

Soluciones para Cubierta Plana Invertida





El presente estudio ha sido realizado con el objetivo de poner a disposición del Arquitecto y de los Técnicos del sector de la construcción una herramienta útil y concisa, que comunique las ventajas que aporta la utilización de poliestireno extruido en las soluciones de cubierta plana.

Comisiones Técnicas de ANFI y AIPEX

NOTA: Los cálculos y soluciones que se incluyen en este documento se ajustan al Código Técnico de la Edificación, documentos básicos DB HE y DB HS, así como al Catálogo de Elementos Constructivos.

Los sistemas y recomendaciones que se establecen en el presente libro son de tipo orientativo ajustados a la normativa de referencia. Las Comisiones Técnicas de ANFI y de AIPEX no se hacen responsables de errores derivados de la interpretación de este documento.

ÍNDICE



GENERALIDADES

1.	INTRODUCCIÓN.....	4
2.	AISLAR CUBIERTAS PLANAS INVERTIDAS.....	4
3.	REQUISITOS DE UN AISLANTE TÉRMICO PARA CUBIERTA INVERTIDA.....	5
4.	CONTROL TÉRMICO.....	7
5.	EFEECTO DE LA LLUVIA EN EL CÁLCULO TÉRMICO DE UNA CUBIERTA INVERTIDA.....	8
6.	CONTROL DE LAS CONDENSACIONES.....	11
7.	COMPORTAMIENTO ANTE CARGAS.....	12
8.	NORMATIVA Y CERTIFICACIÓN.....	12
9.	ELEMENTOS DE UNA CUBIERTA PLANA INVERTIDA.....	13
10.	PUESTA EN OBRA.....	13
11.	TIPOS DE CUBIERTAS PLANAS INVERTIDAS.....	15
	11.1 CUBIERTAS TRANSITABLES PARA PEATONES.....	16
	11.1.1 Acabado con baldosas.....	17
	11.1.2 Acabado con baldosas aislantes.....	19
	11.1.3 Acabado con baldosas cobre soportes.....	21
	11.2 CUBIERTAS TRANSITABLES PARA PEATONES ESPACIOS PÚBLICOS Y ZONAS DEPORTIVAS.....	23
	11.2.1 Acabado con baldosas de hormigón.....	23
	11.2.2 Acabado con adoquín sobre lecho de arena.....	26
	11.3 CUBIERTAS PARA TRÁFICO DE VEHÍCULOS.....	28
	11.3.1 Acabado con hormigón.....	28
	11.4 CUBIERTAS NO TRANSITABLES.....	30
	11.4.1 Acabado con grava.....	30
	11.5 CUBIERTAS AJARDINADAS.....	33
	11.5.1 Acabado con capa de sustrato y vegetación.....	33

GENERALIDADES

1. INTRODUCCIÓN

En esta sección se explica la aportación de una cubierta invertida, especificando seguidamente los requisitos de un aislamiento térmico, sólo satisfechos por las planchas de espuma de poliestireno extruido (XPS). A continuación se pasa revista a una serie de conceptos útiles para el diseño de cubiertas invertidas con XPS, como son el control térmico, el efecto de la lluvia en el cálculo térmico de una cubierta invertida, el control de las condensaciones y la fluencia a compresión, propiedad básica de los materiales aislantes que van a ser instalados bajo carga permanente, como ocurre en una cubierta. Finalmente se hace un repaso de normativas y certificaciones referidas a la cubierta invertida.

2 AISLAR CUBIERTAS PLANAS INVERTIDAS

Una cubierta invertida está constituida principalmente por los siguientes elementos:

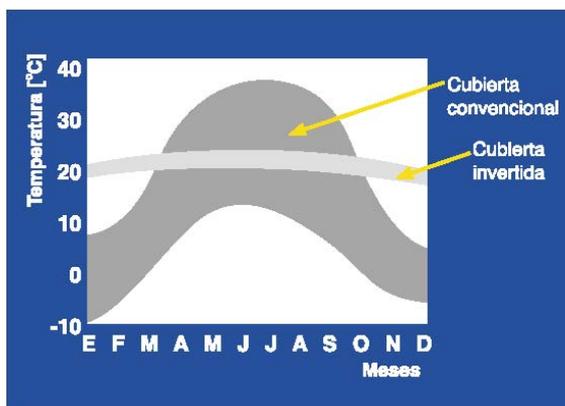
- Forjado resistente
- Formación de pendientes
- Impermeabilización
- Aislamiento térmico
- Acabado



Se diferencia de la convencional en la posición del aislamiento térmico, que en este tipo de cubierta se sitúa sobre la membrana impermeabilizante.

Esta ubicación de la capa aislante aporta los siguientes efectos:

- **Reducción del choque térmico sobre la membrana impermeabilizante.** En el gráfico adjunto se reflejan las variaciones anuales de la temperatura de la impermeabilización en los casos de cubierta convencional y cubierta invertida. Se puede apreciar que las variaciones de la temperatura de la impermeabilización en la cubierta invertida son sustancialmente inferiores a la de una cubierta convencional.
- **Disminución de temperaturas extremas** sobre la membrana impermeabilizante.
- **Posibilidad de colocación bajo condiciones meteorológicas adversas**, lo que implica rapidez de ejecución.
- Menor incidencia de la mano de obra, gracias a la sencillez y rapidez de colocación.



EJEMPLO DE EVOLUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS SOBRE LA MEMBRANA IMPERMEABILIZANTE EN CUBIERTA CONVENCIONAL E INVERTIDA

- **Actuación de la membrana impermeabilizante como barrera contra el vapor.** Dado que la impermeabilización está situada bajo el aislamiento térmico, es decir, en su “cara caliente”, cumple también el papel de barrera contra el vapor con lo que, en vez de haber dos capas impermeables, hay una sola capa de doble función.
- **Menor incidencia de la mano de obra,** gracias a la sencillez y rapidez de colocación.
- **Facilita el acceso a la impermeabilización** en la mayoría de los casos, para su reparación, y en general, reduce su mantenimiento.
- **Homogeneidad de la capa aislante.** El espesor del aislamiento es uniforme a lo largo de toda la cubierta.
- **Posibilita múltiples acabados** (no transitables, transitables, parking, ajardinado, etc.).

Por supuesto el concepto de cubierta invertida explicado depende absolutamente de un aislante térmico con unas propiedades excepcionales, no sólo térmicas, sino también mecánicas y de insensibilidad a la humedad.

3 REQUISITOS DE UN AISLANTE TÉRMICO PARA CUBIERTA INVERTIDA

Una cubierta invertida conlleva una exposición del aislamiento térmico al agua procedente de lluvia, heladas, cargas de diversa índole, etc. En definitiva, una situación que lo somete a duras condiciones sin que por ello pueda perder su eficacia.

Necesariamente el aislante para una cubierta invertida debe tener las siguientes características, y así queda determinado en los diversos “Approvals” europeos que siguen las directrices de la EOTA (European Organization for Technical Approvals):

- Resistencia a la absorción de agua a largo plazo por inmersión, de modo que conserve todas sus características térmicas y mecánicas en contacto con el agua. Tomando como referencia el ensayo según UNE-EN 12087, se considera un valor $\leq 0,7\%$ de absorción de agua -en volumen-.
- Resistencia a la absorción de agua tras ciclos de hielo-deshielo. Igualmente, a partir del ensayo según UNE EN 12091, se considera un valor $\leq 1\%$ de absorción de agua -en volumen-.
- Mantenimiento de la resistencia mecánica tras ciclos de hielo-deshielo. Después de los ciclos de hielo-deshielo, según UNE-EN 12091, el producto no verá disminuida su resistencia a compresión en más de un 10% según UNE-EN 826.

- Resistencia a la absorción de agua por difusión del vapor. De acuerdo con el ensayo UNE EN 12088, se considera un valor $\leq 3\%$ de absorción de agua -en volumen-.

- Resistividad a la difusión del vapor, factor μ , según ensayo UNE EN 12086, ≥ 100 .

- Resistencia mecánica al manejo para su instalación y a las cargas que se vea sometido durante y después de su instalación. Se toma como referencia admitida (y probada por más de 35 años de experiencia recogida en los “Agrément” y en los Informes de Comportamiento a Largo Plazo de cubiertas invertidas de diversos Institutos Europeos de la Construcción), un valor de resistencia a compresión a corto plazo, según ensayo UNE EN 826, ≥ 300 kPa (3 kp/cm²) y valores de fluencia a largo plazo inferiores al 2% a 50 años bajo cargas de 1 kg/cm², de acuerdo con UNE EN 1606.

- Estructura de célula cerrada, $\geq 95\%$, lo que explica su excelente comportamiento ante la humedad al imposibilitarse que el agua pase de una célula a la siguiente (a modo de compartimentos estancos, y separados por una pared celular, el poliestireno, hidrófoba)

- Capilaridad nula.

- Imputrescibilidad

Entre los materiales de aislamiento térmico sólo el XPS posee a la vez todas las propiedades reseñadas. Puede ocurrir que otros materiales aislantes satisfagan eventualmente alguna de las propiedades anteriores, pero nunca todas a un tiempo, como es el caso del XPS.

En definitiva, el sistema de cubierta invertida está fundamentado en las características del poliestireno extruido (XPS), y en ningún caso puede aplicarse el concepto si no es basándose en ellas.

Además, a la hora de elegir un producto de XPS, se buscará aquel que cuente con la debida certificación de calidad, la cual garantiza que, efectivamente, ofrece la calidad y prestaciones reseñadas. **En el caso de España, se trata de la Marca AENOR, concedida a fabricantes con implantación de un Sistema de Calidad sobre su proceso de fabricación, y un control del producto fabricado mediante ensayos periódicos en laboratorios oficiales, de acuerdo con la norma de producto correspondiente (para el XPS, UNE –EN 13164).**

Por otro lado, junto a las propiedades anteriores, específicas para poder ser instalado en cubierta invertida, el XPS cuenta con otras características valiosas:

Resumen de características

Resistencia mínima a la compresión según UNE-EN- 826 kPa	Absorción de agua por inmersión según UNE-EN- 12087 %	Deformación máxima bajo carga y temperatura según UNE-EN- 1605 %	Fluencia a compresión según UNE-EN- 1606 %	Absorción de agua por difusión según UNE-EN- 12088 %	Resistencia a la congelación / descongelación según UNE-EN- 12091
CS(10/Y)300 kPa ¹	WL(T)0,7	DLT(2)5 %	CC(2/1,5/50)100 ²	WD(V)3	FT2

¹ En cubiertas transitables para vehículos CS(10/Y) será = 500 kPa.

² En cubiertas transitables para peatones CC será = 175 % mientras que en cubiertas no transitables no hay exigencia.

- Excelente conductividad térmica, con un valor, estable indefinidamente en el tiempo, de entre 0,034 y 0,036 W/(m·K) para los usos establecidos en este documento.
- Mantenimiento a largo plazo de sus prestaciones térmicas, como lo muestran los informes de diversos Institutos Técnicos Europeos, sobre obras con 20 y más años de antigüedad.

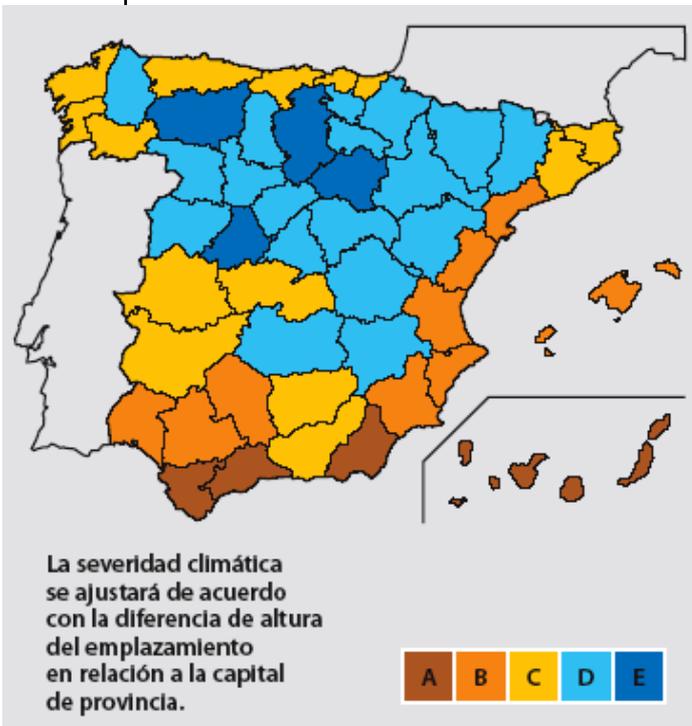
- Euroclase E de reacción al fuego.
- Fácil de trabajar y cortar
- Seguro en la manipulación, no irritante ni nocivo para la salud.
- Mínimo impacto medioambiental: fabricado sin agentes con potencial de reducción del ozono estratosférico.

4 CONTROL TÉRMICO

El Código Técnico de la Edificación (CTE) en su documento básico DB-HE 1, establece los valores límite de la transmitancia térmica de cubiertas U_c (W/m²·K) para cada una de las 12 zonas climáticas definidas en función de las severidades del invierno, A, B, C, D, E y de verano 1, 2, 3, 4.

Para estas zonas climáticas se establecen 5 niveles de exigencias mínimas para la transmitancia térmica que van de 0,35 a 0,50 W/m²·K, según se recoge en mapa de zonificación.

En la tabla inferior se refleja el nuevo dimensionado del aislamiento térmico de planchas XPS en cubiertas invertidas en función de los valores U_c límites para cada zona climática, consignados en la opción simplificada del CTE HE-1.



ZONA INVERNAL	VALORES U_c LIMITE PARA CUBIERTAS (W/m ² ·K)	ESPESOR ORIENTATIVO PARA CUBIERTA INVERTIDA (mm)
A	0,50	50
B	0,45	60
C	0,41	70
D	0,38	70
E	0,35	80

Los valores de espesores anteriores son orientativos para las soluciones basadas en forjado de bovedilla (ya sea cerámica o de hormigón, y para un canto de forjado de 25+5 cm).

El Catálogo de Elementos Constructivos del CTE establece, para varias tipologías de cubiertas, la relación entre la transmitancia térmica U ($W/m^2 \cdot K$) y la resistencia térmica del aislante en cubiertas R_{AT} ($m^2 \cdot K/W$), en función del soporte resistente.



Por ejemplo, para una cubierta plana, transitable no ventilada con solado fijo y soporte resistente a base de forjado unidireccional con elementos de entrevigado (bovedilla) cerámicos, $U = 1/(0,55+R_{AT})$.

En este caso, para una zona climática tipo D. (Zona climática del centro de España, incluyendo Madrid):

$$U \text{ (W/m}^2 \text{ K)} = 0,38 = 1/(0,55 + R_{AT});$$

$$\text{donde: } R_{AT} = 2,08 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Conocida la R_{AT} del aislante y la conductividad térmica λ en $W/(m \cdot K)$ facilitada por el fabricante, el espesor se calculará a partir de la fórmula:

$$e = \lambda \text{ (W/m} \cdot \text{K)} \cdot R_{AT} \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}$$

El valor de λ para un XPS oscila entre 0,034 y 0,036 $W/m \cdot K$ por lo que considerando, por ejemplo, un $\lambda = 0,034 \text{ W/m} \cdot \text{K}$.

$$e = 0,034 \text{ (w/m} \cdot \text{K)} \cdot 2,08 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

$$e = 0,070 \text{ m}$$

$$e = 70 \text{ mm (aprox.)}$$

INERCIA TÉRMICA: Al colocar las planchas de XPS sobre el soporte estructural de la cubierta (forjado, losa, etc.), se aprovecha al máximo la capacidad calorífica de los materiales del soporte, que colaboran de esta forma con toda la efectividad posible a la inercia térmica del edificio, estabilizando la temperatura interior ante los cambios térmicos exteriores y evitando el riesgo de condensación si hubiera alguna discontinuidad en el aislamiento de la cubierta (puente térmico).

5 EFECTO DE LA LLUVIA EN EL CÁLCULO TÉRMICO DE UNA CUBIERTA INVERTIDA

Este capítulo se introduce a título informativo y no se contempla en el DB-HE ni el Catálogo de Elementos Constructivos. En cualquier caso el resultado de los cálculos arroja incrementos de espesores de aislamiento mínimos absorbidos por los espesores comerciales.

Aunque la mayor parte del agua de lluvia se evacúa por encima de las planchas de XPS, a través de las juntas de las planchas se produce una escorrentía limitada, de modo que una pequeña cantidad del agua de lluvia alcanza el nivel de la impermeabilización, bajo el aislamiento térmico, sustrayendo así calor del forjado.

Diversos Institutos independientes de la construcción en toda Europa han llevado a cabo innumerables ensayos para medir la influencia del agua de lluvia sobre la temperatura de la cubierta, elaborando de esta manera el fundamento de la medida del aislamiento térmico en cubierta invertida. Para compensar las pequeñas pérdidas de calor debidas a la lluvia que pasa entre las planchas de XPS y la impermeabilización se calcula, con las fórmulas indicadas a continuación, un espesor de aislamiento un poco mayor que en el sistema tradicional. Así durante el periodo de calefacción, se gana en tiempo seco lo que se ha perdido en periodos de lluvia.

La EN-ISO 6946 aporta el método de corrección de la transmitancia térmica de una cubierta invertida debido a la existencia de agua entre el aislamiento y la membrana impermeabilizante según la siguiente ecuación:

$$\Delta U_r = p \cdot f \cdot x \cdot \left(\frac{R_1}{R_T} \right)^2$$

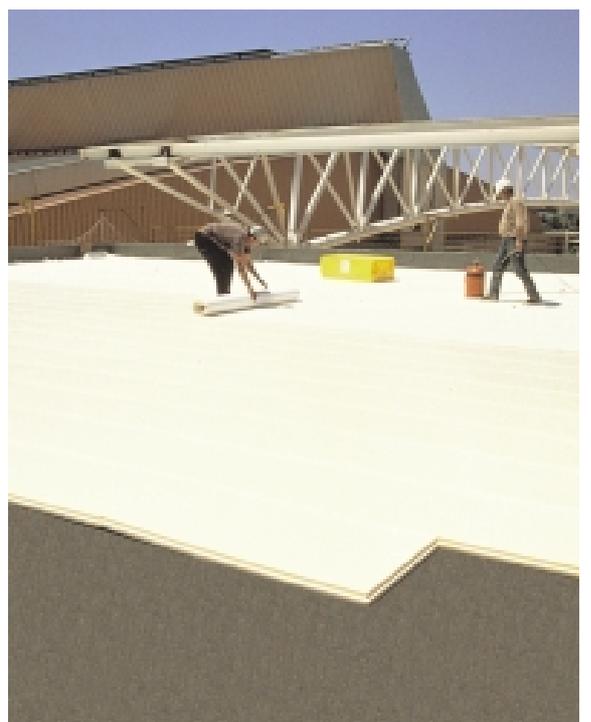
Donde:

- p es el valor medio de las precipitaciones durante la estación de calefacción, basada en los datos relevantes de la localización (p.e. estación meteorológica) o establecidos por las regulaciones locales, regionales o nacionales u otros documentos nacionales o normas, en mm/día.
- f es el factor de drenaje que indica la fracción de la precipitación p que alcanza la membrana impermeabilizante
- x es el factor que cuantifica la pérdida de calor ocasionada por el flujo de agua sobre la membrana en (W.día)/(m²·K·mm).

- R_1 es la resistencia térmica de la capa de aislamiento situada sobre la membrana impermeabilizante en m²·K/W.

- R_T es resistencia térmica total de la cubierta antes de aplicar la corrección, en m²·K/W.

Para aislamientos de una capa con juntas rectas y capa de protección "abierta", por ejemplo grava, $f \cdot x = 0,04$.



Se ha comprobado que la temperatura superficial interior del forjado soporte de una cubierta invertida, durante fuertes aguaceros, es inferior, como máximo, en 1,5 °C respecto de la de una cubierta convencional.

Esta diferencia de temperatura no influye en las condiciones ambientales del interior del edificio ni produce efectos de condensación.

A partir de las fórmulas expuestas, el proyectista realizará los cálculos

para obtener los espesores de XPS adecuados a la zona pluviométrica.

En la tabla inferior se recogen los datos de precipitación de los meses de calefacción (octubre-abril) de las principales capitales españolas, correspondientes al periodo 1971-2000.

Estos son datos oficiales de precipitación publicados por el Instituto Nacional de Meteorología, que se encuentran disponibles, junto a otros datos climáticos en la página www.inm.es.

TABLA DE VALORES P			
CIUDAD	P (mm/día) Precipitación media diaria periodo octubre a abril	CIUDAD	P (mm/día) Precipitación media diaria periodo octubre a abril
Albacete	1,06	Madrid	1,44
Alicante	1,06	Mahón	2,01
Almería	0,73	Málaga	2,19
Ávila	1,16	Murcia	1,17
Badajoz	1,76	Orense	2,87
Barcelona	1,70	Oviedo	3,09
Bilbao	3,86	Palma de Mallorca	1,50
Burgos	1,64	Las Palmas	1,45
Cáceres	1,94	Pamplona	2,23
Cádiz	2,39	Pontevedra	6,12
Castellón	1,35	Salamanca	1,14
Ciudad Real	1,35	San Sebastián	4,81
Córdoba	2,14	Sta. Cruz de Tenerife	0,95
La Coruña	3,55	Santander	4,03
Cuenca	1,58	Segovia	1,38
Gerona	2,10	Sevilla	2,25
Granada	1,37	Soria	1,41
Guadalajara	1,29	Tarragona	1,49
Huelva	2,00	Teruel	0,80
Huesca	1,48	Toledo	1,15
Ibiza	1,48	Valencia	1,50
León	1,73	Valladolid	1,36
Lérida	0,94	Vitoria	2,50
Logroño	1,06	Zamora	1,13
Lugo	3,74	Zaragoza	0,85

6 CONTROL DE LAS CONDENSACIONES

La posición de la impermeabilización en cubierta invertida, bajo el aislamiento, permite que cumpla a la vez la función de barrera contra el vapor. Por consiguiente, el sistema de cubierta invertida elimina virtualmente cualquier riesgo de condensación intersticial ya que la membrana contra el vapor se mantiene caliente y muy por encima del punto de rocío.

Si la protección pesada es “abierta a la difusión del vapor”, al contar con una sola capa impermeable en toda la sección de la cubierta, se evita la posibilidad de formación de una “trampa de agua” (como pudiera ocurrir en una cubierta convencional con barrera contra el vapor e impermeabilización) que deteriore los materiales.

El método para predecir la aparición o ausencia de condensaciones se basa en la construcción de las gráficas de perfil de temperaturas y de presión de vapor (presión de saturación; presión efectiva) a través del cerramiento, la cubierta en este caso.

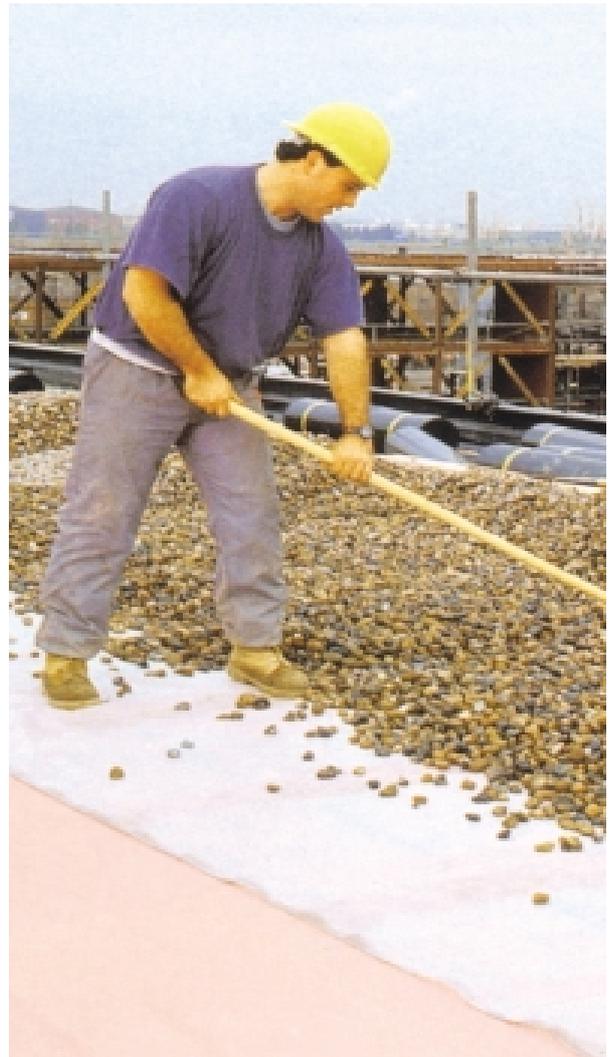
El procedimiento de cálculo viene descrito en la norma europea EN 13788, (basada en el diagrama GLASER de presiones de vapor).

La información necesaria para la realización del cálculo es la siguiente:

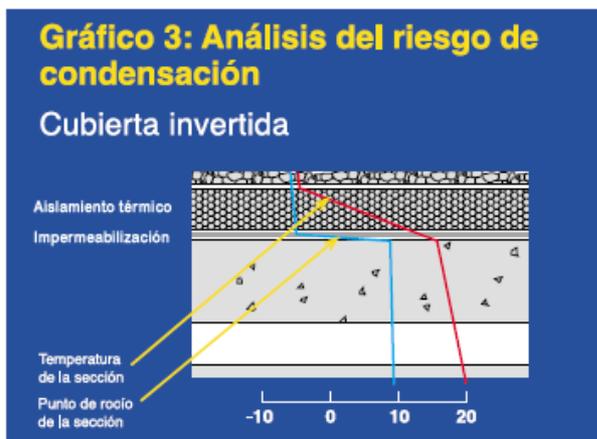
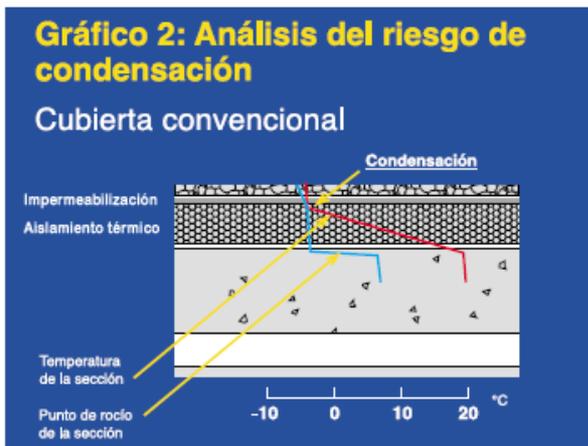
- temperatura y condiciones higrométricas interiores y exteriores.

- conductividad térmica (o resistencia, en su caso) de cada capa.
- resistividad a la difusión del vapor de agua (o resistencia, en su caso) de cada capa.
- espesor de cada capa de la cubierta.

Utilizando esta información se obtiene el perfil de presión de vapor a través de la cubierta. Si la línea de presión efectiva alcanza a la de saturación (o, dicho de otro modo, si la línea de temperatura efectiva alcanza a la de punto de rocío), la condensación tendrá lugar en la cubierta, y en el plano de condensación donde las gráficas son tangentes.



Hay que resaltar que **cuanto mayor sea la resistividad al vapor de agua de un material aislante, menor será el riesgo de condensación. Las planchas de XPS presentan una buena resistividad** (factor $\mu = 100$ a 200, según espesor de plancha -más elevado cuanto menor sea el espesor-)



7 COMPORTAMIENTO ANTE CARGAS

Junto a los valores de resistencia a la compresión “a corto plazo”, válidos para caracterizar los diferentes productos de poliestireno extruido (XPS) en cuanto a control de calidad y certificación (así, p. ej., respecto de la norma UNE –EN 13164), hay que considerar la fluencia o deformación “a largo plazo” bajo carga permanente.

En los métodos de ensayo y cálculo para determinar la fluencia, como UNE EN 1606, se admite una deformación máxima del 2% en un plazo de hasta 50 años. En el caso de las planchas de poliestireno extruido se asegura no sobrepasar tal deformación aplicando un factor de seguridad de 3 al valor obtenido como resistencia a compresión “a corto plazo”: $300/3 = 100$ kPa (1 kp/cm²).

8 NORMATIVA Y CERTIFICACIÓN

- CTE “Código Técnico de la Edificación”- Documento Básico HE Ahorro de Energía - DB HE-1 Limitación de demanda energética”
- CEC “Catálogo de elementos constructivos del CTE”.
- UNE-EN 13164, “Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de poliestireno extruido (XPS). Especificación”.
- CTE “Código Técnico de la Edificación- Documento Básico HS Salubridad – DB HS-1 “Protección frente a la humedad”.
- Certificación - Marca AENOR según UNE-EN 13164.
- Evaluaciones de Idoneidad Técnica

9 ELEMENTOS DE UNA CUBIERTA PLANA INVERTIDA

Los elementos integrantes de una cubierta plana invertida son los que se relacionan a continuación:

- Forjado ó soporte resistente
- Capa de formación de pendientes¹
- Impermeabilización
- Capa separadora antiadherente
- Aislamiento térmico
- Capa separadora antipunzonante
- Capa de acabado

Además, allí donde sea necesario se utilizarán capas auxiliares para:

- Proporcionar protección física o química
- Actuar como capa filtrante
- Actuar como capa drenante
- Actuar como capa ignífuga

En una cubierta plana invertida, la membrana asfáltica junto con el aislamiento térmico de poliestireno extruido, son los elementos encargados de proporcionar las condiciones de habitabilidad y confort en el interior de la vivienda.



10 PUESTA EN OBRA

Para la puesta en obra de los sistemas diseñados con cubierta plana invertida, se tendrán en cuenta los siguientes criterios generales:

CAPA DE FORMACION DE PENDIENTES

En caso de requerirse, la capa de formación de pendientes tendrá una resistencia a la compresión ≥ 200 kPa (20.000 kg/m^2).

El CTE establece una pendiente mínima del 1%. Se podrán realizar cubiertas con pendiente comprendida entre el 0% y el 1% siempre que se disponga de un Documento de Evaluación Técnica que lo avale.

IMPERMEABILIZACIÓN

• Capa de imprimación

Para sistemas no adheridos se imprimirán las siguientes zonas:

¹ Esta capa no existirá en el caso de pendiente = 0 y cuando se disponga de un DIT para el sistema

- Encuentro con paramentos: el faldón en una anchura no menor que 15 cm, y el paramento en una altura tal que sobrepase en 20 cm o más, el punto más elevado que se prevé alcance la protección;
- Encuentro con sumideros: una banda de 30 cm de anchura, como mínimo, que cubra el borde externo de los sumideros.
- Juntas de dilatación: una banda de 30 cm de anchura, como mínimo a cada lado de la junta.
- Encuentro con elementos emergentes (chimeneas, tubos, etc.): unas bandas continuas que cubran el faldón en una anchura no menor que 15 cm y la parte inferior del elemento hasta la altura a la que llegue la banda de terminación.

Para los sistemas adheridos, además de las superficies especificadas para los sistemas no adheridos, se imprimirá toda la superficie de la cubierta.



• Membrana impermeabilizante

Para sistemas monocapa no adheridos, las láminas deben adherirse en los solapes y al soporte en los puntos singulares. Los solapes longitudinales tendrán una anchura mínima de 8 ± 1 cm,

excepto para cubiertas con pendiente igual a 0%, en cuyo caso tendrán una anchura de 12 cm.

Los solapes transversales tendrán, como mínimo 10 ± 1 ó 12 cm según los casos anteriores.

Para sistemas bicapa no adheridos, sobre las láminas de la primera capa, se adherirán totalmente las láminas de la segunda capa mediante calentamiento, sellando sus solapes. Además la membrana deberá adherirse en los puntos singulares.

La colocación de las dos capas de láminas debe hacerse en la misma dirección. Las láminas de la segunda capa deben tener sus solapes longitudinales de tal manera que queden desplazados con respecto a los de la primera en una longitud aproximadamente igual a la mitad del ancho de la lámina, menos el ancho del solape (a cubrejuntas). En consecuencia, el ancho de la primera hilera de la segunda capa debe ser aproximadamente igual a la mitad del ancho del rollo.

Los solapes longitudinales y transversales de ambas capas tendrán una anchura de 8 ± 1 cm.

Para sistemas monocapa adheridos, la lámina debe colocarse soldándola por calentamiento sobre la imprimación de la base. Los solapes longitudinales tendrán una anchura mínima de 8 ± 1 cm, excepto para cubiertas con pendiente igual a 0%, en cuyo caso tendrán una anchura de 12 cm. Los solapes transversales tendrán, como mínimo 10 ± 1 o 12 cm según los casos anteriores.

Para sistemas bicapa adheridos, las láminas estarán adheridas al soporte y entre sí, soldando sus solapes. Los solapes longitudinales y transversales de ambas capas tendrán una anchura de 8 ± 1 cm como mínimo.

AISLAMIENTO

Serán placas de poliestireno extruido según UNE-EN 13164. Se colocarán a rompejuntas y sin huecos, entre paneles, superiores a 0,5 cm.

Las placas se podrán colocar en una o varias capas.

En los puntos de paso de conductos, donde la cubierta quede perforada, las placas aislantes pueden ajustarse empleando para ello las herramientas de corte habituales (cuchillas, sierras, etc.), con cuidado de no dañar la membrana impermeabilizante.

En los puntos de unión con petos o paramentos continuos verticales, las placas aislantes deben ajustarse al encuentro con el muro.

En las juntas de dilatación, las placas aislantes colocarán a testa.

El bajo coeficiente de dilatación del aislamiento permite, mediante esta forma de colocación, reducir los efectos de posibles puentes térmicos.

PROTECCIONES

El diseño de la capa de protección deberá tener en cuenta lo establecido en el CTE, Documento Básico SE-AE "Seguridad Estructural. Acciones en la edificación, para evitar que la acción del viento la levante.

De utilizar grava como capa de protección, debe emplearse árido de canto rodado, \varnothing 16-32 mm, lavado, con un espesor recomendable igual al del XPS, y un mínimo de 5 cm (en cualquier caso se calculará según las exigencias del DB-AE "Acciones en la edificación"). Se aumentará el espesor de la capa en las zonas más expuestas, tales como bordes, esquinas, etc.

Las cubiertas visitables únicamente a efectos de su mantenimiento, (limpieza de chimeneas, inspección de sistemas de ventilación) deberán estar provistas de caminos de circulación realizados, preferentemente, con baldosas aislantes.

CAPAS AUXILIARES

Se colocarán allí donde se precise y se solaparán un mínimo de 10 cm.

Como capa antiadherente se utilizará un geotextil sintético o un velo de vidrio. Como capa antipunzonante se utilizará un fieltro adecuado a los requisitos de resistencia al punzonamiento.

11 TIPOS DE CUBIERTAS PLANAS INVERTIDAS

En este capítulo se relacionan los distintos tipos de cubiertas planas invertidas en función del uso al que esté destinado la cubierta. Para cada uso se propone una solución detallada con los esquemas correspondientes. Los soportes, membranas y acabados que se incluyen en los ejemplos, son los que se consideran más representativos para cada caso, pero no los únicos. El Documento Reconocido del CTE de ANFI (en tramitación) y el Catálogo de Elementos Constructivos del CTE contemplan todas las soluciones admitidas para cada tipo de cubierta.

11.1 CUBIERTAS TRANSITABLES PARA PEATONES

Son aquellas cubiertas destinadas a ser usadas para tránsito normal de peatones, se exceptúan las que se destinen a grandes solicitaciones como espacios públicos o zonas deportivas, que se contemplan en otros apartados.

El soporte base de la membrana impermeabilizante podrá ser de hormigón ligero acabado con capa de mortero, hormigón o madera y deberá tener una resistencia mínima a la compresión igual a 200 KPa (20.000Kg/m²). El acabado de la cubierta, que además es la protección pesada de la membrana puede ser a base de:

- Baldosas recibidas con mortero
- Baldosas apoyadas sobre soportes
- Baldosas con aislamiento térmico incorporado
- Capa de mortero

11.1.1 Cubierta Invertida Transitable, acabada con baldosas

Características del sistema:

Uso de la cubierta: **Transitable**

Pendiente: **Del 1% al 5%**

Protección: **Baldosas recibidas con mortero**

Relación de la membrana con el soporte: **Adherida o No adherida**

Elementos Integrantes:

- 1.- Soporte resistente de hormigón / Capa de formación de pendientes
- 2.- Membrana impermeabilizante
- 3.- Capa separadora antiadherente
- 4.- Aislamiento térmico
- 5.- Capa separadora antipunzonante
- 6.- Baldosas recibidas con mortero

Características de la membrana impermeabilizante:

Impermeabilización	MONOCAPA MEJORADA	BICAPA	
Designación	MI-TP	BI-TP	
Masa mínima	4,0 kg/m ²	6,0 kg/m ²	
Lámina superior	LBM-40	LBM-30-FP	LBM-30
Lámina de base	---	LBM-30	LBM-30-FP

Valores de R_{AT} para una cubierta invertida transitable para peatones con solado fijo:

ZONA CLIMÁTICA	U W/m ² ·K	VALORES DE R _{AT} (m ² ·K/W) EN FUNCION DEL TIPO DE FORJADO							
		FORJADO UNIDIRECCIONAL			FORJADO RETICULAR				LOSA MACIZA
		ENTREVIGADO (BOVEDILLA)			ENTREVIGADO (CASETÓN)		SIN ENTREVIGADO		
		EPS	CERAMICO	HORMIGÓN	EPS	CERAMICO		HORMIGÓN	
A	0,50	0,93	1,45	1,54	1,53	1,58	1,60	1,67	1,65
B	0,45	1,15	1,67	1,76	1,75	1,80	1,82	1,89	1,87
C	0,41	1,37	1,89	1,98	1,97	2,02	2,04	2,11	2,09
D	0,38	1,56	2,08	2,17	2,16	2,21	2,23	2,30	2,28
E	0,35	1,79	2,31	2,40	2,39	2,44	2,46	2,53	2,51

Puesta en obra:

Capa de formación de pendientes: La pendiente estará comprendida entre el 1% y el 5%. Para pendientes comprendidas entre el 0% y el 1% se precisará una Evaluación Técnica favorable y en el caso de la monocapa, la lámina será del tipo mínimo LBM-48 (masa mínima 4,8 kg/m²).

Capa separadora antiadherente: Se colocará una capa separadora antiadherente entre la impermeabilización y el aislamiento que se extenderá flotante sobre la membrana.

Capa separadora antipunzonante: Sobre el aislamiento térmico se colocará una capa separadora antipunzonante.

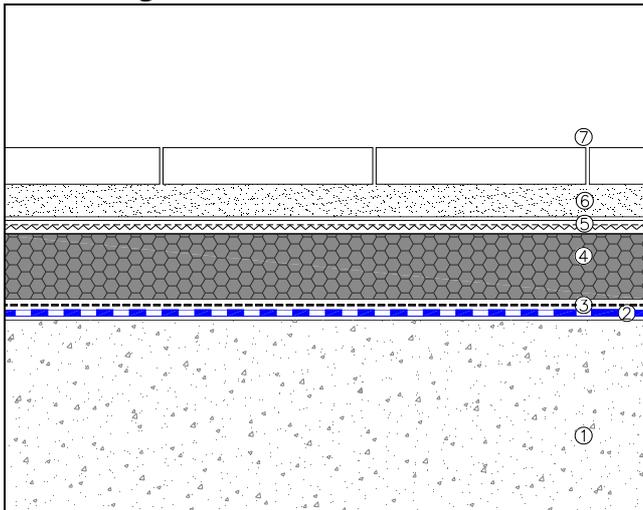
Baldosas recibidas con mortero: Las baldosas se recibirán sobre una capa de mortero.

**CUBIERTA
INVERTIDA
TRASITABLE
ACABADO
BALDOSA**



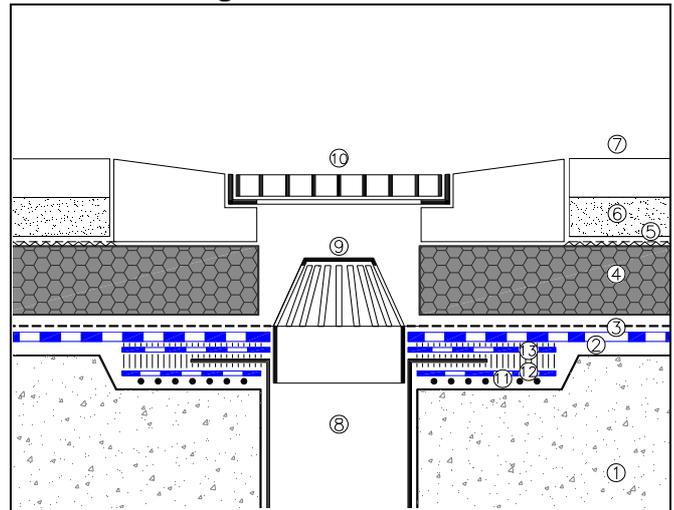
Ejemplo de membrana monocapa no adherida

Detalle general



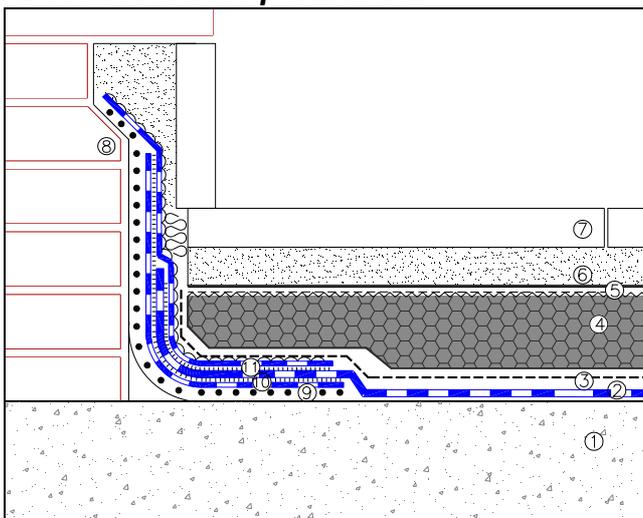
- | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| 1- Soporte resistente y pendientes | 5- Capa separadora antipunzonante |
| 2- Membrana impermeabilizante | 6- Capa de mortero |
| 3- Capa separadora | 7- Baldosas |
| 4- Aislamiento térmico | |

Detalle desagüe



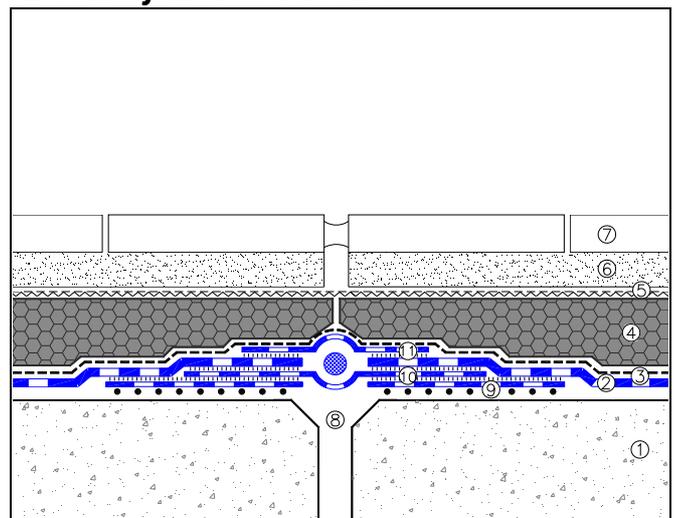
- | | |
|------------------------------------|--------------------------------|
| 1- Soporte resistente y pendientes | 7- Baldosas |
| 2- Membrana impermeabilizante | 8- Cazoleta de desagüe |
| 3- Capa separadora | 9- Paragavillas |
| 4- Aislamiento térmico | 10- Sumidero |
| 5- Capa separadora antipunzonante | 11- Imprimación |
| 6- Capa de mortero | 12- Pieza de refuerzo inferior |
| | 13- Pieza de refuerzo superior |

Detalle remate perimetral



- | | |
|------------------------------------|--|
| 1- Soporte resistente y pendientes | 6- Capa de mortero |
| 2- Membrana impermeabilizante | 7- Baldosas |
| 3- Capa separadora | 8- Remate a muro |
| 4- Aislamiento térmico | 9- Imprimación |
| 5- Capa separadora antipunzonante | 10- Banda de refuerzo inferior autoprotegida |
| | 11- Banda de refuerzo superior autoprotegida |

Detalle junta estructural



- | | |
|------------------------------------|--------------------------------------|
| 1- Soporte resistente y pendientes | 6- Capa de mortero |
| 2- Membrana impermeabilizante | 7- Baldosas |
| 3- Capa separadora | 8- Junta elástica |
| 4- Aislamiento térmico | 9- Imprimación y banda de adherencia |
| 5- Capa separadora antipunzonante | 10- Banda de refuerzo inferior |
| | 11- Banda de refuerzo superior |

11.1.2 Cubierta Invertida transitable (visitable), acabada con baldosas con aislamiento térmico incorporado

Características del sistema:

Uso de la cubierta: **Transitable** (Visitable)

Pendiente: **Del 1% al 5%**

Protección: **Baldosas aislantes**

Relación de la membrana con el soporte: **Adherida o No adherida**

Elementos Integrantes:

- 1.- Soporte resistente de hormigón /
Capa de formación de pendientes
- 2.- Membrana impermeabilizante
- 3.- Capa separadora antiadherente
- 4.- Baldosas aislantes

Características de la membrana impermeabilizante:

Impermeabilización	MONOCAPA MEJORADA	BICAPA	
Designación	MI-TP	BI-TP	
Masa mínima	4,0 kg/m ²	6,0 kg/m ²	
Lámina superior	LBM-40	LBM-30-FP	LBM-30
Lámina de base	---	LBM-30	LBM-30-FP

Valores de R_{AT} para una cubierta invertida transitable para peatones con solado aislante:

ZONA CLIMÁTICA	U W/m ² ·K	VALORES DE R _{AT} (m ² ·K/W) EN FUNCION DEL TIPO DE FORJADO							
		FORJADO UNIDIRECCIONAL			FORJADO RETICULAR				LOSA MACIZA
		ENTREVIGADO (BOVEDILLA)			ENTREVIGADO (CASETÓN)		SIN ENTREVIGADO		
		EPS	CERAMICO	HORMIGÓN	EPS	CERAMICO		HORMIGÓN	
A	0,50	0,95	1,47	1,56	1,55	1,60	1,62	1,69	1,67
B	0,45	1,17	1,69	1,78	1,77	1,82	1,84	1,91	1,89
C	0,41	1,39	1,91	2,00	1,99	2,04	2,06	2,13	2,11
D	0,38	1,58	2,10	2,19	2,18	2,23	2,25	2,32	2,30
E	0,35	1,81	2,33	2,42	2,41	2,46	2,48	2,55	2,53

Puesta en obra:

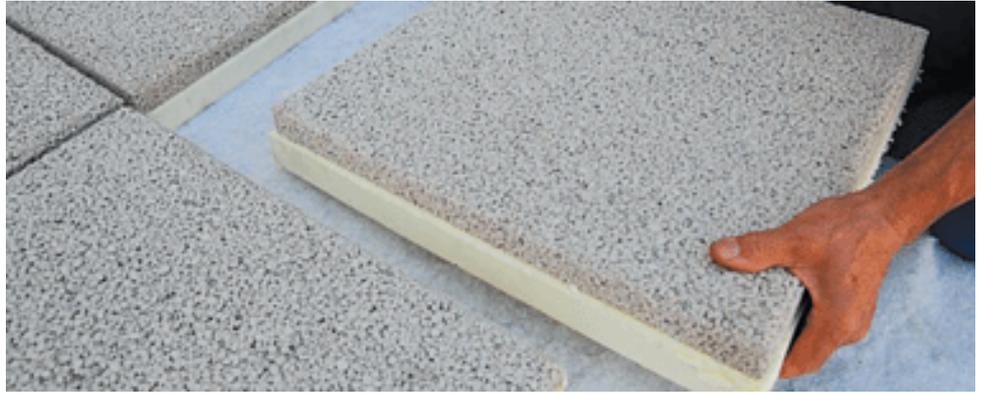
Capa de formación de pendientes: La pendiente estará comprendida entre el 1% y el 5%. Para pendientes comprendidas entre el 0% y el 1% se precisará una Evaluación Técnica favorable y en el caso de la monocapa la lámina será del tipo mínimo LBM-48 (masa mínima 4,8 kg/m²).

Capa separadora antiadherente: Se colocará una capa separadora antiadherente entre la Impermeabilización y el aislamiento que se extenderá flotante sobre la membrana.

Baldosas aislantes: Las baldosas se colocarán flotantes.

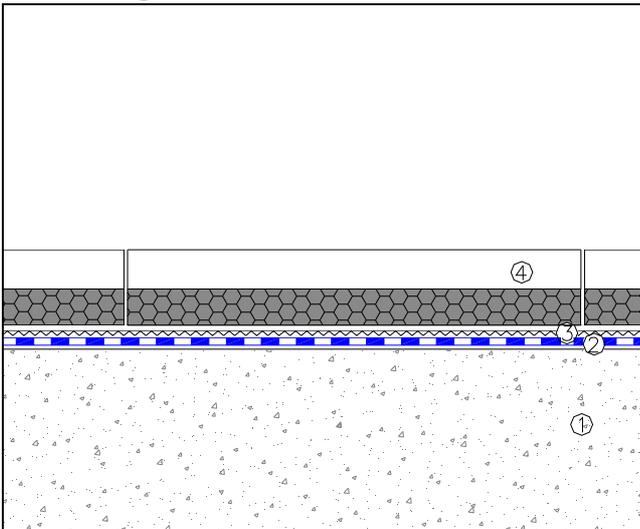
Si el cálculo de R_{AT} así lo determina, para completar el espesor necesario, se deberá colocar una capa de aislamiento adicional bajo la baldosa aislante. Para el cálculo del espesor de aislamiento necesario se considerará el valor de R_{AT} de la baldosa aislante y se complementará éste.

**CUBIERTA
INVERTIDA
TRASITABLE
ACABADO
BALDOSA
AISLANTE**



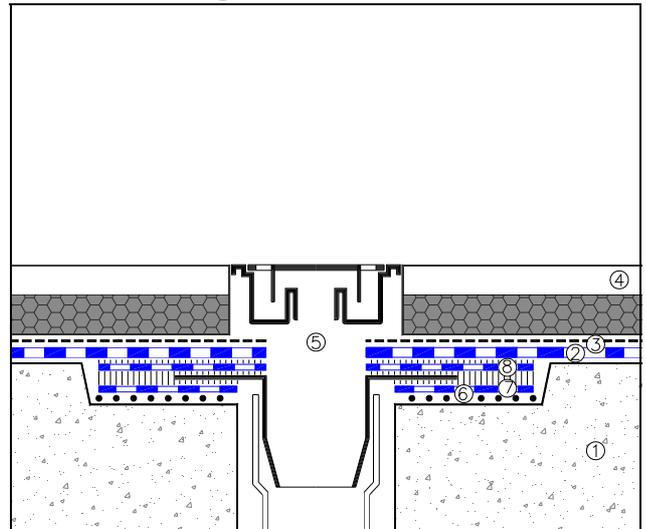
Ejemplo de membrana monocapa no adherida

Detalle general



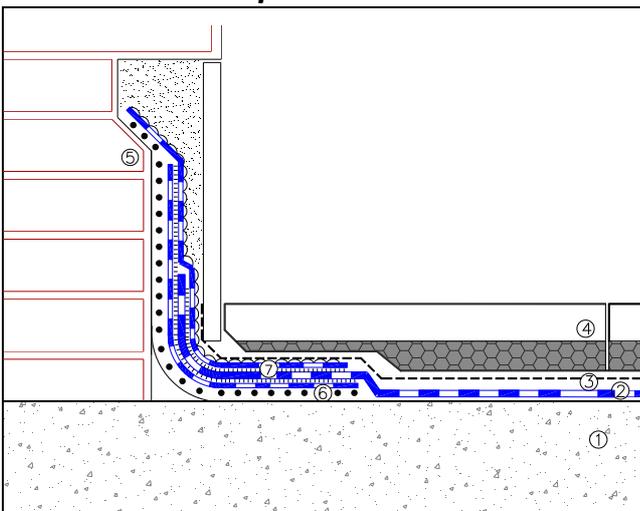
- 1- Soporte resistente y pendientes
- 2- Membrana impermeabilizante
- 3- Capa separadora
- 4- Baldosa aislante

Detalle desagüe



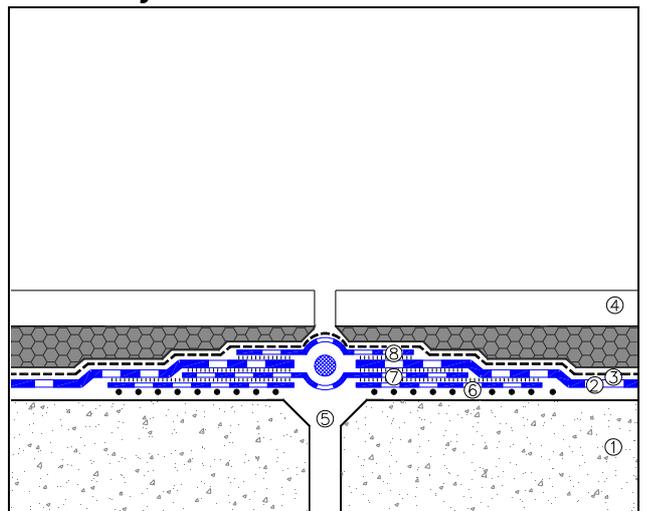
- 1- Soporte resistente y pendientes
- 2- Membrana impermeabilizante
- 3- Capa separadora
- 4- Baldosa aislante
- 5- Cazoleta de desagüe
- 6- Imprimación
- 7- Pieza de refuerzo inferior
- 8- Pieza de refuerzo superior

Detalle remate perimetral



- 1- Soporte resistente y pendientes
- 2- Membrana impermeabilizante
- 3- Capa separadora
- 4- Baldosa aislante
- 5- Remate a muro
- 6- Banda de refuerzo inferior
- 7- Banda de refuerzo superior autoprotegida

Detalle junta estructural



- 1- Soporte resistente y pendientes
- 2- Membrana impermeabilizante
- 3- Capa separadora
- 4- Baldosa aislante
- 5- Junta elástica
- 6- Imprimación y banda de adherencia
- 7- Banda de refuerzo inferior
- 8- Banda de refuerzo superior

11.1.3 Cubierta Invertida transitable, acabada con baldosas apoyadas sobre soportes (uso privado o público)

Características del sistema:

Uso de la cubierta: **Transitable**

Pendiente: **Del 1% al 5%**

Protección: **Baldosas apoyadas sobre soportes**

Relación de la membrana con el soporte:

Uso privado

Adherida o No adherida

Uso público

Adherida

Elementos Integrantes:

- 1.- Soporte resistente de hormigón /
Capa de formación de pendientes
- 2.- Membrana impermeabilizante
- 3.- Capa separadora antiadherente
- 4.- Aislamiento térmico
- 5.- Capa separadora antipunzonante
- 6.- Baldosas apoyadas sobre soportes

Características de la membrana impermeabilizante:

Impermeabilización	MONOCAPA MEJORADA	BICAPA	
Designación	MI-TP	BI-TP	
Masa mínima	4,0 kg/m ²	6,0 kg/m ²	
Lámina superior	LBM-40	LBM-30-FP	LBM-30
Lámina de base	---	LBM-30	LBM-30-FP

Valores de R_{AT} para una cubierta invertida transitable para peatones con solado flotante:

ZONA CLIMÁTICA	U W/m ² ·K	VALORES DE R_{AT} (m ² ·K/W) EN FUNCION DEL TIPO DE FORJADO							LOSA MACIZA
		FORJADO UNIDIRECCIONAL			FORJADO RETICULAR				
		ENTREVIGADO (BOVEDILLA)			ENTREVIGADO (CASIÓN)		SIN ENTREVIGADO		
EPS	CERAMICO	HORMIGÓN	EPS	CERAMICO	HORMIGÓN				
A	0,50	0,91	1,43	1,52	1,51	1,56	1,58	1,65	1,63
B	0,45	1,13	1,65	1,74	1,73	1,78	1,80	1,87	1,85
C	0,41	1,35	1,87	1,96	1,95	2,00	2,02	2,09	2,07
D	0,38	1,54	2,06	2,15	2,14	2,19	2,21	2,28	2,26
E	0,35	1,77	2,29	2,38	2,37	2,42	2,44	2,51	2,49

Puesta en obra:

Capa de formación de pendientes: La pendiente estará comprendida entre el 1% y el 5%. Para pendientes comprendidas entre el 0% y el 1% se precisará una Evaluación Técnica favorable y en el caso de la monocapa la lámina será del tipo mínimo LBM-48 (masa mínima 4,8 kg/m²).

Capa separadora antiadherente: Se colocará una capa separadora antiadherente entre la Impermeabilización y el aislamiento que se extenderá flotante sobre la membrana.

Aislamiento térmico: Serán placas de poliestireno extruido.

Capa separadora antipunzonante: Sobre el aislamiento térmico se colocará una capa separadora antipunzonante.

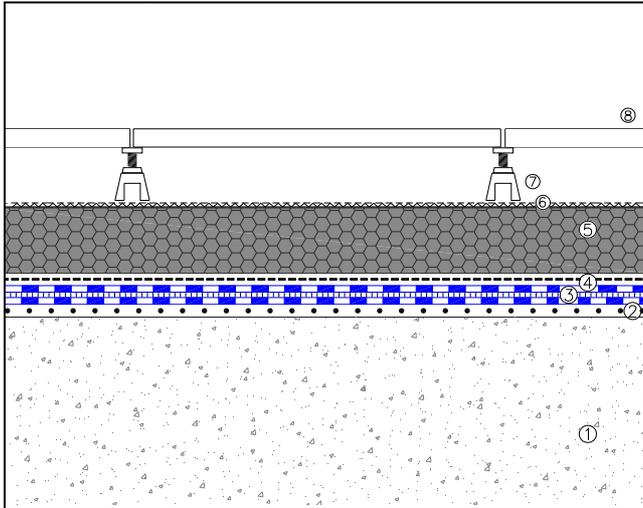
Baldosas colocadas sobre soportes: Las baldosas se colocarán sobre soportes, dejando juntas entre ellas para permitir el paso de agua y la libre dilatación del material.

**CUBIERTA
INVERTIDA
TRASITABLE
ACABADO
BALDOSA
SOBRE
SOPORTES**



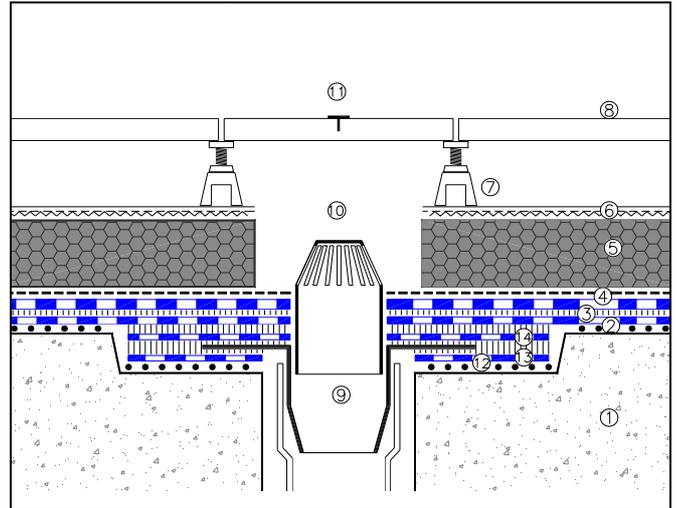
Ejemplo de membrana bicapa adherida

Detalle general



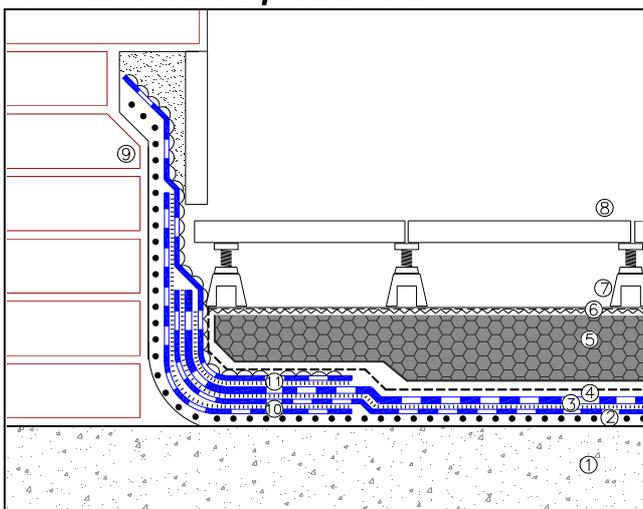
- | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| 1- Soporte resistente y pendientes | 6- Capa separadora antipunzonante |
| 2- Imprimación | 7- Soportes graduables |
| 3- Membrana impermeabilizante | 8- Baldosas sobre soportes |
| 4- Capa separadora | |
| 5- Aislamiento térmico | |

Detalle desagüe



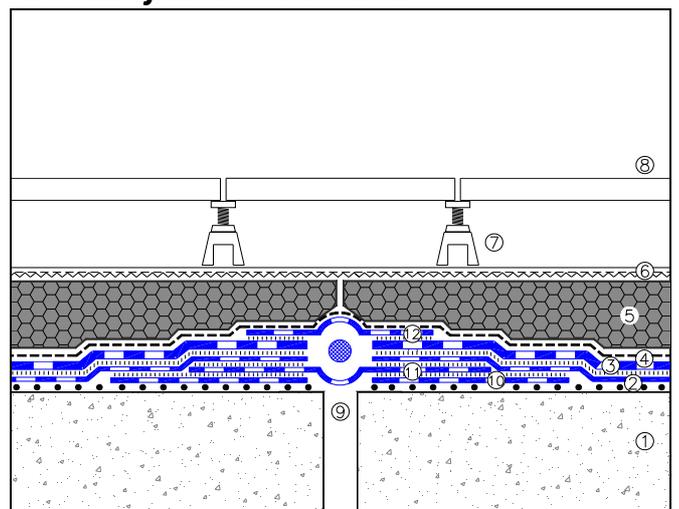
- | | |
|------------------------------------|--------------------------------|
| 1- Soporte resistente y pendientes | 7- Soportes graduables |
| 2- Imprimación | 8- Baldosas sobre soportes |
| 3- Membrana impermeabilizante | 9- Cazoleta de desagüe |
| 4- Capa separadora | 10- Paragravillas |
| 5- Aislamiento térmico | 11- Marca para registro |
| 6- Capa separadora antipunzonante | 12- Imprimación |
| | 13- Pieza de refuerzo inferior |
| | 14- Pieza de refuerzo superior |

Detalle remate perimetral



- | | |
|------------------------------------|--|
| 1- Soporte resistente y pendientes | 7- Soportes graduables |
| 2- Imprimación | 8- baldosa sobre soportes |
| 3- Membrana impermeabilizante | 9- Remate a muro |
| 4- Capa separadora | 10- Banda de refuerzo inferior |
| 5- Aislamiento térmico | 11- Banda de refuerzo superior autoprotégida |
| 6- Capa separadora antipunzonante | |

Detalle junta estructural



- | | |
|------------------------------------|--------------------------------|
| 1- Soporte resistente y pendientes | 7- Soportes graduables |
| 2- Imprimación | 8- Baldosas sobre soportes |
| 3- Membrana impermeabilizante | 9- Junta elástica |
| 4- Capa separadora | 10- Banda de adherencia |
| 5- Aislamiento térmico | 11- Banda de refuerzo inferior |
| 6- Capa separadora antipunzonante | 12- Banda de refuerzo superior |

11.2 CUBIERTAS TRANSITABLES PARA ESPACIOS PÚBLICOS Y ZONAS DEPORTIVAS

Son aquellas cubiertas cuyo uso está destinado al tránsito masivo de personas y al desarrollo de actividades deportivas. Si se prevé tránsito de vehículos se adoptará preferentemente la solución 11.3. En estas cubiertas los acabados deben ser adecuados para el uso concreto a que se destine la cubierta. Entre ellos cabe destacar:

- piedra natural recibida con mortero;
- baldosa hidráulica recibida con mortero;
- hormigón;
- morteros filtrantes;
- adoquín sobre lecho de arena.

El soporte base podrá ser de mortero/hormigón o de hormigón ligero. La resistencia mínima a la carga estática de la membrana o de la membrana y la capa antipunzonante, en su caso, ensayada sobre el tipo de soporte utilizado, será de 20 Kg según UNE-EN 12730.

En caso necesario se dispondrá una capa drenante.

11.2.1 Cubierta Invertida Transitible, para espacios públicos y zonas deportivas, acabada con baldosas de hormigón

Características del sistema:

Uso de la cubierta: **Transitable**

Pendiente: **Del 1% al 5%**

Protección: **Baldosas de hormigón**

Relación de la membrana con el soporte: **Adherida**

Elementos Integrantes:

- 1.- Soporte resistente de hormigón /
Capa de formación de pendientes
- 2.- Imprimación
- 3.- Membrana impermeabilizante
- 4.- Capa separadora antiadherente
- 5.- Aislamiento térmico
- 6.- Capa separadora antipunzonante
- 7.- Baldosas de hormigón recibidas con mortero

Características de la membrana impermeabilizante:

Impermeabilización	MONOCAPA MEJORADA	BICAPA	
Designación	MI-TP	BI-TP	
Masa mínima	4,0 kg/m ²	6,0 kg/m ²	
Lámina superior *	LBM-40	LBM-30-FP	LBM-30
Lámina de base	---	LBM-30	LBM-30-FP

* En este tipo de cubiertas y debido a las especiales solicitudes, puede ser recomendable la utilización de una bicapa y, en el caso de la monocapa, una LBM-48.

Valores de R_{AT} para una cubierta invertida transitible para espacios públicos con solado fijo:

ZONA CLIMÁTICA	U W/m ² ·K	VALORES DE R_{AT} (m ² ·K/W) EN FUNCION DEL TIPO DE FORJADO							
		FORJADO UNIDIRECCIONAL			FORJADO RETICULAR				LOSA MACIZA
		ENTREVIGADO (BOVEDILLA)			ENTREVIGADO (CASETÓN)		SIN ENTREVIGADO		
EPS	CERAMICO	HORMIGÓN	EPS	CERAMICO	HORMIGÓN				
A	0,50	0,93	1,45	1,54	1,53	1,58	1,60	1,67	1,65
B	0,45	1,15	1,67	1,76	1,75	1,80	1,82	1,89	1,87
C	0,41	1,37	1,89	1,98	1,97	2,02	2,04	2,11	2,09
D	0,38	1,56	2,08	2,17	2,16	2,21	2,23	2,30	2,28
E	0,35	1,79	2,31	2,40	2,39	2,44	2,46	2,53	2,51

Puesta en obra:

Capa de formación de pendientes: La pendiente estará comprendida entre el 1% y el 5%. Para pendientes comprendidas entre el 0% y el 1% se precisará una Evaluación Técnica favorable y en el caso de la monocapa la lámina será del tipo mínimo LBM-48 (masa mínima 4,8 kg/m²).

Capa separadora antiadherente: Colocada entre la impermeabilización y el aislamiento que se extenderá flotante sobre la membrana.

Capa separadora antipunzonante: Colocada sobre el aislamiento térmico.

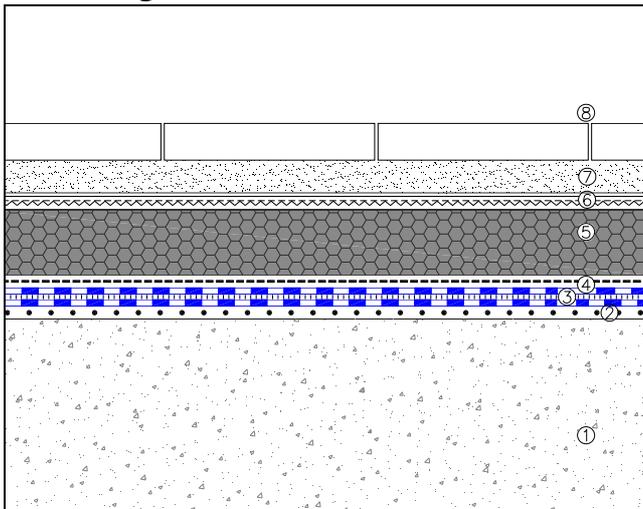
Baldosa de hormigón recibida con mortero: Las baldosas se recibirán sobre una capa de mortero armado de 4 cm de espesor mínimo.

**CUBIERTA
INVERTIDA
TRASITABLE PARA
ESPACIOS
PUBLICOS
ACABADO
BALDOSAS DE
HORMIGÓN**



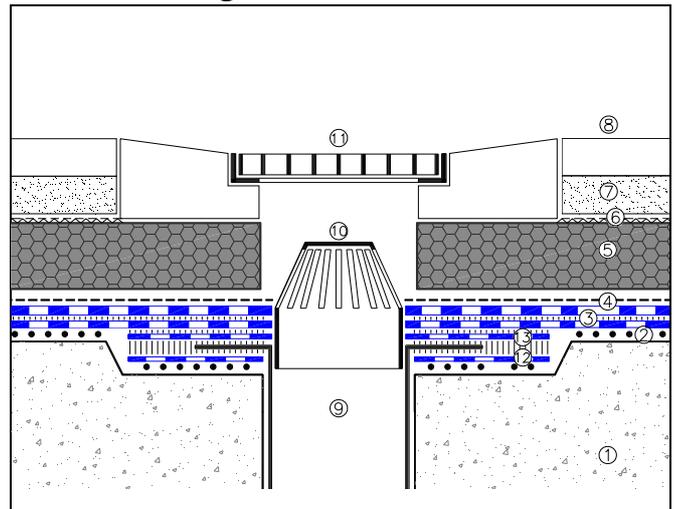
Ejemplo de membrana bicapa adherida

Detalle general



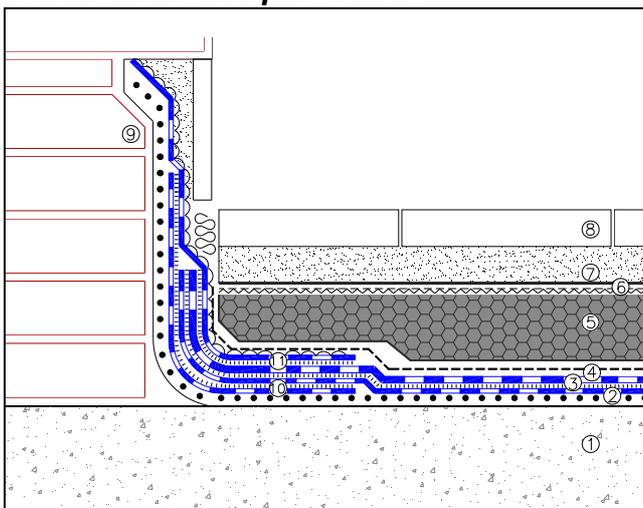
- | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| 1- Soporte resistente y pendientes | 6- Capa separadora antipunzonante |
| 2- Imprimación | 7- Capa de mortero armado |
| 3- Membrana impermeabilizante | 8- Baldosas de hormigón |
| 4- Capa separadora | |
| 5- Aislamiento térmico | |

Detalle desagüe



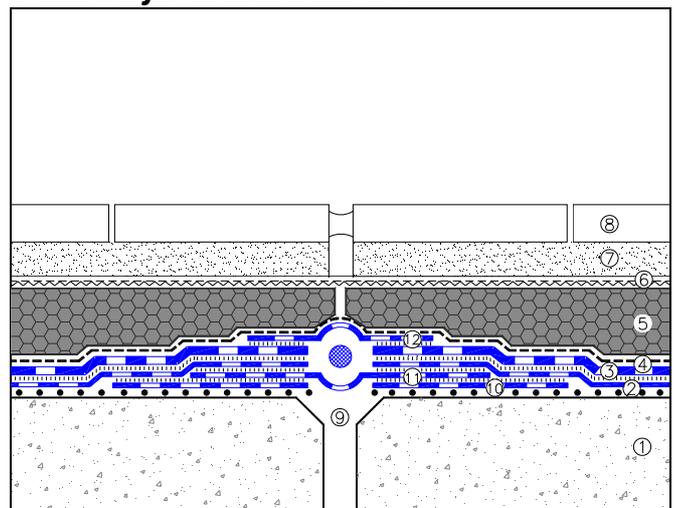
- | | |
|------------------------------------|--------------------------------|
| 1- Soporte resistente y pendientes | 7- Capa de mortero armado |
| 2- Imprimación | 8- Baldosas de hormigón |
| 3- Membrana impermeabilizante | 9- Cazoleta de desagüe |
| 4- Capa separadora | 10- Paragravillas |
| 5- Aislamiento térmico | 11- Sumidero |
| 6- Capa separadora antipunzonante | 12- Pieza de refuerzo inferior |
| | 13- Pieza de refuerzo superior |

Detalle remate perimetral



- | | |
|------------------------------------|--|
| 1- Soporte resistente y pendientes | 7- Capa de mortero armado |
| 2- Imprimación | 8- Baldosas de hormigón |
| 3- Membrana impermeabilizante | 9- Remate a muro |
| 4- Capa separadora | 10- Banda de refuerzo inferior |
| 5- Aislamiento térmico | 11- Banda de refuerzo superior autoprotégida |
| 6- Capa separadora antipunzonante | |

Detalle junta estructural



- | | |
|------------------------------------|--------------------------------|
| 1- Soporte resistente y pendientes | 7- Capa de mortero armado |
| 2- Imprimación | 8- Baldosas de hormigón |
| 3- Membrana impermeabilizante | 9- Junta elástica |
| 4- Capa separadora | 10- Banda de adherencia |
| 5- Aislamiento térmico | 11- Banda de refuerzo inferior |
| 6- Capa separadora antipunzonante | 12- Banda de refuerzo superior |

11.2.2 Cubierta Invertida Transitable, para espacios públicos y zonas deportivas, acabada con adoquín sobre lecho de arena

Características del sistema:

Uso de la cubierta: **Transitable**

Pendiente: **Del 1% al 5%**

Protección: **Adoquín**

Relación de la membrana con el soporte: **Adherida**

Elementos Integrantes:

- 1.- Soporte resistente de hormigón /
Capa de formación de pendientes
- 2.- Imprimación
- 3.- Membrana impermeabilizante
- 4.- Capa separadora antiadherente
- 5.- Aislamiento térmico
- 6.- Capa separadora antipunzonante
- 7.- Adoquín sobre lecho de arena

Características de la membrana impermeabilizante:

Impermeabilización	MONOCAPA MEJORADA	BICAPA	
Designación	MI-TP	BI-TP	
Masa mínima	4,0 kg/m ²	6,0 kg/m ²	
Lámina superior *	LBM-40	LBM-30-FP	LBM-30
Lámina de base	---	LBM-30	LBM-30-FP

* En este tipo de cubiertas y debido a las especiales solicitaciones, puede ser recomendable la utilización de una bicapa y, en el caso de la monocapa, una LBM-48.

Valores de R_{AT} para una cubierta invertida transitable para espacios públicos con solado fijo:

ZONA CLIMÁTICA	U W/m ² ·K	VALORES DE R _{AT} (m ² ·K/W) EN FUNCIÓN DEL TIPO DE FORJADO							LOSA MACIZA
		FORJADO UNIDIRECCIONAL			FORJADO RETICULAR				
		ENTREVIGADO (BOVEDILLA)			ENTREVIGADO (CASETÓN)			SIN ENTREVIGADO	
		EPS	CERAMICO	HORMIGÓN	EPS	CERAMICO	HORMIGÓN		
A	0,50	0,93	1,45	1,54	1,53	1,58	1,60	1,67	1,65
B	0,45	1,15	1,67	1,76	1,75	1,80	1,82	1,89	1,87
C	0,41	1,37	1,89	1,98	1,97	2,02	2,04	2,11	2,09
D	0,38	1,56	2,08	2,17	2,16	2,21	2,23	2,30	2,28
E	0,35	1,79	2,31	2,40	2,39	2,44	2,46	2,53	2,51

Puesta en obra:

Capa de formación de pendientes: La pendiente estará comprendida entre el 1% y el 5%. Para pendientes comprendidas entre el 0% y el 1% se precisará una Evaluación Técnica favorable y en el caso de la monocapa la lámina será del tipo mínimo LBM-48 (masa mínima 4,8 kg/m²).

Capa separadora antiadherente: Colocada entre la impermeabilización y el aislamiento que se extenderá flotante sobre la membrana.

Aislamiento térmico: Serán placas de poliestireno extruido. En las zonas en la que esté previsto el acceso de vehículos, se colocará una capa de hormigón armado sobre la capa de aislamiento.

Capa separadora antipunzonante: Colocada sobre el aislamiento térmico.

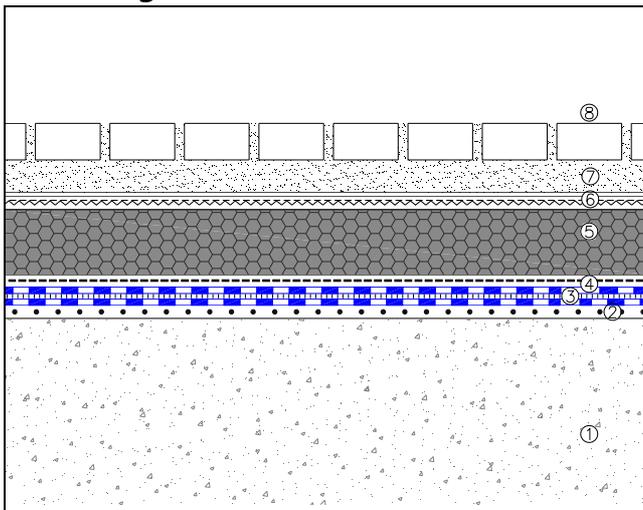
Capa de adoquín: Se extenderá una capa de arena de 100 mm de espesor, como mínimo. Se asentarán posteriormente los adoquines sobre la arena, dejando entre ellos juntas de 2 mm de espesor, que se rellenarán también con arena.

**CUBIERTA
INVERTIDA
TRASITABLE PARA
ESPACIOS
PUBLICOS
ACABADO
ADOQUIN SOBRE
LECHO DE ARENA**



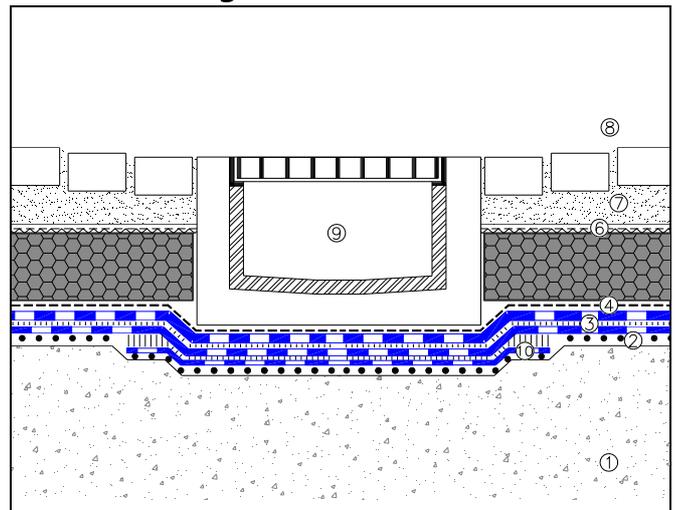
Ejemplo de membrana bicapa adherida

Detalle general



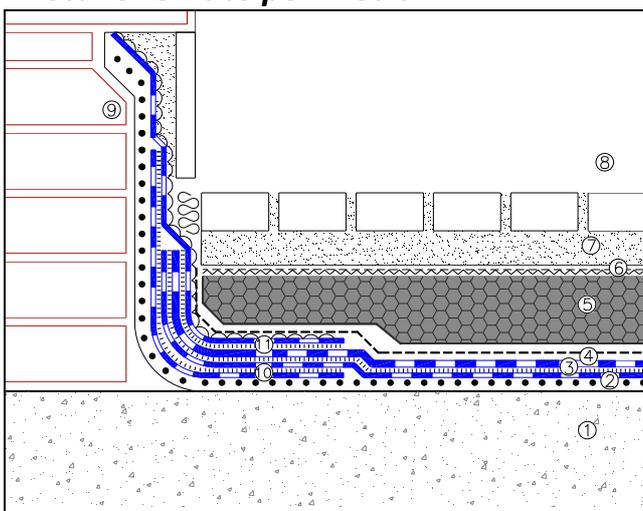
- | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| 1- Soporte resistente y pendientes | 6- Capa separadora antipunzonante |
| 2- Imprimación | 7- Lecho de arena |
| 3- Membrana impermeabilizante | 8- Adoquín |
| 4- Capa separadora | |
| 5- Aislamiento térmico | |

Detalle desagüe



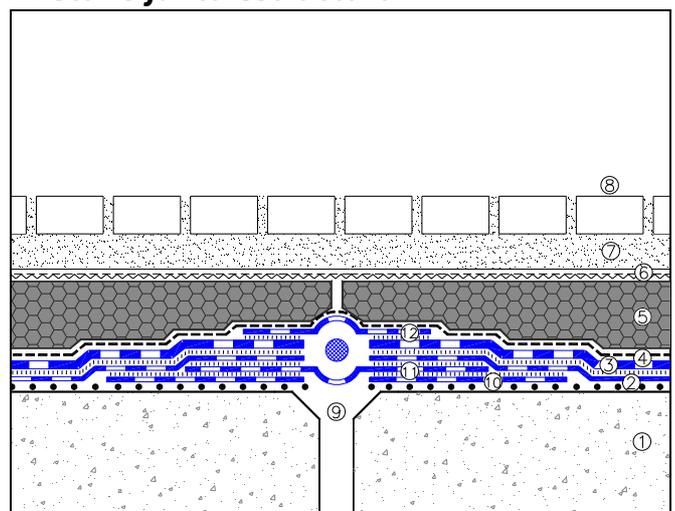
- | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| 1- Soporte resistente y pendientes | 6- Capa separadora antipunzonante |
| 2- Imprimación | 7- Lecho de arena |
| 3- Membrana impermeabilizante | 8- Adoquín |
| 4- Capa separadora | 9- Canaleta |
| 5- Aislamiento térmico | 10- Banda de refuerzo |

Detalle remate perimetral



- | | |
|------------------------------------|--|
| 1- Soporte resistente y pendientes | 7- Lecho de arena |
| 2- Imprimación | 8- Adoquín |
| 3- Membrana impermeabilizante | 9- Remate a muro |
| 4- Capa separadora | 10- Banda de refuerzo inferior |
| 5- Aislamiento térmico | 11- Banda de refuerzo superior autoprotégida |
| 6- Capa separadora antipunzonante | |

Detalle junta estructural



- | | |
|------------------------------------|--------------------------------|
| 1- Soporte resistente y pendientes | 7- Lecho de arena |
| 2- Imprimación | 8- Adoquín |
| 3- Membrana impermeabilizante | 9- Junta elástica |
| 4- Capa separadora | 10- Banda de adherencia |
| 5- Aislamiento térmico | 11- Banda de refuerzo inferior |
| 6- Capa separadora antipunzonante | 12- Banda de refuerzo superior |

11.3 CUBIERTAS TRANSITABLES PARA VEHÍCULOS

Son cubiertas con acabado de capa de rodadura, diseñadas para la circulación de vehículos. La capa de rodadura será una capa de hormigón o un aglomerado asfáltico vertido sobre una capa de hormigón armado.

El soporte base de la membrana será mortero/hormigón previamente regularizado con una capa de mortero.

La resistencia mínima a la carga estática de la membrana o de la membrana y la capa antipunzonante, en su caso, ensayada sobre el tipo de soporte utilizado, será de 25 Kg según UNE –EN 12730.

11.3.1 Cubierta Invertida transitable para tráfico de vehículos con acabado de hormigón

Características del sistema:

Uso de la cubierta: **Trafico de vehículos**

Pendiente: **Del 1% al 5%** (15% en rampas)

Protección: **Hormigón armado**

Relación de la membrana con el soporte: **Adherida**

Elementos Integrantes:

- 1.- Soporte resistente de hormigón / Capa de formación de pendientes
- 2.- Imprimación
- 3.- Membrana impermeabilizante
- 4.- Capa separadora antiadherente
- 5.- Aislamiento térmico
- 6.- Capa separadora antipunzonante
- 7.- Capa de hormigón armado

Características de la membrana impermeabilizante:

Impermeabilización	MONOCAPA MEJORADA	BICAPA
Designación	MC-TV	BC-TV
Masa mínima	7,0 kg/m ²	7,0 kg/m ²
Lámina superior	LBM-40-FP	LBM-40-FP
Lámina de base	LO-30	LBM-30

Valores de R_{AT} para una cubierta invertida para tráfico de vehículos:

ZONA CLIMÁTICA	U W/m ² ·K	VALORES DE R _{AT} (m ² ·K/W) EN FUNCION DEL TIPO DE FORJADO							LOSA MACIZA
		FORJADO UNIDIRECCIONAL			FORJADO RETICULAR				
		ENTREVIIGADO (BOVEDILLA)			ENTREVIIGADO (CASETÓN)		SIN ENTREVIIGADO		
EPS	CERAMICO	HORMIGÓN	EPS	CERAMICO	HORMIGÓN	ENTREVIIGADO			
A	0,50	0,93	1,45	1,54	1,53	1,58	1,60	1,67	1,65
B	0,45	1,15	1,67	1,76	1,75	1,80	1,82	1,89	1,87
C	0,41	1,37	1,89	1,98	1,97	2,02	2,04	2,11	2,09
D	0,38	1,56	2,08	2,17	2,16	2,21	2,23	2,30	2,28
E	0,35	1,79	2,31	2,40	2,39	2,44	2,46	2,53	2,51

Puesta en obra:

Capa de formación de pendientes: La pendiente estará comprendida entre el 1% y el 5% (15% en rampas).

Capa separadora antiadherente: Se colocará una capa separadora antiadherente entre la impermeabilización y el aislamiento que se extenderá flotante sobre la membrana.

Aislamiento térmico: Serán placas de poliestireno extruido.

Capa separadora antipunzonante: Sobre el aislamiento térmico se colocará una capa separadora antipunzonante.

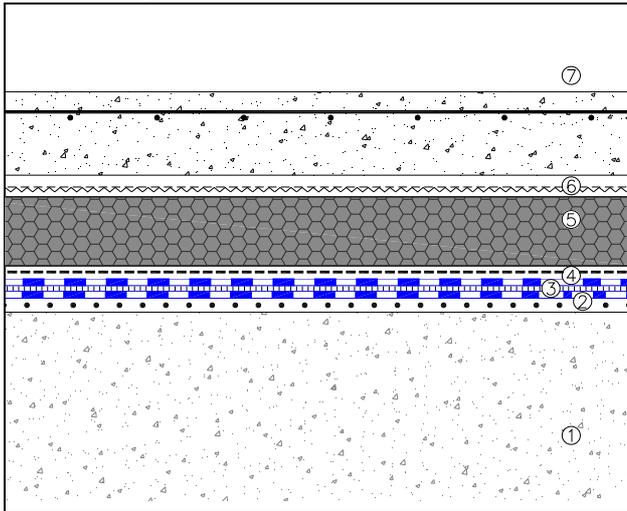
Capa de hormigón: La capa de hormigón deberá ser, al menos de 8 cm de espesor y estará debidamente armada.

**CUBIERTA
INVERTIDA
TRASITABLE
PARKING
ACABADO
HORMIGÓN**



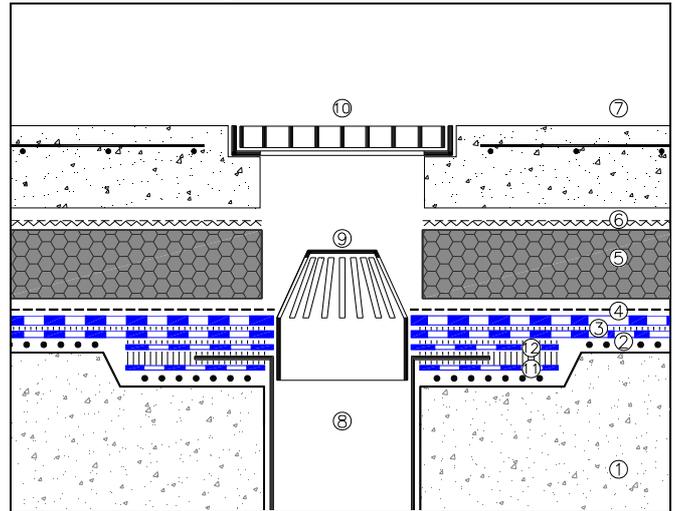
Ejemplo de membrana bicapa adherida

Detalle general



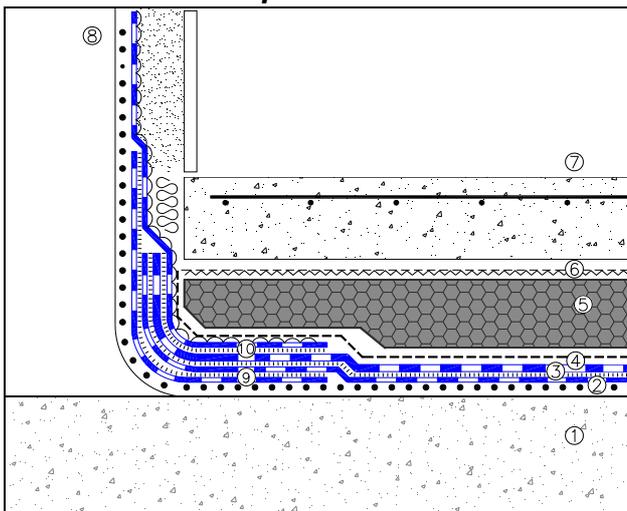
- | | |
|------------------------------------|---|
| 1- Soporte resistente y pendientes | 5- Aislamiento térmico |
| 2- Imprimación | 6- Capa separadora antipunzonante y difusora de vapor |
| 3- Membrana impermeabilizante | 7- Hormigón armado |
| 4- Capa separadora | |

Detalle desagüe



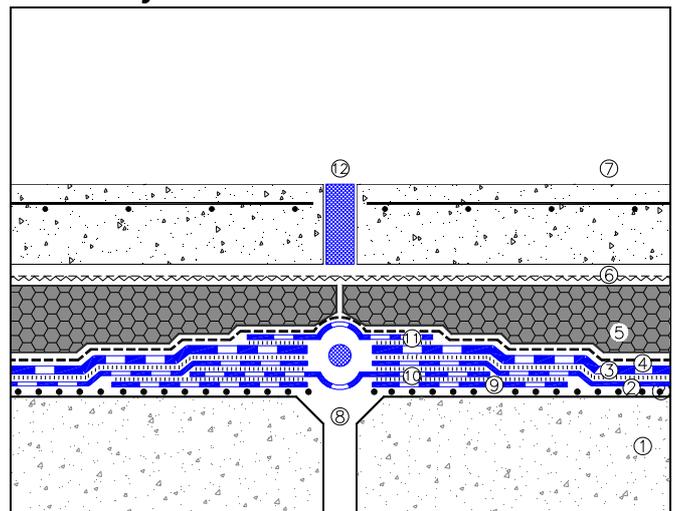
- | | |
|---|--------------------------------|
| 1- Soporte resistente y pendientes | 7- Hormigón armado |
| 2- Imprimación | 8- Cazoleta de desagüe |
| 3- Membrana impermeabilizante | 9- Paragavillas |
| 4- Capa separadora | 10- Sumidero |
| 5- Aislamiento térmico | 11- Pieza de refuerzo inferior |
| 6- Capa separadora antipunzonante y difusora de vapor | 12- Pieza de refuerzo superior |

Detalle remate perimetral



- | | |
|------------------------------------|---|
| 1- Soporte resistente y pendientes | 6- Capa separadora antipunzonante y difusora de vapor |
| 2- Imprimación | 7- Hormigón armado |
| 3- Membrana impermeabilizante | 8- Entrega a muro |
| 4- Capa separadora | 9- Banda de refuerzo inferior |
| 5- Aislamiento térmico | 10- Banda de refuerzo superior autoprotégida |

Detalle junta estructural



- | | |
|---|--------------------------------|
| 1- Soporte resistente y pendientes | 7- Hormigón armado |
| 2- Imprimación | 8- Junta elástica |
| 3- Membrana impermeabilizante | 9- Banda de adherencia |
| 4- Capa separadora | 10- Banda de refuerzo inferior |
| 5- Aislamiento térmico | 11- Banda de refuerzo superior |
| 6- Capa separadora antipunzonante y difusora de vapor | 12- Cordón de sellado |

11.4 CUBIERTAS NO TRANSITABLES

Son aquellas cubiertas visitables únicamente a efectos de su mantenimiento o reparación, o del mantenimiento de las instalaciones ubicadas en ella, siendo necesario tomar las precauciones adecuadas para evitar el daño a la membrana.

Cuando el soporte base de la membrana impermeabilizante esté formado por un material rígido, deberá tener una resistencia mínima a la compresión igual a 200 kPa (20.000Kg/m²).

Para poder llevar a cabo su mantenimiento se deberá prever un fácil acceso a la cubierta. Además se colocarán protecciones específicas de la membrana en los accesos, con una anchura mínima de 60 cm. Cuando se requiera un mantenimiento específico de aparatos ubicados sobre ella, se ampliará la protección al contorno de los mismos, adecuándola a los trabajos previstos.

Cubiertas no transitables acabadas con protección pesada

Son aquellas cubiertas no transitables en las que la protección de la membrana se realiza con un elemento pesado estable como: grava suelta, grava aglomerada, placas ligeras colocadas sueltas (sin material de agarre), capas de mortero, etc.

Las placas ligeras pueden ser piezas de aislamiento recubierto de mortero, piezas de hormigón de árido ligero u otro tipo de prefabricado ligero resistente a la intemperie. Para el dimensionado de la capa de protección de grava, placas ligeras y losas sueltas, se tendrá en cuenta la altura del edificio y zona eólica.

El soporte base podrá ser de hormigón ligero, mortero/hormigón, madera, etc.

11.4.1 Cubierta Invertida no transitable, acabada con protección de grava

Características del sistema:

Uso de la cubierta: **No Transitable**

Pendiente: **Del 1% al 5%**

Protección: **Grava**

Relación de la membrana con el soporte: **Adherida o No Adherida**

Elementos Integrantes:

- 1.- Soporte resistente de hormigón/
Capa de formación de pendientes
- 2.- Membrana impermeabilizante
- 3.- Capa separadora antiadherente
- 4.- Aislamiento térmico
- 5.- Capa separadora antipunzonante
- 6.- Grava de canto rodado

Características de la membrana impermeabilizante:

Impermeabilización	MONOCAPA MEJORADA	BICAPA	
Designación	MI-TN	BI-NT	
Masa mínima	4,0 kg/m ²	6,0 kg/m ²	
Lámina superior	LBM-40	LBM-30-FP	LBM-30
Lámina de base	---	LBM-30	LBM-30-FP

Valores de R_{AT} para una cubierta invertida no transitable con grava:

ZONA CLIMÁTICA	U W/m ² ·K	VALORES DE R_{AT} (m ² ·K/W) EN FUNCIÓN DEL TIPO DE FORJADO								
		FORJADO UNIDIRECCIONAL			FORJADO RETICULAR					LOSA MACIZA
		ENTREVIGADO (BOVEDILLA)			ENTREVIGADO (CASETÓN)			SIN ENTREVIGADO		
		EPS	CERAMICO	HORMIGÓN	EPS	CERAMICO	HORMIGÓN			
A	0,50	0,95	1,47	1,56	1,55	1,60	1,62	1,69	1,67	
B	0,45	1,17	1,69	1,78	1,77	1,82	1,84	1,91	1,89	
C	0,41	1,39	1,91	2,00	1,99	2,04	2,06	2,13	2,11	
D	0,38	1,58	2,10	2,19	2,18	2,23	2,25	2,32	2,30	
E	0,35	1,81	2,33	2,42	2,41	2,46	2,48	2,55	2,53	

Puesta en obra:

Capa de formación de pendientes: La pendiente estará comprendida entre el 1% y el 5%. Para pendientes comprendidas entre el 0% y el 1% se precisará una Evaluación Técnica favorable y en el caso de la monocapa la lámina será del tipo mínimo LBM-48 (masa mínima 4,8 kg/m²).

Aislamiento: Serán placas de poliestireno extruido.

Capa antiadherente: Se colocará una capa separadora antiadherente entre la impermeabilización y el aislamiento que se extenderá flotante sobre la membrana

Capa antipunzonante: Se colocará una capa separadora antipunzonante entre el aislamiento y la protección que se extenderá flotante sobre el aislamiento térmico.

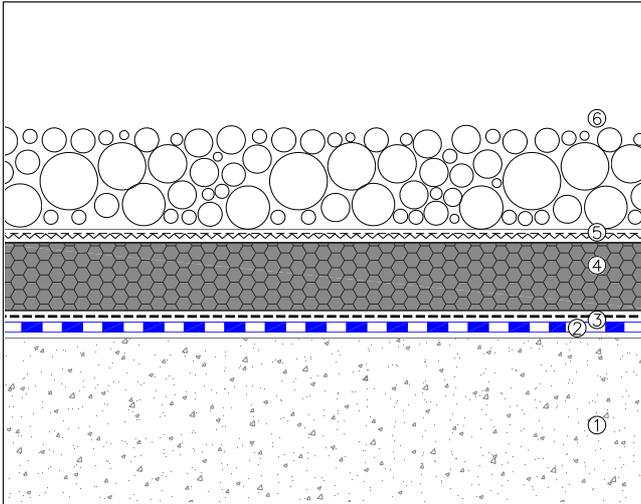
Protección pesada con grava: La grava debe ser, preferentemente, de canto rodado, estar limpia y carecer de sustancias extrañas; su tamaño estará comprendido entre 16 mm y 32 mm, debe formar una capa de espesor uniforme igual a 5 cm como mínimo, en función del espesor del aislamiento.

**CUBIERTA
INVERTIDA NO
TRANSITABLE
ACABADO
GRAVA**



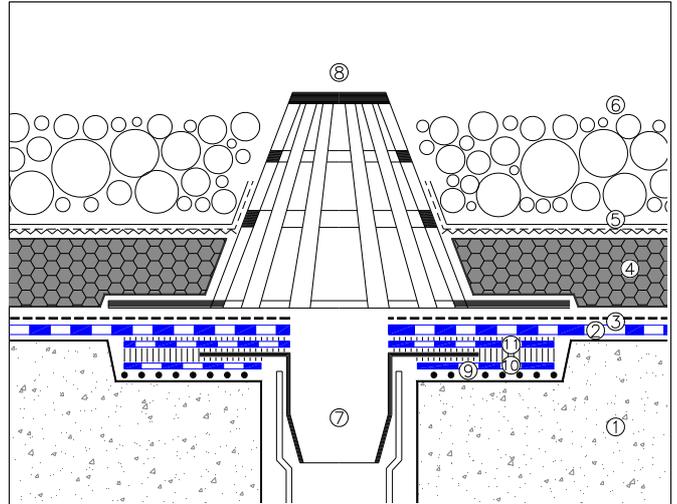
Ejemplo de membrana monocapa no adherida

Detalle general



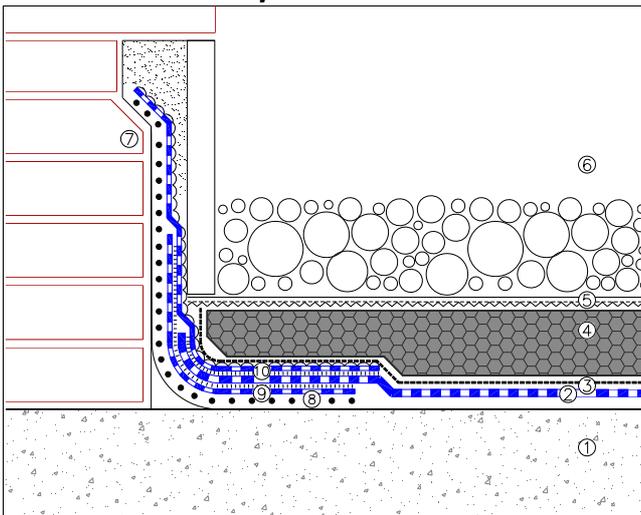
- | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| 1- Soporte resistente y pendientes | 5- Capa separadora antipunzonante |
| 2- Membrana impermeabilizante | 6- Grava |
| 3- Capa separadora | |
| 4- Aislamiento térmico | |

Detalle desagüe



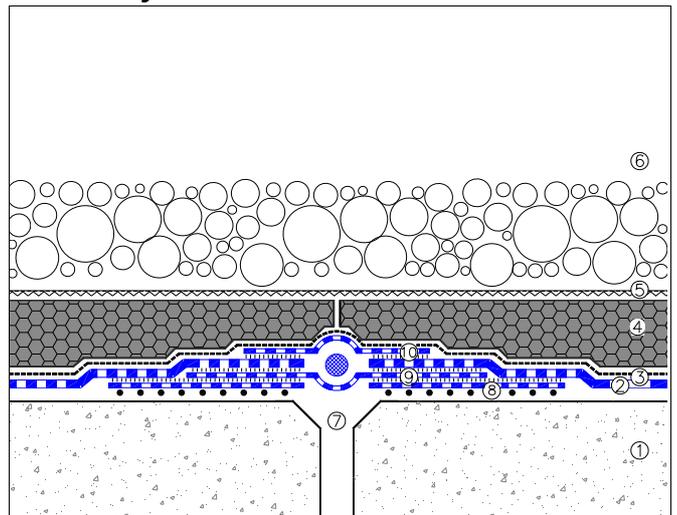
- | | |
|------------------------------------|--------------------------------|
| 1- Soporte resistente y pendientes | 6- Grava |
| 2- Membrana impermeabilizante | 7- Cazoleta de desagüe |
| 3- Capa separadora | 8- Paragavillas |
| 4- Aislamiento térmico | 9- Imprimación |
| 5- Capa separadora antipunzonante | 10- Pieza de refuerzo inferior |
| | 11- Pieza de refuerzo superior |

Detalle remate perimetral



- | | |
|------------------------------------|---|
| 1- Soporte resistente y pendientes | 6- Grava |
| 2- Membrana impermeabilizante | 7- Remate a muro |
| 3- Capa separadora | 8- Imprimación |
| 4- Aislamiento térmico | 9- Banda de refuerzo inferior |
| 5- Capa separadora antipunzonante | 10- Banda de refuerzo superior autoprotectida |

Detalle junta estructural



- | | |
|------------------------------------|--------------------------------------|
| 1- Soporte resistente y pendientes | 6- Grava |
| 2- Membrana impermeabilizante | 7- Junta elástica |
| 3- Capa separadora | 8- Imprimación y banda de adherencia |
| 4- Aislamiento térmico | 9- Banda de refuerzo inferior |
| 5- Capa separadora antipunzonante | 10- Banda de refuerzo superior |

11.5 CUBIERTAS AJARDINADAS

Son cubiertas destinadas a ser utilizadas como áreas de plantación con fines recreativos, estéticos o medioambientales. El soporte base podrá ser:

- hormigón ligero acabado con capa de mortero;
- mortero/hormigón.

La lámina superior que compone la membrana deberá ser resistente a las raíces según UNE-EN 13948 (ensayo de exigencias superiores al contemplado en la norma UNE 53420), identificándose esta propiedad en la etiqueta de la lámina.

Cubiertas ajardinadas intensivas

Las cubiertas ajardinadas intensivas dan respuesta a los espacios verdes ubicados sobre la cubierta, pudiendo utilizarse una amplia variedad de especies de jardín con unos requerimientos de mantenimiento intensivos (riego, abono, poda, etc.) similares a los espacios verdes implantados sobre el suelo. La vegetación de este tipo de cubiertas se cultiva sobre una capa de sustrato de espesor ≥ 15 cm. El peso de la capa de sustrato y vegetación es, generalmente ≥ 120 kg/m².

En este tipo de cubiertas la capa drenante podrá ser una capa prefabricada o una capa de grava.

Cubiertas ajardinadas extensivas (cubiertas ecológicas)

Las cubiertas ecológicas extensivas dan respuesta a los espacios verdes ubicados sobre construcciones, con unos requerimientos mínimos de mantenimiento y con un carácter ecológico y sostenible. Este tipo de cubierta es aquella en la que, una vez instalada y consolidada la comunidad vegetal, se precisa un bajo mantenimiento.

La vegetación a implantar en las cubiertas ecológicas extensivas deberá requerir un bajo mantenimiento y poder adaptarse a las condiciones limitantes del lugar de plantación, teniendo en cuenta la climatología propia de la zona (frío, calor, pluviosidad, sequía, exposición al sol, etc.).

La vegetación de este tipo de cubiertas se cultiva sobre una capa de sustrato de espesor de entre 4 cm y 15 cm. El peso de la capa de sustrato y vegetación es, generalmente < 120 kg/m².

En este tipo de cubiertas la capa drenante será una capa prefabricada y la capa filtrante podrá actuar al mismo tiempo como capa retenedora de humedad.

11.5.1 Cubierta Invertida ajardinada

Características del sistema:

Uso de la cubierta: **Ajardinada**

Pendiente: **Del 1% al 5%**

Protección: **Capa de sustrato y vegetación**

Relación de la membrana con el soporte: **Adherida**

Elementos Integrantes:

- 1.- Soporte resistente de hormigón /
Capa de formación de pendientes
- 2.- Imprimación
- 3.- Membrana impermeabilizante
- 4.- Capa separadora antiadherente
- 5.- Aislamiento térmico
- 6.- Capa drenante
- 7.- Capa filtrante
- 8.- Capa de sustrato y vegetación

Características de la membrana impermeabilizante:

Impermeabilización	MONOCAPA MEJORADA	BICAPA
Designación	MI-AJ	BI-AJ
Masa mínima	4,0 kg/m ²	7,0 kg/m ²
Lámina superior antirraíces ²⁾	LBM-50/G-FP o LBM-40-FP	LBM-50/-FP o LBM-40-FP
Lámina de base	---	LBM-30

Valores de R_{AT} para una cubierta invertida ajardinada:

ZONA CLIMÁTICA	U W/m ² ·K	VALORES DE R _{AT} (m ² ·K/W) EN FUNCIÓN DEL TIPO DE FORJADO							LOSA MACIZA
		FORJADO UNIDIRECCIONAL			FORJADO RETICULAR				
		ENTREVIGADO (BOVEDILLA)			ENTREVIGADO (CASETÓN)		SIN		
		EPS	CERAMICO	HORMIGÓN	EPS	CERAMICO	HORMIGÓN	ENTREVIGADO	
A	0,50	0,38	0,90	0,99	0,98	1,03	1,05	1,12	1,10
B	0,45	0,60	1,12	1,21	1,20	1,25	1,27	1,34	1,32
C	0,41	0,82	1,34	1,43	1,42	1,47	1,49	1,56	1,54
D	0,38	1,01	1,53	1,62	1,61	1,66	1,68	1,75	1,73
	0,35	1,24	1,76	1,85	1,84	1,89	1,91	1,98	1,96

Puesta en obra:

Capa de formación de pendientes: La pendiente estará comprendida entre el 1% y el 5%. Para pendientes comprendidas entre el 0% y el 1% se precisará una Evaluación Técnica favorable y la membrana será bicapa.

Capa separadora antiadherente: Se colocará una capa separadora antiadherente entre la impermeabilización y el aislamiento que se extenderá flotante sobre la membrana

Aislamiento térmico: Serán placas de poliestireno extruido.

Capa drenante y filtrante: Será preferentemente de material prefabricado a base de lámina nodular de cómo mínimo 6 mm de altura de nódulo, con fieltro sintético adherido que actúa como capa filtrante y antipunzonante.

Cuando la capa drenante se realice con áridos sueltos deberá intercalarse una capa separadora antipunzonante entre el aislamiento y la capa de grava. En este caso también se colocará una capa filtrante que impida el paso de finos y la colmatación de la capa drenante.

La capa filtrante deberá ascender en los encuentros con paramentos, como mínimo hasta la altura que alcance la capa de sustrato.

Capa de sustrato y vegetación: Se colocará la capa de sustrato y vegetación adecuada al tipo de cubierta diseñado (cubierta extensiva o cubierta intensiva).

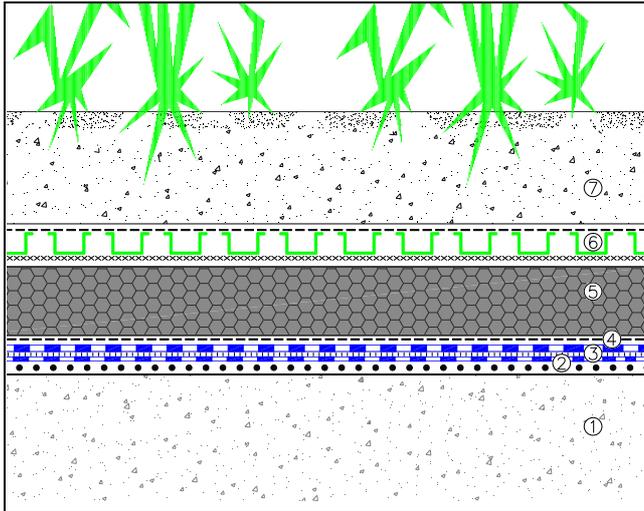
² La masa de mástico de la lámina antirraíz, deberá ser de 4 kg (mínimo nominal). Si tiene acabado mineral, deberá tener una masa de 5 kg en total como mínimo nominal.

CUBIERTA INVERTIDA AJARDINADA



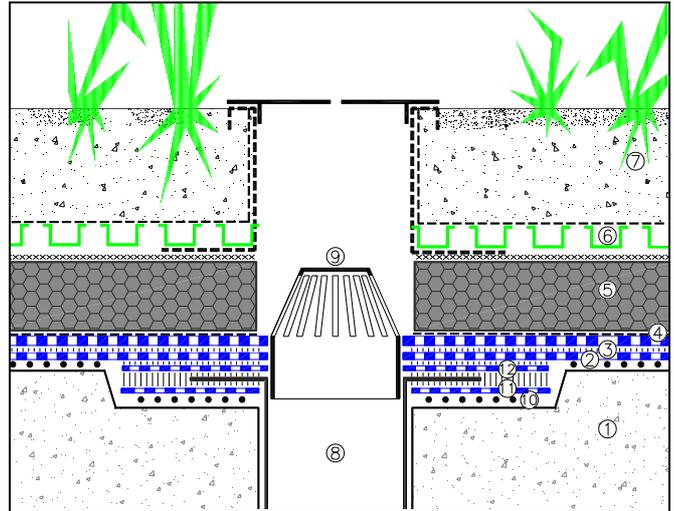
Ejemplo de membrana bicapa adherida

Detalle general



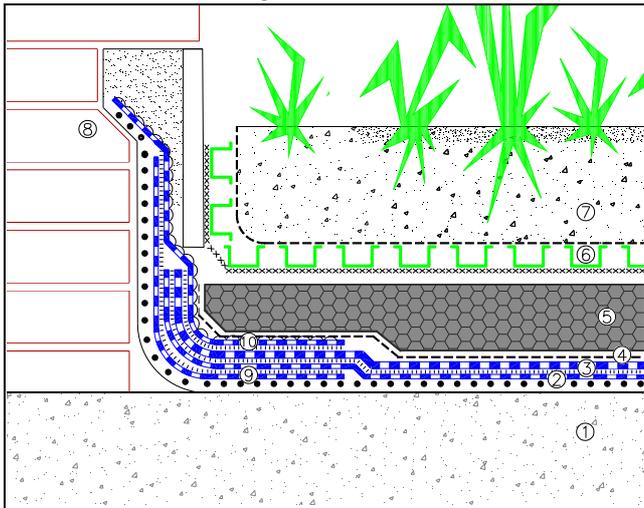
- 1- Soporte resistente y pendientes
- 2- Imprimación
- 3- Membrana impermeabilizante
- 4- Capa separadora
- 5- Aislamiento térmico
- 6- Drenaje
- 7- Sustrato

Detalle desagüe



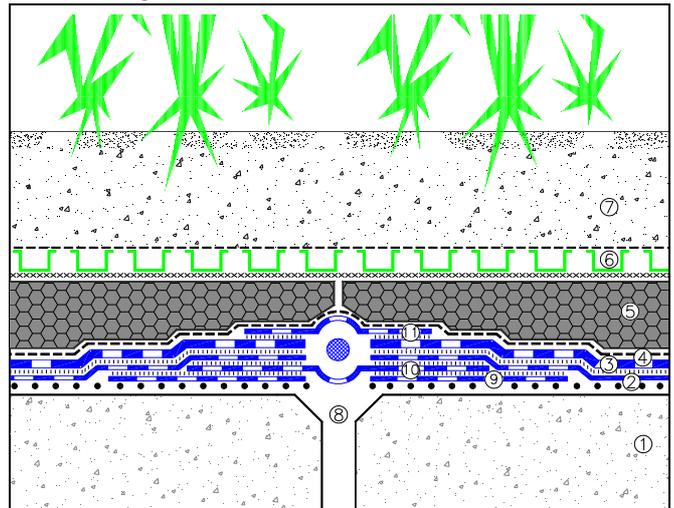
- 1- Soporte resistente y pendientes
- 2- Imprimación
- 3- Membrana impermeabilizante
- 4- Capa separadora
- 5- Aislamiento térmico
- 6- Drenaje
- 7- Sustrato
- 8- Cazoleta de desagüe
- 9- Paragravillas
- 10- Imprimación
- 11- Pieza de refuerzo inferior
- 12- Pieza de refuerzo superior

Detalle remate perimetral



- 1- Soporte resistente y pendientes
- 2- Imprimación
- 3- Membrana impermeabilizante
- 4- Capa separadora
- 5- Aislamiento térmico
- 6- Drenaje
- 7- Sustrato
- 8- Remate a muro
- 9- Banda de refuerzo inferior
- 10- Banda de refuerzo superior autoprotegida

Detalle junta estructural



- 1- Soporte resistente y pendientes
- 2- Imprimación
- 3- Membrana impermeabilizante
- 4- Capa separadora
- 5- Aislamiento térmico
- 6- Drenaje
- 7- Sustrato
- 8- junta elástica
- 9- Banda de adherencia
- 10- Banda de refuerzo inferior
- 11- Banda de refuerzo superior