldosado, sin junta abierta por haberse colmatado de polvo, restos orgánicos, etc., está teniendo un efecto indeseado reteniendo la humedad más allá de lo aceptable, a modo de barrera de vapor.

Aún así, el incremento de conductividad se puede cifrar, para este caso bajo condiciones deficientes, en unos 10 mW más de lo que tendría de no haber sufrido ninguna absorción. En los otros cuatro casos la absorción de agua y la conductividad se mantienen perfectamente muy por debajo de los valores calculados a largo plazo, por ejemplo, en UNE EN 13164 conforme al método de ensayo UNE EN 12088.

A título ilustrativo, en una de las fotos adjuntas, tomadas en el edificio en Tarragona, se puede ver que, bajo la apariencia superficial lógicamente sucia tras 30 años sobre una cubierta, la sección de la plancha de XPS conserva su integridad, presentando el mismo aspecto que cuando fué fabricada.

Conclusiones:

Más allá de los resultados de los diversos ensayos normalizados, mecánicos y de absorción de agua, donde, en todo caso, las planchas de XPS siempre han mostrado su excelente comportamiento, se comprueba también en la realidad de la construcción su óptimo comportamiento a largo plazo y, por consiguiente, la extraordinaria durabilidad de sus propiedades térmicas.

La única salvedad que conviene destacar es que, si una mala instalación o un pobre (o nulo) mantenimiento del lastre sobre las planchas impide la difusión (valga por evaporación y secado) de la humedad que pueda quedar ahí retenida, se pueden dar casos en que la previsión a largo plazo por normas y métodos de ensayo no se ajuste perfectamente a la realidad (5.9% de absorción en 30 años frente a una referencia máxima de 5% en 25 años).

En el caso de instalar grava como lastre se asegura siempre esa “apertura” a la difusión, incluso si el mantenimiento de la cubierta no fuera el adecuado.

Es en el caso de pavimentos transitables donde se debe cuidar especialmente esta circunstancia (y así, en la obra de Coruña no se presentó ninguna patología o problema de este tipo).

> ***“En definitiva, cuando el arquitecto especifica planchas de XPS, el constructor las compra, el instalador las instala, y el promotor ofrece edificios aislados con ellas, el beneficio es, también, para los usuarios de los edificios y la sociedad en general, al disponer un aislamiento térmico durable que proporciona ahorro energético año tras año, sin merma alguna, como se muestra en el informe del IETcc.***

Ventajas de la cubierta invertida

En la cubierta invertida, a diferencia de la cubierta convencional, las planchas aislantes de XPS se sitúan encima de la membrana impermeable.

Esta ubicación de la capa de aislamiento aporta una serie de ventajas:

1. La membrana impermeable queda protegida frente a variaciones extremas de temperatura, los ciclos hielo/deshielo y las agresiones mecánicas durante la instalación o uso.

2. Es un sistema de aislamiento fácil de instalar, de construcción sencilla. Permite la instalación en condiciones climatológicas adversas, evitando retrasos.

3. Presenta baja sensibilidad a la humedad, es un sistema abierto a la difusión, con riesgo de condensación intersticial inapreciable y sin necesidad de barrera de vapor adicional.

4. Las planchas aislantes rígidas permiten acceder a la membrana impermeable con facilidad y posibilitan implementar nuevas capas de aislamiento para reducir la transmitancia térmica de la cubierta. Es ideal para rehabilitación energética.

5. Permite múltiples acabados: no transitables, ajardinadas, transitables y destinadas a parking de vehículos por la gran resistencia a compresión de las planchas de XPS.

El poliestireno extruido

4

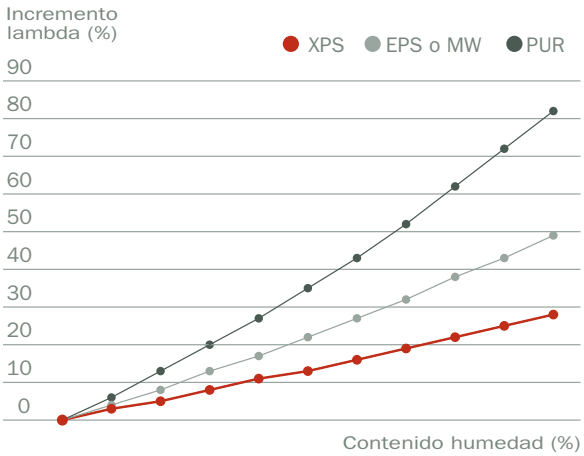
La cubierta invertida requiere unas propiedades al material aislante que no se presentan en otras soluciones constructivas, ya que se requiere un material con resistencia a compresión, resistente al agua, duradero...

Descripción

El poliestireno extruido, por sus características técnicas, es el producto idóneo para este tipo de cubiertas, ya que ofrece las siguientes prestaciones:

› ***El XPS es un aislante duradero.*** Estudios realizados en rehabilitaciones de cubiertas invertidas permiten asegurar que el poliestireno extruido es un material durable que mantiene sus prestaciones a lo largo de toda la vida útil del edificio. En una cubierta invertida, donde el material aislante presenta un grado de exposición mayor que en otras soluciones constructivas, esta característica garantiza la funcionalidad del sistema desde el punto de vista térmico.

› ***El XPS es resistente a la acción del agua.*** La mayoría de los aislantes térmicos pierden prestaciones cuando entran en contacto con el agua. El poliestireno extruido presenta grados prácticamente nulos de absorción de agua, ya sea por inmersión o por difusión por lo que el contacto con la misma no degrada sus propiedades térmicas, tal y como se puede observar en la siguiente gráfica:



En la cubierta invertida el aislamiento está por encima de la impermeabilización, lo que va a hacer que el aislante se moje, por eso se necesita un material que aunque entre en contacto con el agua no merme sus propiedades, garantizando el aislamiento térmico de la cubierta en todas las situaciones.

› ***Capacidad.*** La estructura celular cerrada y el avanzado proceso tecnológico de producción confieren al poliestireno extruido el carácter aislante, de esta forma, conseguimos ahorrar energía en el edificio tanto en verano como en invierno evitando las pérdidas energéticas a través de la cubierta y consiguiendo:

- Ahorro energético y económico
- Confort térmico en el interior del edificio
- Contribución a la protección del medio ambiente, el poliestireno extruido permite ahorros sustanciales en la climatización del edificio, ayudando a hacerlo sostenible.
- Reducción de la emisión de contaminantes atmosféricos
- Aprovechamiento máximo de la superficie útil disponible. Al disponerse el material en la cara exterior de la cubierta, se pueden conseguir grandes aislamientos sin reducir la superficie interior.

› ***Resistencia mecánica.*** El poliestireno extruido ofrece unas elevadas prestaciones mecánicas, permitiendo a los paneles soportar elevadas cargas a compresión así como minimizar la fluencia del material en el caso de cargas permanentes. En una cubierta invertida, donde el acabado puede ser transitable o incluso en ocasiones tener tráfico rodado, el poliestireno extruido es el aislante recomendado ya que su resistencia a compresión de 250 a 700 kPa permite soportar las cargas que la cubierta vaya a tener sin que se produzca deformación alguna.

› ***Resistencia a la temperatura y la deformación.*** El poliestireno extruido es un material que puede utilizarse en un amplio margen de temperaturas; con un exceente rendimiento en los ciclos de hielo y deshielo, el XPS es capaz de soportar las inclemencias climatológicas sin perder sus propiedades, cualidad que lo hace aconsejable para las cubiertas invertidas donde el material aislante está expuesto a las inclemencias meteorológicas.

› ***Protección del edificio.*** El poliestireno extruido colocado como aislante en una cubierta invertida reduce la oscilación térmica del día y la noche, lo que conlleva la reducción de la fatiga a la que los materiales están sometidos debido a las dilataciones y contracciones, especialmente la impermeabilización. El XPS colocado en seco encima de la lámina impermeable proporciona protección a la misma, evitando la degradación que puede conllevar humedades.

Requisitos para el aislante en cubierta invertida.

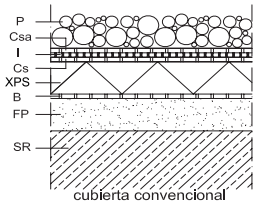
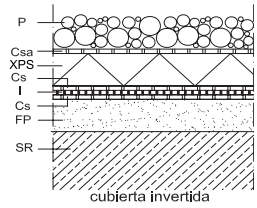
El aislante (XPS) para una cubierta invertida, debe tener las siguientes características:

Espesor mínimo en función de la zona climática.

CTE Código Técnico de la Edificación — Espesores mínimos de aislamiento para el cumplimiento del DB HE-1 Ahorro de Energía	Zona α	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E	
U_{medio} CTE	0,50	0,47	0,33	0,23	0,22	0,19	Obra nueva
	0,50	0,50	0,45	0,41	0,38	0,35	Edificio existente

Cubierta plana no transitable. No ventilada. Grava

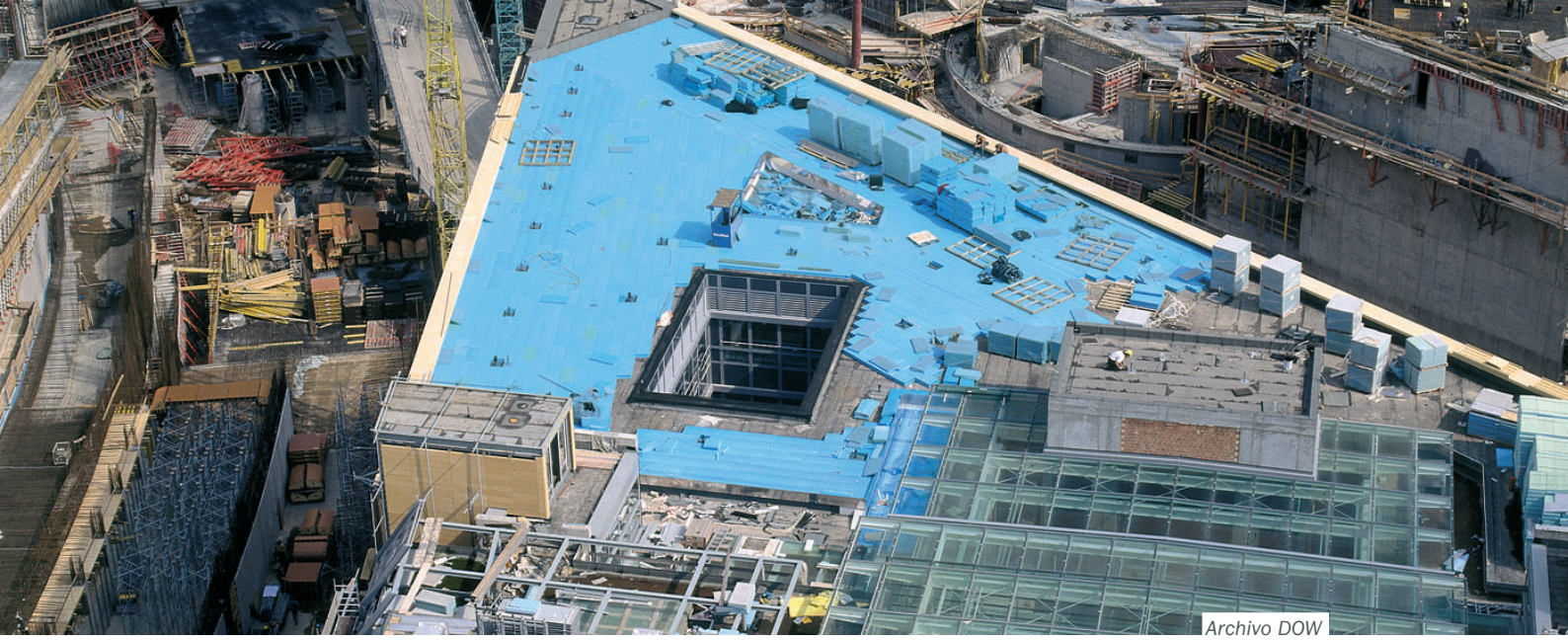
espesor mínimo (cm.) para no superar el valor U límite del CTE HE-1

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

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
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


Archivo DOW

Elevada resistencia mecánica: Resistencia a la compresión entre 300 y 500 kPa.

Este valor viene reflejado en el código de designación de producto como CS(10/Y)300 (300 kPa) o CS(10/Y)500 (500 kPa).

El valor de 300 kPa es el mínimo necesario para cubiertas no transitables, transitables de uso peatonal y cubiertas ajardinadas.

El valor de 500 kPa es el mínimo necesario para cubiertas transitables con tráfico de vehículos.

Adicionalmente también se recomienda que los valores de fluencia a la compresión, que se identifica por CC(i1/i2/y)Œ en el código sean bajos. Un valor de CC(2/1.5/50)130 indica que el material, sometido a una carga de 130 kPA durante 50 años únicamente se deforma un 1,5 % respecto de la situación inicial.

Mínima absorción de agua por inmersión (<0,7 %) y por difusión (< 3).

Este valor viene reflejado en el código de designación de producto como WL(T)0.7 para el máximo volumen absorción de agua por inmersión (0,7) y WD(V)3 para el máximo volumen absorción de agua por difusión (3).

En las cubiertas invertidas, estos parámetros son muy importantes, ya que las prestaciones de conductividad térmica de los materiales aislantes pueden verse alteradas si el material absorbe una excesiva cantidad de agua.

El XPS presenta unos valores mínimos de absorción gracias a su estructura de celda cerrada.

Acabado superficial exterior y mecanizado lateral.

El acabado superficial debe ser liso y el mecanizado lateral debe ser a media madera, para permitir una correcta instalación de los paneles y evitar puentes térmicos.

Reacción al fuego

Debe ser Euroclase E, ensayada según la norma UNE EN 13501.

Estas características deberán ser fácilmente identificadas en la etiqueta del producto, para facilitar el correcto control de recepción de obra de los materiales.

En la etiqueta, además de aparecer el código de designación y la marca CE, información mínima de carácter obligatorio, podrán indicarse otras marcas y certificados que acrediten la calidad del producto, como por ejemplo la marca AENOR.

Archivo TOPOX

Ejemplo de 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):

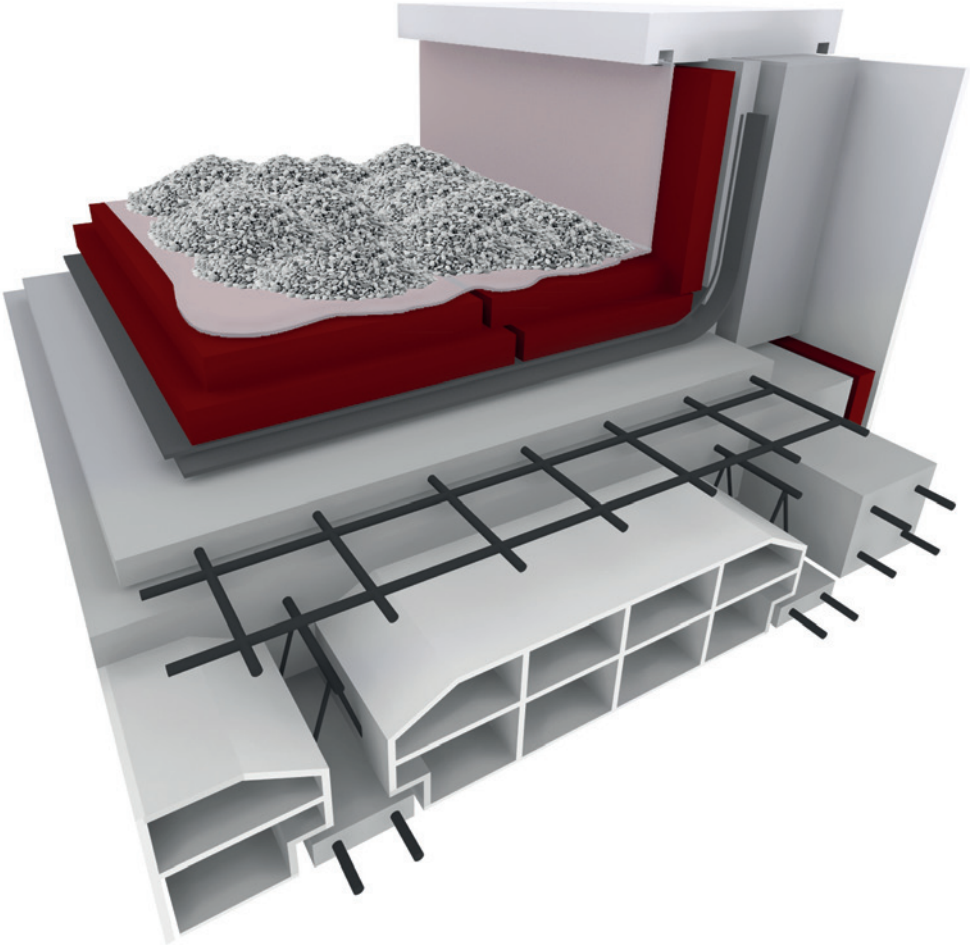
T1-CS(10\Y)300-WL(T)0.7

CE	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: Nº de norma armonizada (ejemplo: XPS)
YYY	YYY corresponde a la identificación del producto.
Clasificación al fuego : Euroclase Conductividad: _D = 0.0… W/m·K Resistencia térmica: RD = … m^2·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).
AENOR Producto Certificado	Logotipo de la Marca Voluntaria
Nº 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.

5

Tipologías de cubierta invertida

La cubierta invertida es un sistema de cubierta plana, cuya particularidad, como ya se ha visto, es la inversión del orden de colocación de las capas de aislamiento e impermeabilización, respecto a la cubierta plana tradicional, es decir, el aislante se coloca por encima de la membrana impermeable, protegiéndola, con todas las ventajas que ello conlleva según se indica en apartados anteriores.



Archivo KNAUF INSULATION

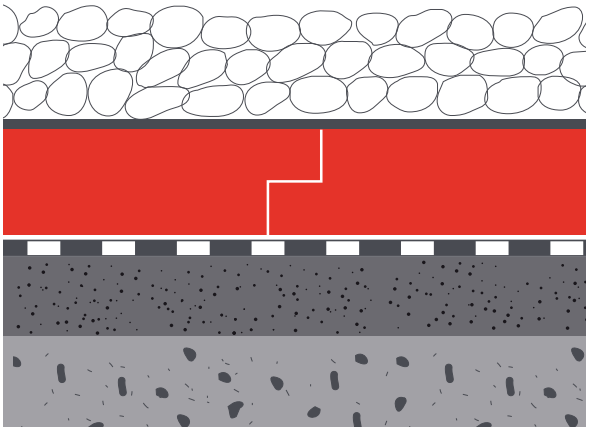
Cubiertas invertidas no transitables

Las cubiertas invertidas no transitables son normalmente accesibles para mantenimiento y reparación. Podemos distinguir dos tipos de cubiertas invertidas no transitables, que veremos en detalle a continuación:

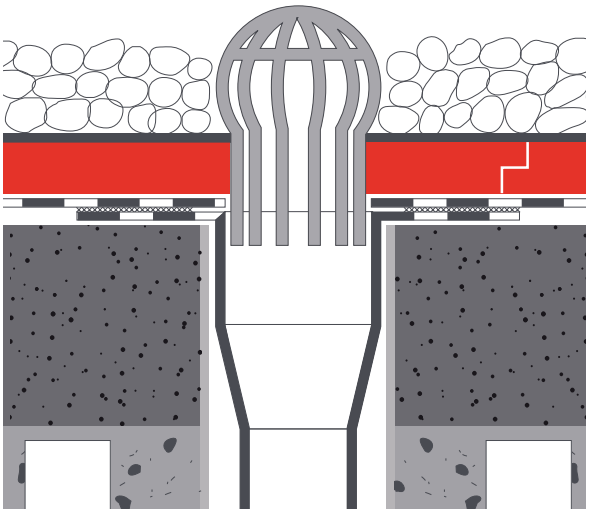
Cubierta invertida con grava

En este tipo de cubierta invertida, el acabado es una capa de grava de canto rodado, en granulometría 20-40 mm, lavado, y en un espesor mínimo de 50 mm, que aporta entre 80 y 100 kg/m^2 de sobrecarga, compensando el empuje por flotabilidad de las planchas ligeras y rígidas de XPS.

La utilización de una capa de lastre es necesaria para prevenir que las planchas de XPS puedan ser levantadas por el viento o que floten en una eventual inundación de la cubierta, al tiempo que actúa como superficie de circulación cuando se accede a la cubierta, y protege el aislamiento de los efectos de la radiación ultravioleta.



Detalle general



Detalle de sumidero con drenaje a dos niveles

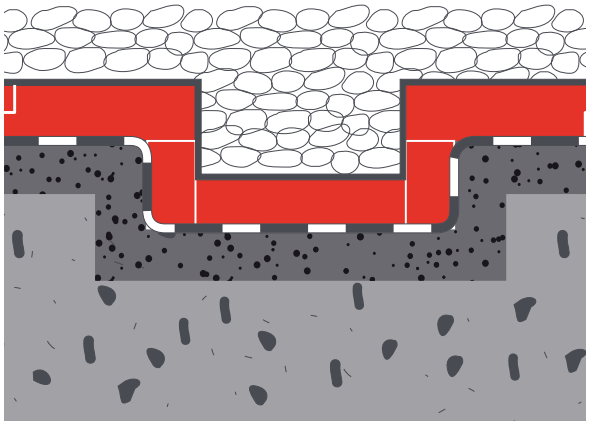
Archivo KNAUF INSULATION

La tabla siguiente especifica el espesor necesario de grava como sistema de lastrado.

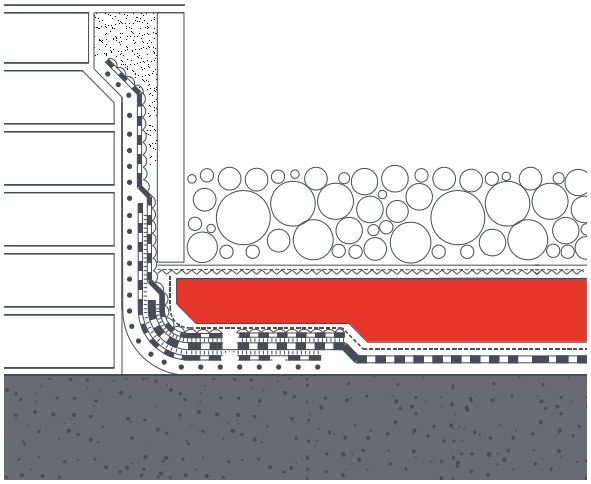
Espesor del aislante (mm)	Espesor de la grava (mm)
30	50
40	50
50	50
60	60
80	70
100	80
120	90

Si la grava contiene exceso de finos, se colocará encima de las planchas de XPS un fieltro separador no tejido o geotextil, imputrescible y permeable al agua, por ejemplo de poliéster, con un gramaje mínimo de 100 g/m^2. De esta manera se evita que los finos se depositen en la membrana impermeable, dañándola, o que colmaten los sumideros.

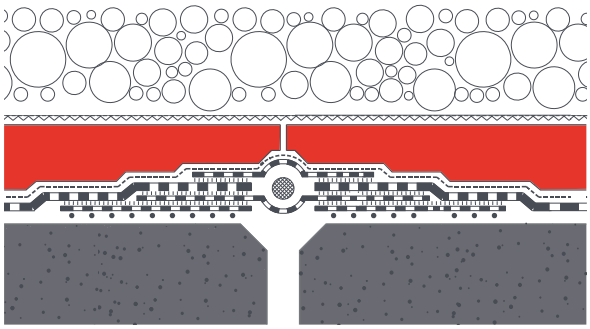
Las figuras aquí incluidas muestran la disposición típica de capas en una cubierta invertida acabada con grava, accesible para mantenimiento y reparación, así como la solución de algunos puntos singulares.



Detalle canaleta de desagüe lastrada con grava



Detalle remate preimetral



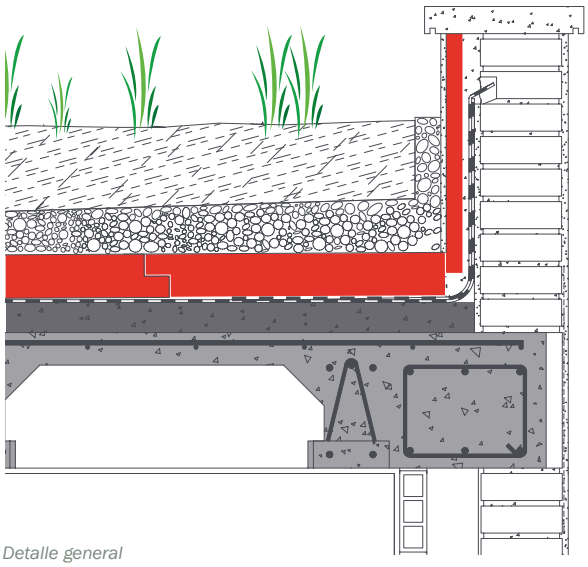
Detalle junta estructural

Cubierta invertida ajardinada

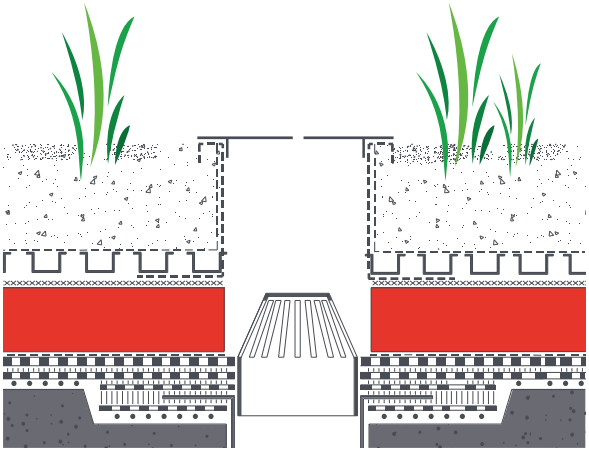
La cubierta invertida ajardinada incorpora, por encima del aislamiento de XPS, un fieltro de retención de finos inferiores a 10 mm, una capa de grava drenante y finalmente una capa de tierra vegetal adecuada al tipo de vegetación que vaya a plantarse.

Se puede plantear la variante de sustituir la capa drenante natural de grava, por una capa drenante prefabricada de polietileno tipo “huevera”, tal como reflejan los detalles constructivos siguientes.

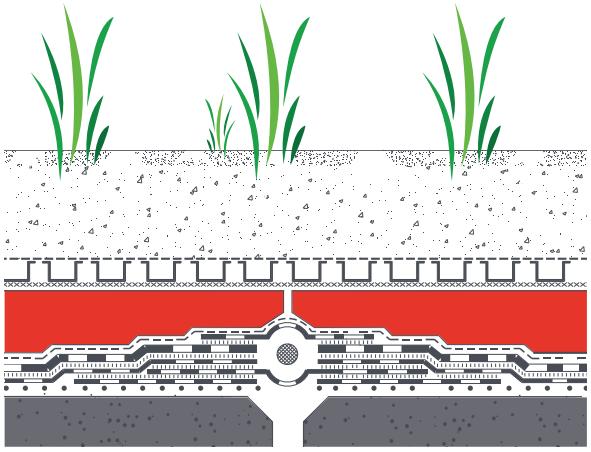
Las figuras aquí incluidas muestran la disposición típica de capas en una cubierta invertida ajardinada, accesible para mantenimiento y reparación, así como la solución de algunos puntos singulares.



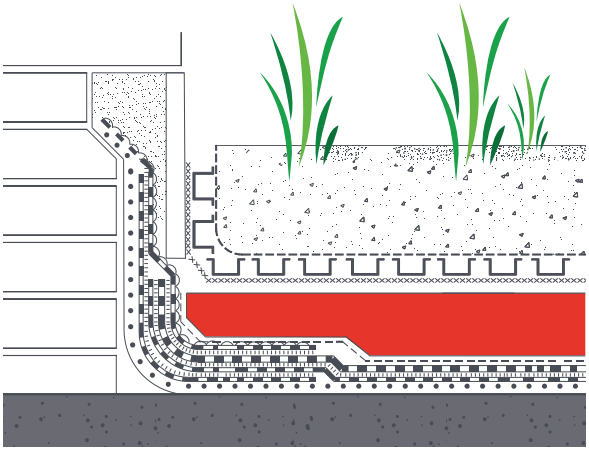
Detalle general



Detalle desagüe



Detalle junta estructural



Detalle remate perimetral

Archivo TOPOX

Cubiertas invertidas transitables

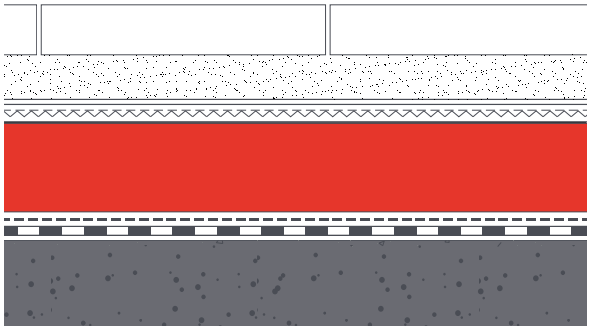
Las cubiertas invertidas transitables de uso privado o público, están destinadas normalmente al tránsito de peatones, aunque veremos entre ellas una variante que admite también la circulación y aparcamiento de vehículos. Dentro de esta segunda tipología de cubiertas invertidas podemos establecer las siguientes variantes:

Cubierta invertida con baldosas amorteradas

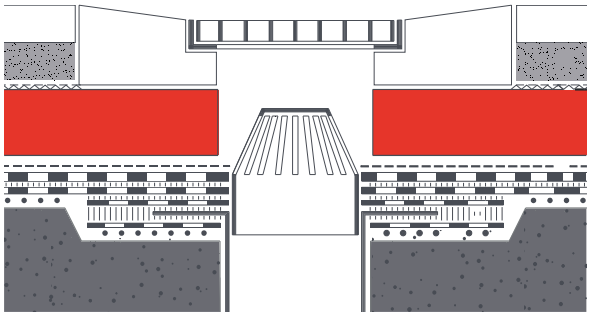
Para este tipo de cubierta invertida se recomienda la colocación, encima del aislante de XPS, de una capa de difusión del vapor de agua, y sobre ésta una capa de mortero armado para reparto de cargas, sobre la que se colocarán las baldosas recibidas con mortero.

Deben replantearse juntas de dilatación cada 50 m^2 aproximadamente, que minimizarán el riesgo de aparición grietas y fisuras en el pavimento.

Las figuras aquí incluidas muestran la disposición típica de capas en una cubierta invertida transitable acabada con baldosas amorteradas, así como la solución de algunos puntos singulares.



Detalle general



Detalle desagüe

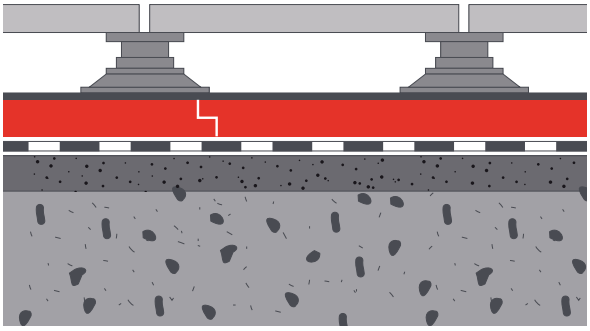
Cubierta invertida con baldosas sobre soportes

Entre las planchas aislantes de XPS y el acabado de esta variante de cubierta transitable, se establece una cámara de aire ventilada a través de los soportes distanciadores sobre los que se sustentan las baldosas. Se recomienda la colocación encima del aislamiento de una capa antipunzonante, de modo que la presión de los soportes distanciadores sobre las planchas de XPS no sobrepase el valor de resistencia a compresión de éstas para una deformación por fluencia del 2%.

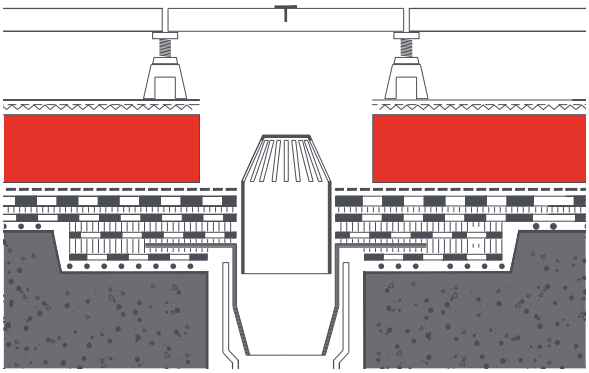
La disposición de las baldosas apoyadas en seco sobre los soportes distanciadores y con juntas abiertas para absorber dilataciones y facilitar además tanto el drenaje del agua en superficie como la ventilación bajo las baldosas, dejándolas abiertas a la difusión.

Una variante de la cubierta invertida con baldosas en seco, es apoyar éstas sobre una capa de grava de características similares a la cubierta invertida no transitable descrita en el apartado 3.5.1.1.

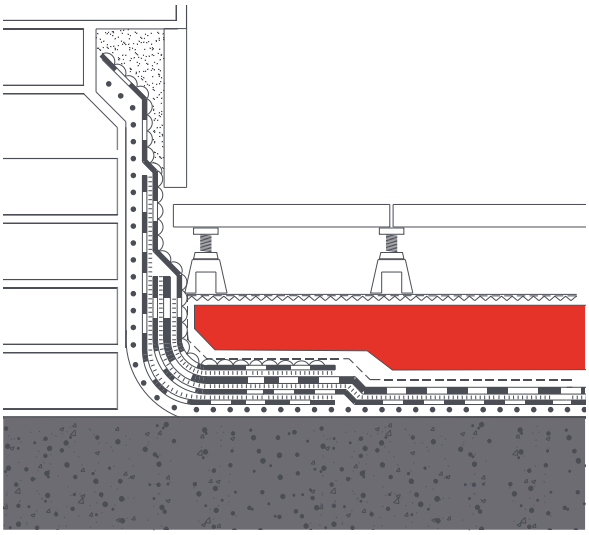
Las figuras aquí incluidas muestran la disposición típica de capas de una cubierta invertida con baldosas apoyadas sobre soportes distanciadores.



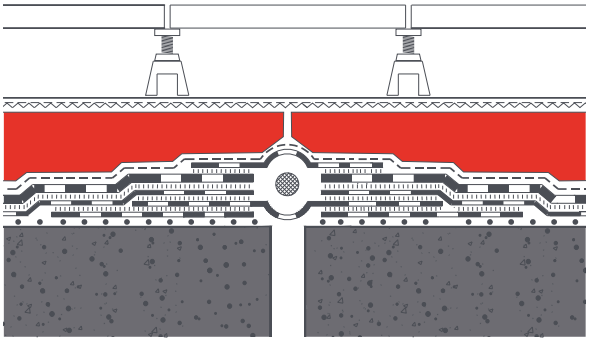
Detalle general



Detalle desagüe



Detalle remate perimetral



Detalle junta estructural

Archivo BASF

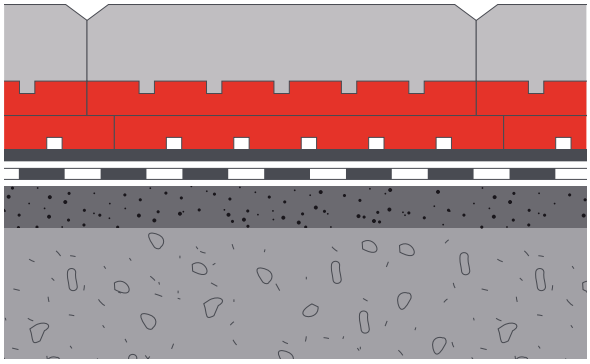
Cubierta invertida con baldosas aislantes

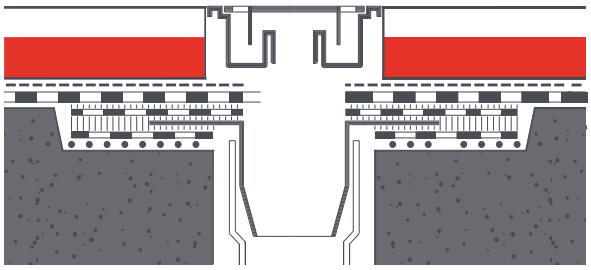
En este caso se trata de una solución integral, donde un solo producto incorpora el aislamiento de XPS y el acabado transitable, normalmente a base de baldosa hidráulica con árido seleccionado entre 3 y 5 mm que da lugar a un hormigón poroso con una gran capacidad de drenaje.

La cubierta invertida con baldosas aislantes es una solución idónea tanto en obra nueva como en trabajos de rehabilitación energética, por su facilidad de instalación, colocando en una sola operación aislamiento y acabado, eliminando la necesidad de verter grava o de colocar un pavimento, con el consiguiente ahorro de mano de obra.

La colocación en seco de las baldosas flotantes de XPS + hormigón hidráulico, que aportan en una sola operación las capas de aislamiento, lastre y acabado transitable, sin mortero de agarre, permite la inspección de la membrana impermeable para posibles reparaciones.

El sistema puede combinarse con la aplicación de grava en puntos singulares y encuentros con paramentos. Del mismo modo, se pueden realizar cubiertas combinando zonas transitables y no transitables. Normalmente los equipos técnicos se pueden posicionar en bancadas construidas directamente sobre las baldosas.


Detalle general

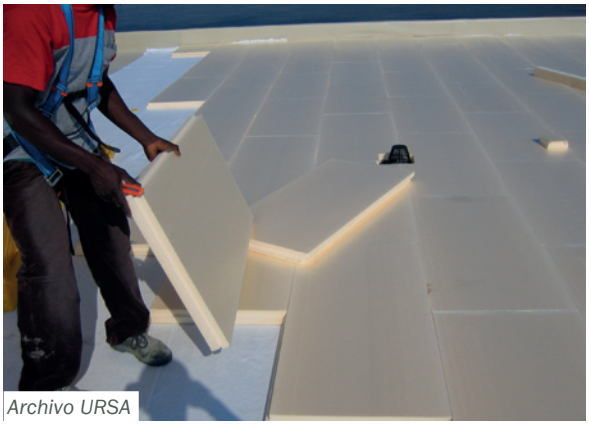

Detalle desagüe

Archivo DOW

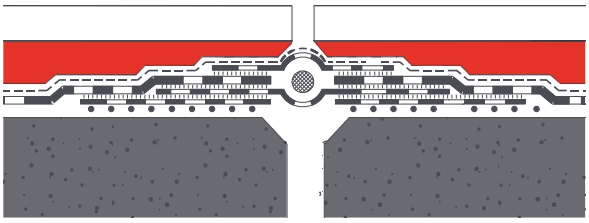
Archivo DOW

Con este tipo de solución, se puede convertir en una sola operación una cubierta plana tradicional en una cubierta invertida transitable para uso peatonal mediante la instalación de las baldosas flotantes sobre la membrana impermeable, intercalando una lámina geotextil separadora entre ambas capas, lo cual resulta especialmente interesante en obras de rehabilitación energética.

Las figuras aquí incluidas muestran la disposición típica de capas en una cubierta invertida transitable, así como la solución de algunos puntos singulares.

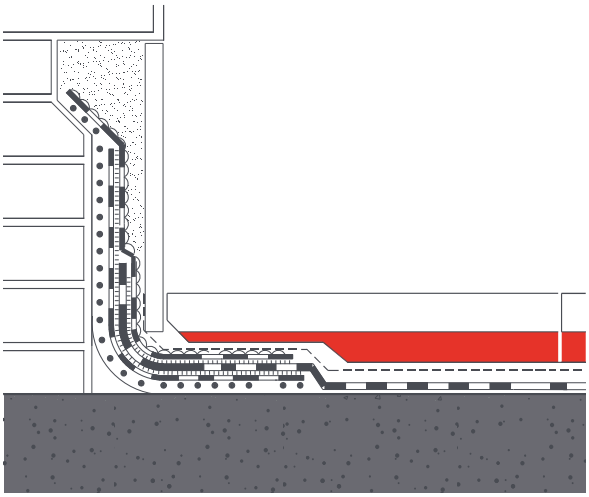


Archivo URSA



Detalle junta estructural

Archivo URSA



Detalle remate perimetral

Archivo TOPOX

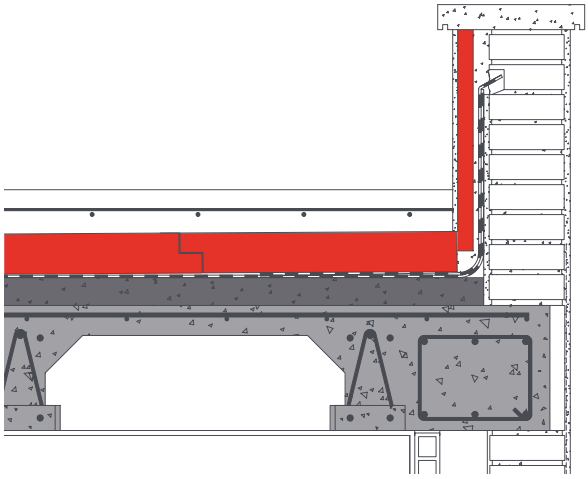
Archivo URSA

Cubierta invertida tráfico rodado

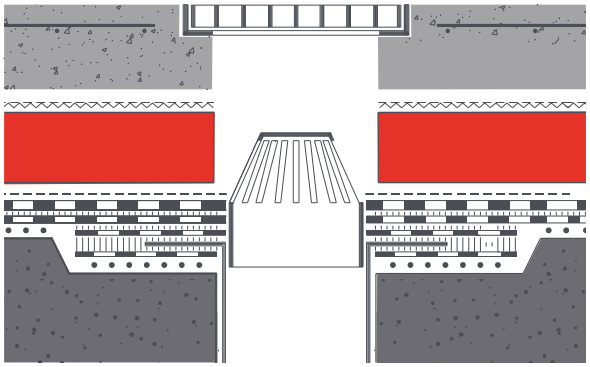
Este tipo de cubiertas invertidas, diseñadas para la circulación y el aparcamiento de vehículos, incorporan una capa de rodadura de hormigón o de aglomerado asfáltico vertido sobre capa de hormigón armado.

Se recomienda la colocación de una capa antipunzonante sobre el aislante de XPS, encima de la cuál se extenderá una capa de hormigón armado de no menos de 8 cm de espesor, para repartición de cargas, que recibirá finalmente la capa de rodadura asfáltica o de hormigón.

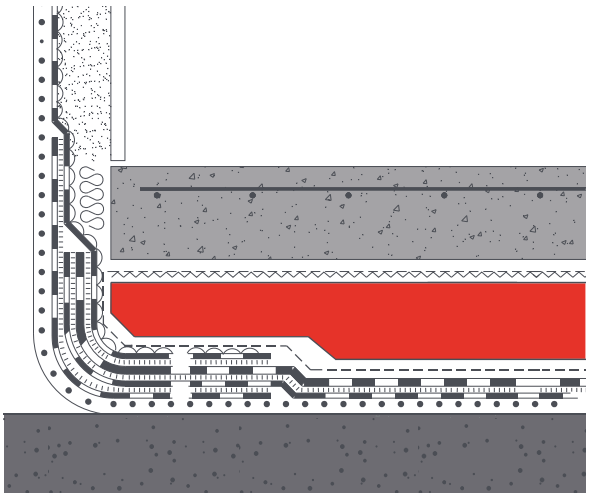
Las figuras aquí incluidas muestran la disposición típica de capas en una cubierta invertida tráfico rodado, así como la solución de algunos puntos singulares.



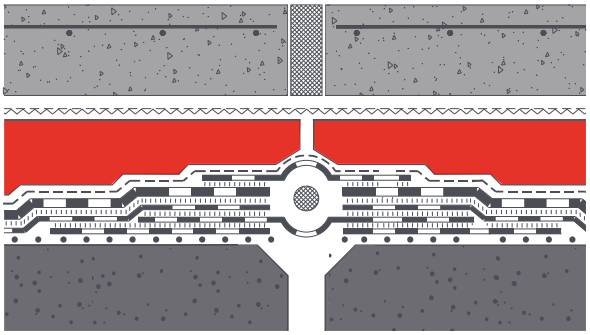
Detalle general



Detalle desagüe



Detalle remate perimetral



Detalle junta estructural

6 Puesta en obra

La colocación de planchas de poliestireno extruido (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 poliestireno extruido (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 (XPS). 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.

La cubierta invertida se aplica habitualmente sobre forjados de hormigón, aunque también puede instalarse sobre estructuras metálicas o incluso de madera. La pendiente puede estar comprendida entre el 1 y el 5%, y se puede utilizar cualquier tipo de membrana impermeable, ya sea de tipo bituminoso, tanto adherida como no adherida, ya sea de tipo sintético, aunque para este segundo tipo de membrana habrá que consultar con el fabricante la posible incompatibilidad entre ésta y el poliestireno extruido (XPS). Si se da esta incompatibilidad, puede producirse migración de plastificantes de la membrana al aislante, contrayendo dimensionalmente y fragilizándose aquélla, poniendo en riesgo la estanquidad de la cubierta, aunque generalmente será suficiente colocar una capa separadora tipo geotextil del gramaje adecuado entre ambas capas.

Podemos establecer una clasificación de cubiertas planas invertidas en transitables y no transitables.

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.

Archivo FIBRAN

Archivo TOPOX

Archivo KNAUF INSULATION

Acabados no transitables

Cubierta invertida no transitable acabada en grava

Árido rodado, en granulometría 20 - 40 mm, lavado, y en espesor mínimo de 50 mm. Con 50 mm se aportan entre 80 y 100 kg/m^2 de sobrecarga, que compensan el empuje, por flotabilidad, de las planchas ligeras y rígidas de poliestireno extruido.

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

Archivo URSA

Acabados transitables

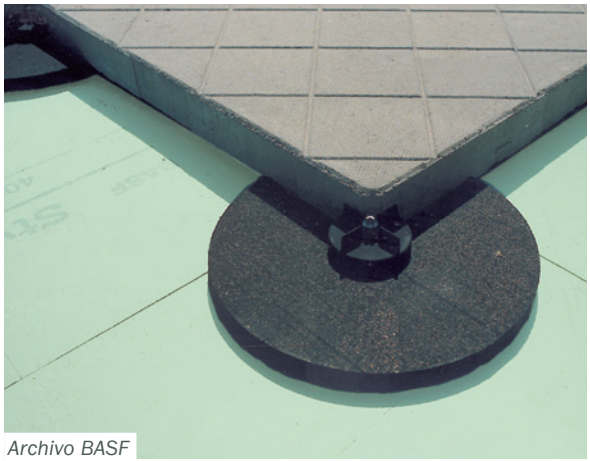
Hay varias opciones como protecciones transitables. Las tres primeras para tránsito de personas y la cuarta para tránsito, además, de vehículos.

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/cm^2, 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".



Archivo BASF

Pavimento continuo de baldosín cerámico

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

Archivo TOPOX

tal, sino más bien el secado (si se prevén juntas "abiertas" de cada paño embaldosado, por donde "respire" la llamada capa de "aireación") y, a la vez, drenaje, en caso de presentarse 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).

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.

Archivo DOW

Pavimento de baldosas aislantes

Debido a la protección pesada requerida por la solución invertida (con los diversos acabados expuestos), en las tipologías anteriores se obtiene una sobrecarga en cubierta de más de 80 kg/m^2. Cuando, por razones estructurales o por tratarse de una 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 podamos optar por instalar baldosas aislantes, con base aislante de poliestireno extruido (XPS) integralmente adherida a la terminación en mortero tratado u hormigón poroso, que aportan, según los modelos, entre 25 y 60 kg/m^2 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 estará 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

Archivo URSA

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 1.000 mm), 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:

› Una capa de drenaje o "geodren" entre las planchas aislantes de XPS y la capa de sustrato.

› Una capa de sustrato con espesor entre 60 y 120 mm (compárese con el acabado intensivo).

› Plantas seleccionadas de modo que no necesiten cuidados ni riego periódicos (típicamente del género Sedum, plantas crasas, tipo "uña de gato"). Además son plantas con un porte pequeño, lo que, en caso de incendio, no agrava el problema, al no representar una gran masa orgánica en cubierta.

› Las principales ventajas de las cubiertas vegetales extensivas son:

- la mejora estética, la relativa ligereza respecto de la solución intensiva;
- el mantenimiento mínimo:
- la reducción de caudales que debe soportar la evacuación de pluviales, y la formación de un sumidero de CO_2 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 la finalidad de mantener la temperatura por debajo del límite de servicio permanente y garantizar la estabilidad dimensional resultante, se instalan láminas impermeabilizantes sintéticas (se recomiendan de aplicación en frío) con acabado de color blanco o claro, a fin de evitar un sobrecalentamiento que pueda deteriorar al aislante. 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.

aipex

ASOCIACIÓN IBÉRICA DE POLIESTIRENO EXTRUIDO

Síguenos en:

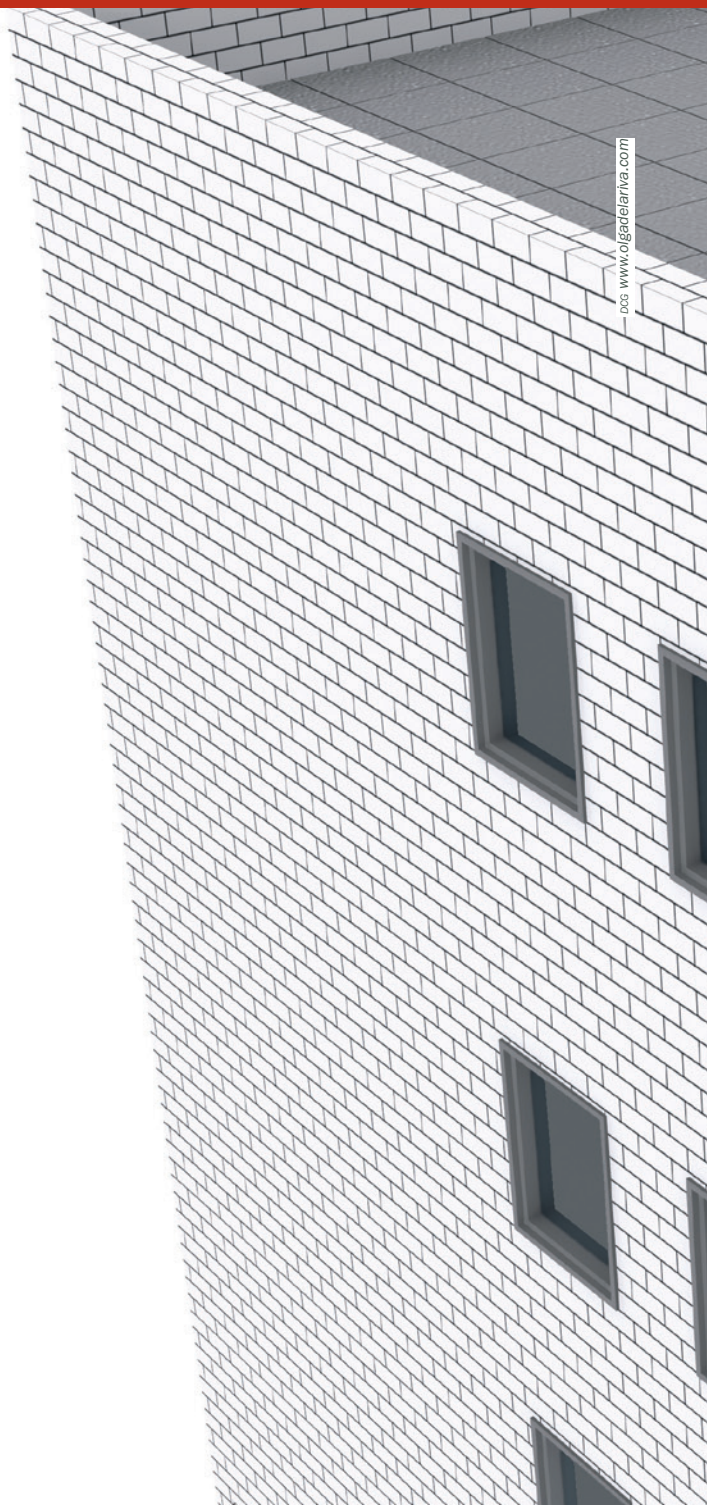
Numancia 185, 2º 2ª
08034 Barcelona
Tel. +34 93 534 34 16
Fax +34 93 534 34 92
info@aipex.es · www.aipex.es

Asociados

ChovA
SISTEMAS DE IMPERMEABILIZACIÓN Y AISLAMIENTO

danosa

EFYOS SOPREMA

fibran

URSA