

Agradecimientos

“A mi mujer, a mi familia y amigos por su apoyo incondicional y confianza en mis buenos y, sobre todo, en mis peores momentos vividos como estudiante, ellos siempre han estado conmigo.

A todos los compañeros y profesores de la Escuela que me han ayudado en mi formación personal y profesional.

A Arsenio Navarro Muedra, profesor asociado de la Escuela Técnica Superior de Gestión en la Edificación y tutor en la redacción de este proyecto, por su ayuda, paciencia y dedicación.”

Índice

1. Introducción y justificación motivada del trabajo a realizar	5
2. Guía de cubiertas planas	7
2.1. Descripción de cubierta plana	7
2.1.1. La cubierta en el edificio	
2.1.2. Cubiertas planas	
2.2. Guía de los distintos tipos de materiales usados en las distintas fases de ejecución	25
2.2.1. Barrera de vapor	
2.2.1.1. Lámina bituminosa	
2.2.1.2. Emulsiones asfálticas	
2.2.1.3. Pinturas bituminosas	
2.2.2. Formación de pendientes	
2.2.2.1. Hormigón celular	
2.2.2.2. Morteros de áridos ligeros	
2.2.2.3. Arcillas expandidas	
2.2.3. Aislamiento	
2.2.3.1. Cámara de aire	
2.2.3.2. Espuma de poliuretano	
2.2.3.3. Poliestireno extruido	
2.2.3.4. Poliestireno expandido	
2.2.3.5. Lana de roca	
2.2.3.6. Fibra de vidrio	
2.2.4. Impermeabilización	
2.2.4.1. Materiales bituminosos	
2.2.4.2. Láminas bituminosas de oxiasfalto	
2.2.4.3. Láminas de oxiasfalto modificado	
2.2.4.4. Láminas de betún modificado con Elastómeros	
2.2.4.5. Láminas de betún modificado con Plastómeros	
2.2.4.6. Láminas extruidas de betún modificado con polímeros	
2.2.4.7. Láminas de alquitrán modificado con Polímeros	
2.2.4.8. Láminas de PVC	
2.2.4.9. Láminas de caucho EPDM	
2.2.4.10. Hidrofugante: impregnante hidrófugo	
2.2.4.11. Pintura impermeabilizante	

2.2.4.12.	Masilla de poliuretano	
2.2.5.	Láminas separadoras entre materiales	
2.2.5.1.	Film de polipropileno	
2.2.5.2.	Filtros de fibra de vidrio	
2.2.5.3.	Filtros de poliéster	
2.2.5.4.	Mortero de cemento	
2.2.6.	Protección exterior	
2.2.6.1.	Grava	
2.2.6.2.	Losa ligera filtrante	
2.2.6.3.	Placas o baldosas	
2.2.6.4.	Tierra vegetal	
2.2.6.5.	Capa de rodadura	
2.2.7.	Elementos auxiliares	
2.2.7.1.	Cazoletas	
2.2.7.2.	Paragravillas	
2.2.7.3.	Chimeneas de ventilación	
2.2.7.4.	Perfil metálico de remate	
2.2.7.5.	Soportes regulables	
2.2.7.6.	Fondos de juntas	
2.3.	Tipologías de cubierta plana y nuevos materiales	125
2.3.1.	Cubiertas de uso transitable	
2.3.1.1.	Cubiertas de uso peatonal	
2.3.1.1.1.	Cubierta convencional	
2.3.1.1.2.	Cubierta invertida	
2.3.1.2.	Cubierta para tránsito rodado	
2.3.2.	Cubiertas no transitables	
2.3.2.1.	Cubierta no transitable con lámina autoprottegida	
2.3.2.2.	Cubierta no transitable con protección pesada	
2.3.2.2.1.	Cubierta tradicional	
2.3.2.2.2.	Cubierta invertida	
2.3.3.	Cubierta ajardinada	
2.3.4.	Sistema de cubierta integral (S.C.I.)	
2.3.5.	Cubiertas ecológicas	
2.4.	Nuevos materiales	159
2.4.1.	Membranas sintéticas monocapa	
2.4.2.	Membranas líquidas de aplicación in situ	
3.	Análisis constructivo de las cubiertas planas	178
3.1.	Distintas fases en la ejecución de la cubierta plana	167
3.1.1.	Preparación de la superficie	

3.1.2.	Barrera corta vapor	
3.1.3.	Formación de pendientes	
3.1.4.	Aislamiento térmico	
3.1.5.	Impermeabilización	
3.1.6.	Capas separadoras	
3.1.7.	Protección y acabados	
3.1.8.	Puntos singulares	
3.1.9.	Elección de la lámina según el uso de la cubierta	
3.2.	Mantenimiento de las cubiertas planas	217
3.2.1.	Criterios dispuestos en el CTE	
3.2.2.	Uso de las cubiertas planas	
3.2.3.	Mantenimiento de las cubiertas planas	
3.3.	Estudio comparativo con distintos materiales según CTE HS y HE	223
3.4.	Impacto ambiental de las cubiertas planas	241
4.	Patologías en las cubiertas planas	247
4.1.	El problema del agua	247
4.2.	Patologías según el tipo de cubierta	251
5.	Control de calidad	262
5.1.	Certificados de Calidad y Normativa	262
5.2.	Control de recepción de los materiales	267
5.3.	Control de ejecución	269
6.	Seguridad y salud	272
7.	Seguimiento de obra en fase de impermeabilización	327
7.1.	Cubierta invertida con protección pesada	327
7.2.	Rehabilitación cubierta peatonal	337
8.	Bibliografía	344

1. Introducción y justificación motivada del trabajo a realizar

La cubierta del edificio es uno de los puntos más importantes de un edificio. Por la cubierta se producen una gran parte de las patologías que afectan a los edificios, principalmente por la entrada de agua debido a la mala ejecución, la mala elección de los materiales o a un mal uso de estas.

Las cubiertas planas se utilizan en el 80% de las obras de edificación que se realizan hoy en día. A su vez la evolución de los materiales de impermeabilización, arrojan al mercado distintos productos con sus ventajas y desventajas que dan distintas soluciones a la ejecución de las cubiertas planas.

Todo esto me llevó a elegir este tema como Proyecto Final de Carrera, con la intención de formarme más a fondo sobre esta tipología constructiva, tan extendida actualmente, y a la vez desarrollar los conocimientos que a lo largo de mis años estudiando en esta Escuela sobre distintas materias como los materiales, la construcción y ejecución de obras, Control de Calidad, Seguridad y Salud,...

Por otra parte pretendo hacer un proyecto que pueda servir como guía de los distintos tipos de materiales existentes y los nuevos materiales, así como de las distintas formas de ejecución de las cubiertas planas, incidiendo en las nuevas tipologías, el Control de Calidad de materiales y de su ejecución y la Seguridad y Salud.

También pretendo indicar las distintas patologías más usuales que nos podemos encontrar, sus posibles causas así como las mejores soluciones, para

finalizar con dos ejemplos de obras y su seguimiento en las distintas fases de ejecución de la cubierta.

2. Guía de cubiertas planas

2.1. Descripción de cubierta plana

2.1.1. La cubierta en el edificio

Las cubiertas son estructuras de cierre superior, que sirven como cerramientos exteriores, cuya función fundamental es ofrecer protección al edificio contra los agentes climáticos y otros factores, para resguardo, darle intimidad, aislamiento acústica y térmica, al igual que todos los otros cerramientos verticales.

Inicialmente, el planteamiento de la edificación se originó en la creación de espacios cubiertos, donde lo más importante era la cubierta que resguardaba de las inclemencias del tiempo y ofrecía un ámbito privado.

La condición principal de una cubierta ha de ser la estanqueidad, y como todos los cerramientos exteriores, cumplirá todas aquellas funciones genéricas de protección y aislamiento que se califican como básicas.

De manera que, la cubierta, como unidad de conjunto y cierre superior (por lo general, a veces se extiende lateralmente) debe tener un tratamiento específico de estanqueidad, y como elemento constructivo que lo recibe y apoya.

Influencias en las cubiertas

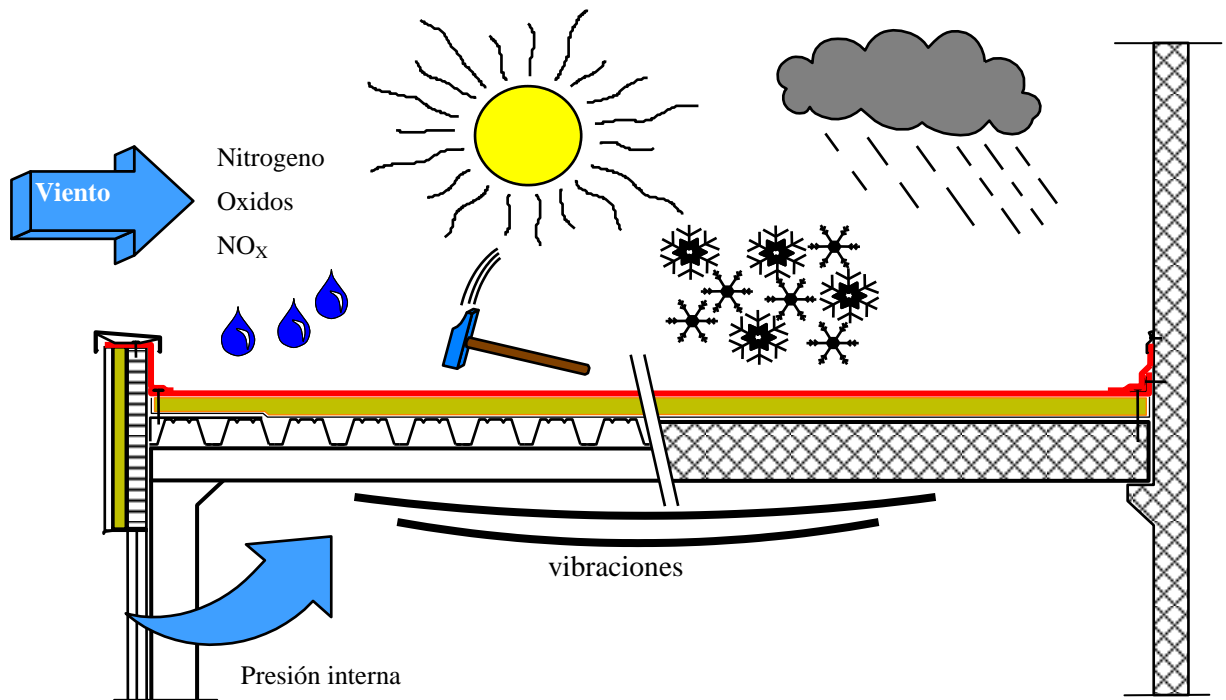


Figura 1: Factores que afectan a las cubiertas

Una cubierta como elemento constructivo debe cumplir unas condiciones que podemos enumerar como:

- *Resistencia y durabilidad*

Todos los elementos componentes de la cubierta serán capaces de soportar las acciones que le son transmitidas, no sólo sin llegar a la rotura del material, sino que las deberán soportar con la suficiente rigidez, para que las deformaciones sean compatibles con las condiciones exigibles por razones de servicio.

Las acciones a considerar no quedarán limitadas a las exclusivamente gravitatorias, no deberemos olvidar las cargas de viento o las térmicas, recogiendo en nuestro estudio todo tipo de acciones previstas en la normativa.

Esta exigencia, no queda reducida a los elementos típicamente estructurales, sino que hay que hacerla extensiva a todos los componentes de la cubierta, correas, cabios o parecillos, tablero,... llegando hasta el revestimiento exterior, la teja, a la que también se le exige como hemos visto una determinada resistencia.

Además hay que tener presente, que la resistencia y estabilidad, no debe de ser sólo de todos y cada uno de los elementos aislados, sino y principalmente del sistema formado por todos los elementos, que constituirán un conjunto estable y rígido. (Cruces de San Andrés, o frontones para dar estabilidad en sentido longitudinal en estructuras metálicas, etc.)

Respecto a las acciones a considerar, es muy importante analizar la componente del peso, según la dirección del plano inclinado, y que puede afectar a la estabilidad de ciertos elementos (las tejas se deslizan a partir de cierta pendiente exigiendo anclajes, clavos de madera) o a la formación de empujes que será necesario contrarrestar y que pueden llegar a afectar al equilibrio de algún elemento o del conjunto.

Por lo tanto hay que analizar de modo individualizado el comportamiento de cada componente constructivo asegurándonos, que trabaja adecuadamente estudiando así mismo sus vínculos, acciones y reacciones con los elementos con los que se relaciona.

- *Barrera a la intemperie*

La entrada del agua en una cubierta es debido como causas principales, a la presión y dirección del viento, y también a la duración y cantidad de lluvia.

En las cubiertas de tejas, la estanqueidad se consigue mediante la adopción de la pendiente y del solape adecuado.

En una cubierta inclinada, la fuerza de la gravedad, tiene una componente que hace que el agua baje la pendiente (a), y otra que la impulsa hacia dentro (b). Cuanto mayor sea la pendiente, menor será la componente normal al faldón, que es la que favorece la penetración o infiltración del agua.

La evacuación de las aguas, se realiza en las cubiertas tradicionales, a través del borde inferior alero o cornisa, bien directamente al exterior lo que puede originar problemas a la fachada, o a través de un canalón perimetral y tubos bajantes.

Las canales exteriores han sido fabricadas tradicionalmente, de plomo, estaño y de zinc de sección semicircular, que deben de dimensionarse suficientemente, según la superficie de cubierta a evacuar.

Las cubiertas tradicionales se resuelven con una geometría muy sencilla, normalmente mediante la descomposición en faldones rectangulares o triangulares que desaguan linealmente por su borde inferior. En sus intersecciones se originan las cumbreras, las limatesas y las limahoyas que constituyen los puntos singulares, delicados en los que se suelen producir algunos problemas, cabe añadir a los anteriores los diversos encuentros de los faldones con los paramentos de otros cuerpos constructivos.

- *Resistencia al viento*

El viento puede afectar puntualmente sobre determinados elementos, (tejas de la cumbrera, del alero, chimeneas, canalones) haciendo peligrar su

estabilidad, lo que se evitará con una adecuada disposición constructiva (tomando todas las tejas con mortero, anclajes adecuados).

Además la acción del viento origina unas cargas que dependen de la pendiente del tejado, la ubicación geográfica del edificio que determina la zona eólica, la situación topográfica normal o expuesta, y la altura de la cubierta sobre el nivel del suelo, parámetros que determinan el valor de la sobrecarga.

Las presiones y acciones que ejerce el viento son distintas según la forma de la cubierta, siendo un caso especialmente delicado las cubiertas a un agua y gran voladizo en los aleros, por la gran succión que se origina.

- *Resistencia al sol*

La acción del sol sobre las cubiertas, aumenta la temperatura superficial de la cara exterior. Se ha comprobado que sobre superficies oscuras, como es el caso de las tejas, ésta temperatura puede llegar a alcanzar los 80 grados.

La acción solar, produce un sobrecalentamiento del elemento constructivo al transmitirse por radiación el calor a las capas inferiores, y simultáneamente provoca unas dilataciones diferenciales en función del gradiente térmico y de las características de los materiales y de la disposición constructiva de sus capas.

Los canalones y bajantes, si son metálicos, sufren grandes dilataciones lo que puede provocar esfuerzos diferenciales, entre partes verticales y horizontales, así como problemas en la unión o encaje con las

diversas fábricas, lo que deberá resolverse mediante una disposición constructiva adecuada.

Material	Coefficiente de dilatación térmica lineal ($\times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$)
Hormigón	10-13
Ladrillo cerámico	5-8
Acero	12

Tabla 1 : Coeficientes de dilatación de diferentes materiales

- *Resistencia a la nieve*

La acumulación de nieve, origina unas cargas, sobre la cubierta. Su valor queda determinado por la normativa, por lectura de tablas se obtiene los Nw/m^2 a considerar en función de la altitud topográfica del edificio y de la pendiente o inclinación de la cubierta.

Tienen la consideración de una sobrecarga uniformemente repartida que debe de tenerse presente en el dimensionado de todos los elementos constituyentes del entramado y de la estructura de la cubierta, ya que aunque con carácter excepcional las consecuencias de éste fenómeno, deben de haberse previsto a fin de evitar las consecuencias negativas que tal evento podría plantear.

Por otra parte la nieve, no debe de crear problemas de falta de impermeabilidad de la cubierta, se ésta ha sido bien resuelta para soportar la lluvia.

- *Perdidas de calor*

Para estudiar y determinar las pérdidas caloríficas de las cubiertas recurriremos a establecer una clasificación de las cubiertas según su comportamiento térmico en los siguientes tipos:

- a) Cerramiento compuesto
- b) Cerramiento con cámara de aire
- c) Cerramiento con desván

Ello nos permitirá determinar el coeficiente de transmisión térmica, cuyo valor es un parámetro indicativo de las pérdidas caloríficas, una vez establecida una correspondencia entre la cubierta objeto de nuestro análisis y uno de los tres tipos funcionales enunciados anteriormente.

Obtenido el valor del coeficiente de transmisión, verificaremos el cumplimiento de la norma, comparándolo con los valores límites especificados en la misma.

- *Ganancias de calor*

Debido al soleamiento se produce una fuerte ganancia calorífica en los edificios, muy especialmente en algunos tipos de cubiertas.

Esta situación ventajosa en condiciones climáticas invernales supone un aporte gratuito energético, que normalmente no es considerado, en los cálculos de las instalaciones convencionales de calefacción, quedando de éste modo del lado de la seguridad.

Pero en nuestro clima se produce una fuerte ganancia de calor en verano, que produce unas condiciones inaceptables y que hay que combatir

mediante las tradicionales cámaras de aire ventiladas que responden de manera eficaz al problema que se plantea.

El grado de ventilación débil, normalmente es insuficiente para contrarrestar el incremento de temperatura generado por la radiación solar.

La ventilación de tipo medio puede ya resolver el problema, si bien habremos tenido en cuenta este factor en el momento de la obtención del valor del coeficiente de transmisión térmica, que sufre un importante incremento respecto a la misma solución constructiva sin ventilar o débilmente ventilada.

Debido a estas pérdidas y ganancias de calor, es por lo que es necesario aislar térmicamente un edificio, por varias razones:

- Mejora de la calidad de vida en la vivienda, mejorando el confort térmico.
- Economizar energía.
- Suprimir los fenómenos de condensación y con ello evitar humedades.

En los tejados que se incluya un material aislante deberá comprobarse que no exista condensación en el mismo, la cual perjudicaría al material, que en un periodo de tiempo dejaría de tener efectividad.

No obstante, un modo de evitar las condensaciones superficiales es ventilar la cámara de aire con un grado de ventilación medio o fuerte con lo que introduciremos aire exterior con menor contenido de vapor de agua con lo que probablemente evitaremos las condensaciones, al disminuir el nivel de emisión de vapor.

Por otra parte el ventilar nos garantiza que la humedad en el interior de la cámara no sobrepasa los valores que supone la norma básica, y que pueden en realidad ser muy superiores debido a la existencia de humedades que originan valores muy altos de humedad en la cámara y que inevitablemente nos producirían condensaciones.

Otra vía para la eliminación de las condensaciones de agua sobre las superficies interiores de una cubierta es el aumento de aislamiento térmico mediante el suplemento de un material aislante o el incremento del espesor del que inicialmente se ha proyectado.

Una buena práctica constructiva es el empleo de barreras de vapor para evitar la condensación de agua intersticial, las cuales aumentan la resistencia al paso de vapor de la parte caliente de los cerramientos.

- *Riesgo de condensaciones*

En este tipo de cubiertas, pueden producirse condensaciones superficiales en aquellos puntos de menor resistencia térmica, que presenten un elevado valor del coeficiente de transmisión térmica.

A mayor coeficiente de transmisión térmica mayores condensaciones. Aparecen condensaciones superficiales.

Las condensaciones se evitan con un grado de ventilación medio o elevado.

- *Barrera acústica*

Según el tipo de cubierta al que nos refiramos, se le debe exigir un cierto aislamiento tanto al ruido aéreo como a los ruidos de impacto.

- *Resistencia al fuego*

Además de las condiciones generales que establece el CTE para todo tipo de edificios, establece también las condiciones particulares que los mismos deberán cumplir de acuerdo con el uso a que se destinan.

Como sabemos el CTE exige una determinada resistencia al fuego de los elementos delimitadores y estructurales así como limita la clase de material autorizado para suelos, paredes y techos.

La resistencia al fuego de un elemento constructivo queda fijada por la norma como, el tiempo, durante el cual dicho elemento es capaz de mantener las condiciones de resistencia mecánica, estanqueidad a las llamas, ausencia de emisión de gases inflamables y aislamiento térmico.

En el CTE-DB.SI se establece que la resistencia al fuego que debe tener una cubierta de un edificio es REI 60.

El valor nominal que corresponde a cada elemento, es el inmediato inferior a su resistencia real obtenida en ensayo. Dicho tiempo se considerará limitado por el momento en que cada elemento constructivo deje de cumplir alguna de las condiciones exigidas.

- *Durabilidad y mantenimiento*

La cubierta debe soportar el ataque de los agentes meteorológicos, lluvia, sol, nieve, viento y de los efectos que estos pueden producir en sus componentes, debidos principalmente a la humedad y a los cambios de temperatura.

Nos encontramos ante una situación parecida a la enunciada en otros epígrafes.

Las cubiertas resueltas con fábricas cerámicas y morteros o argamasas, tienen por lo general un lento envejecimiento y una buena conservación, no planteando generalmente importantes problemas.

En cambio las cubiertas que contienen elementos de madera, que pueden bien conformar la estructura o bien el entramado auxiliar plantean numerosos problemas derivados de las frecuentes patologías subyacentes a la madera, atacable por múltiples agentes, lo que obliga a un cuidadoso entretenimiento con los periódicos tratamientos adecuados al mal a combatir.

Debe de plantearse un mantenimiento sistemático y una vigilancia constante como único medio para que perduren estas construcciones.

Una buena disposición constructiva consiste en ventilar los elementos de madera, aunque en determinados puntos, los empotramientos en las fábricas, una mala solución constructiva inicial, lo dificulte enormemente, precisamente en puntos de gran importancia para su correcto funcionamiento.

La accesibilidad a la cubierta, en condiciones de seguridad, para asegurar su mantenimiento, es una cuestión generalmente olvidada, y que debe de abordarse bien durante la ejecución inicial o ante la primera intervención. Deben de situarse ganchos de fijación, escaleras, barandillas, creando un itinerario cómodo y seguro que permita una fácil inspección, y posibilite cualquier reparación de modo económico y rápido.

También hay que pensar en la accesibilidad interior de los desvanes o cámaras, cuestión fundamental para poder visitar y observar en su inicio cualquier patología como el medio más eficaz de evitar daños mayores.

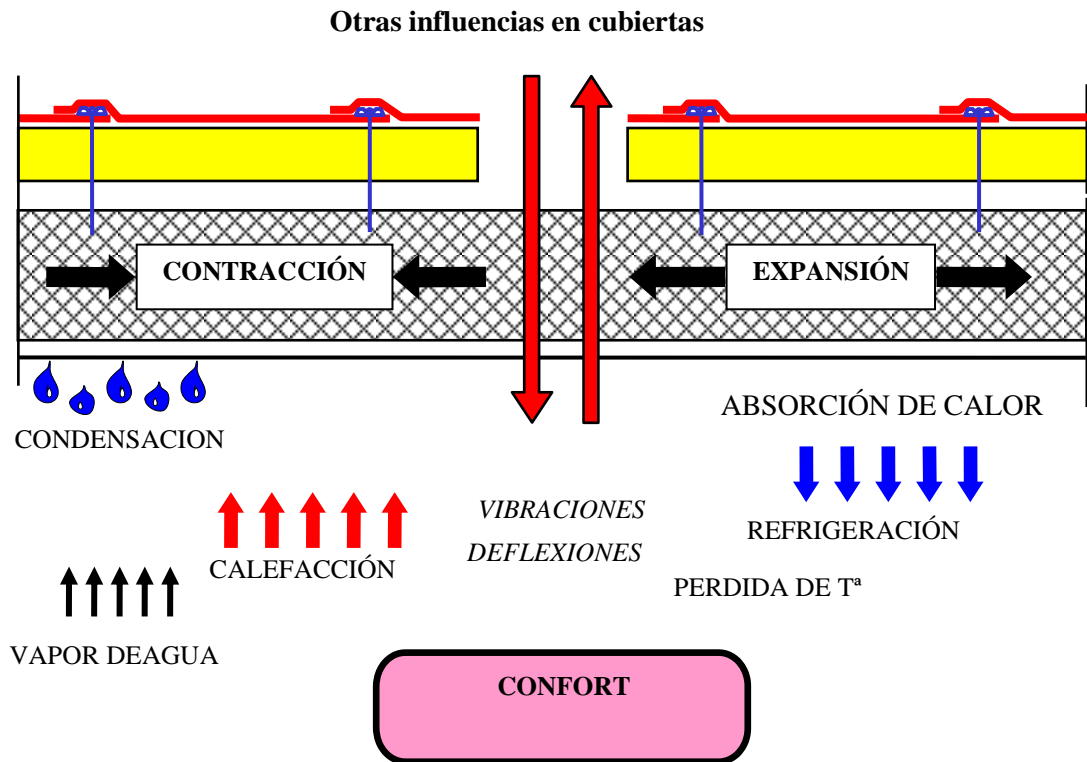


Figura 2 : Factores que influyen en las cubiertas

Pero además de dichas funciones existen otras distintas que en algunas ocasiones pueden ser requeridas:

- Resistencia a atmósferas agresivas.
- Resistencia al envejecimiento.
- Resistencia a la fisuración del soporte.
- Resistencia a los rayos ultravioleta.
- Resistencia a las algas y a la putrefacción.
- Resistencia a las raíces.
- Etc.

2.1.2. Cubiertas Planas.

La cubierta plana está ligada al concepto de modernidad, y a menudo la arquitectura provoca la proliferación de este tipo de techumbres, fenómeno que también es alentado por la especulación inmobiliaria, debido a la necesidad de volumen edificado. El surgimiento de este tipo de cubierta se ubica en localidades donde llueve muy poco.

Las que primero aparecen, de las conocidas en nuestros días, son las fabricadas con materiales naturales como troncos de palmera y cañizo, y por otro lado, las hechas con arcilla como material aislante (en algunas zonas de Marruecos todavía se pueden ver).

Luego, a lo largo del tiempo, se fueron desarrollando nuevas técnicas y nuevos materiales, este tipo de cubiertas se siguen usando respondiendo a las diversas necesidades en la construcción.

Actualmente la variedad de materiales con las que pueden ejecutarse una cubierta plana ha crecido y el uso de las cubiertas planas se ha difundido enormemente. Lo que principalmente caracteriza una cubierta plana es que no posea una pendiente mayor del 5% y se compone de tres partes bien diferenciadas, el soporte, las capas intermedias y la superficie exterior de acabado, las tres zonas a pasar de encontrarse en distintos niveles, sufren cada una los efectos de las cargas y de los agentes climáticos, por lo que la elección de los materiales adecuados que le confieran las características necesarias para soportar los elementos que operan en su contra es algo fundamental.

Existen varios requisitos mínimos que una cubierta plana debe cumplir entre las que se encuentra la resistencia a las distintas condiciones climáticas, con respecto a su rol de cobijo, esta cualidad se desprende de dos condicionantes: el espesor del material y la pendiente de la cubierta. Ya que los techos son elementos que se deterioran de manera rápida, la durabilidad de sus materiales es un aspecto importantísimo que debe tomarse en cuenta. Sabemos que los techos además de cumplir con su papel de protegernos de las inclemencias del clima posee también una función estructural, en ese sentido la exigencia debe ir hacia los aspectos de resistencia y estabilidad, la estructura del techo debe tener la cualidad de ser autoportante y soportar a su vez las cargas que puedan adjudicársele ya sean impuestas por la naturaleza o por el hombre. Es importante que un techo plano posea un adecuado sistema de drenaje, que facilite la rápida evacuación del agua de la cubierta. Esto facilita el mantenimiento y evita las indeseadas filtraciones.

Nuestra cubierta debe ser capaz de mantener una temperatura agradable dentro de la edificación, por lo que la elección de materiales aislantes para nuestras techumbres es una decisión de primer orden, dichos materiales también deben aportar a la tarea del aislamiento acústico, que se verá reforzado por el espesor del techo, todo ello para garantizar un confort real a lo interno de nuestras edificaciones. Además de las características ya mencionadas otro requerimiento es la resistencia a las transformaciones térmicas, que son causadas por los cambios bruscos de temperatura y a las que los techos no están exentos, por otro lado debe considerarse también el uso de materiales incombustibles o revestidos con sustancias ignífugas o retardadores del fuego. Es sumamente importante que el techo sea accesible

para desarrollar actividades de mantenimiento y reparación, siendo esta una propiedad obligada para poder garantizar la prolongación de la vida útil de la cubierta.

Se entiende como cubierta plana el cerramiento superior de un inmueble, las cuales obtienen la estanqueidad mediante una membrana continua, mientras que los tejados obtienen la estanqueidad mediante materiales discontinuos solapados unos con otros obteniendo así la evacuación del agua. En los siguientes apartados trataremos los elementos, sistemas constructivos y materiales impermeables de las cubiertas planas.

De entre todas las clasificaciones que existe, principalmente las cubiertas planas se dividirán en:

- Cubiertas transitables
- Cubiertas no transitables
- Cubiertas ajardinadas

Se deben de distinguir dos tipos fundamentales de cubiertas, las cuales son:

- Cubierta no ventilada
- Cubierta ventilada

Cubierta no ventilada (cubierta caliente)

El cerramiento es de una sola hoja, compuesto por capas yuxtapuestas de distinto material y que están en contacto directo. La secuencia de capas de abajo arriba es:

- 1 Forjado, normalmente con una capa de nivelación plana o con pendiente
- 2 Barrera contra vapor
- 3 Aislamiento térmico y formación de pendientes
- 4 Capa separadora
- 5 Impermeabilización
- 6 Capa de protección

En este tipo de cubierta, es necesario colocar una barrera de vapor debajo del aislamiento térmico con el fin de evitar que el vapor de agua lo humedezca, ya que si es así reduce su eficacia llegando la humedad finalmente debajo de la capa impermeable. En la práctica, es imposible realizar una barrera de vapor totalmente estanca debido a las muchas uniones y entregas con los conductos que atraviesan la cubierta. De esta manera nunca queda humedad retenida entre capas estancas al vapor. Este tipo constructivo es el idóneo para todos aquellos casos en la temperatura interior sea de aproximadamente 20° C y el porcentaje de humedad sea aproximadamente 60%.

Las grietas, las superficies irregulares, la falta de planeidad, la suciedad, la elevada humedad, la mala situación de la junta de dilatación y construcción, etc. que se originan en el forjado de apoyo de la cubierta, nunca deben influir negativamente sobre las distintas capas yuxtapuestas de la cubierta.

Cubierta ventilada (cubierta fría)

Constituida por una hoja interior (soporte estructural y capa de aislamiento térmico) y otra exterior formada por el soporte base donde está la membrana impermeabilizante y sus protecciones o acabados.

En estas dos hojas existe una cámara de aire ventilada, cuya función además de servir de aislamiento térmico es la de eliminar las posibles humedades por condensación. En la hoja interior se sitúa la barrera de vapor y el aislamiento, está sometida a escasas deformaciones, mientras que la hoja exterior estará sometida a deformaciones y continuo movimiento, por lo que debe ser totalmente independiente de cualquier estructura, debe ser ligera y es donde se coloca la impermeabilización con su protección.

La secuencia de capas de la cubierta fría es:

- a) Forjado
- b) Aislamiento térmico
- c) Cámara de aire ventilada
- d) Capa superior con impermeabilización
- e) Capa de protección

Para que la cámara de aire esté lo suficientemente ventilada se deben de practicar las aberturas necesarias para que en su interior se alcance una temperatura lo más próxima posible a la del exterior, y así evitar que se produzcan condensaciones. También es recomendable colocar una barrera contra vapor debajo del aislamiento, para evitar que el aislamiento térmico se humedezca y ver reducida su eficacia. Normalmente existen problemas encima

de los cuartos húmedos de las viviendas, por lo que es recomendable ejecutarlo en estos puntos.

2.2. Guía de los distintos tipos de materiales según las fases de ejecución

A continuación se enumeran los distintos tipos de materiales y productos utilizados en la ejecución de las cubiertas planas.

También se hace referencia a la calidad que deben tener los materiales, informando sobre los posibles sellos y marcas que garantizan la idoneidad del producto para su correcta aplicación en obra.

Las distintas fases de ejecución que vamos a utilizar para la descripción de los distintos tipos de materiales son las siguientes:

Barrera de vapor

Formación de pendientes

Aislamiento

Impermeabilización

Protección exterior

Elementos auxiliares

2.2.1. Barrera de vapor

Según el tipo de cubierta, es necesario colocar una barrera de vapor debajo del aislamiento térmico con el fin de evitar que el vapor de agua lo humedezca, ya que si es así reduce su eficacia llegando la humedad finalmente debajo de la capa impermeable. Se pueden utilizar distintos tipos de materiales para cumplir esta función.

2.2.1.1. Lámina bituminosa

Como barrera corta vapor se puede emplear cualquier lámina impermeable que exista en el mercado. Habitualmente se utiliza una lámina de oxiasfalto tipo LO-20_FV ya que como luego veremos cumple todas las necesidades como barrera corta vapor, siendo una lámina sencilla y económica.

2.2.1.2. Emulsiones asfálticas

Son productos bituminosos obtenidos por la dispersión de pequeñas partículas de un betún asfáltico en agua o en una solución acuosa con un agente emulsionante; además de los tres productos básicos (betún asfáltico, agua y emulsionantes), pueden contener otros tales como materia mineral fina, caucho, etc. Su función es mejorar la adherencia del material impermeabilizante con el soporte, utilizados para la imprimación y la preparación de las superficies de los soportes.

Se denomina emulsión asfáltica, al producto obtenido por la dispersión de pequeñas partículas de un betún asfáltico en agua o en una solución acuosa, con un agente emulsionante.

Además de estos tres productos básicos (betún asfáltico, agua y emulsionante), pueden contener otros tales como filler, amianto, caucho, etc.

Las emulsiones asfálticas se clasifican en los tipos A, B, C y D, y se designan con la sigla E seguida de la letra que identifica el tipo al que pertenecen y de su referencia.

Se aplican a temperaturas superiores a 5°C y poseerán adhesivos sobre superficies húmedas o secas.

Se utiliza como imprimación de todo tipo de superficies que se protejan con productos bituminosos o con láminas asfálticas con el fin de mejorar la adherencia. Imprimación de terrazas, cubiertas de edificios, etc.

Antes de aplicar la emulsión asfáltica conviene que la superficie esté completamente seca y limpia de polvo, cal, grasa, etc., por lo que se aconseja efectuar un lavado de la superficie a imprimir. Una vez bien seca, se puede aplicar la imprimación mediante brocha, cepillo o rodillo, pudiendo dar una o dos capas; todo dependerá del estado y poder absorbente de la superficie.

Entre las ventajas de este material están:

- Idóneo para imprimir y preparar las superficies que vayan a impermeabilizarse con el fin de mejorar la adherencia de la lámina bituminosa con el soporte.
- Fácilmente aplicable.
- No contiene disolventes. Ideal para la preparación de superficies en lugares cerrados.
- Adherencia incluso sobre superficies ligeramente húmedas.

Las emulsiones asfálticas no deben de aplicarse cuando la temperatura ambiente sea menor que 5 °C.

Su consumo dependerá de la rugosidad del soporte.

Las emulsiones asfálticas deben de ser homogéneas y no mostrar separación de agua ni coagulación del betún asfáltico emulsionado. No deben

de sedimentarse durante el almacenamiento, de forma que no pueda devolverse su condición por agitación moderada.

2.2.2. Formación de pendientes

2.2.2.1. Hormigón celular

Es un material de bajo peso consistente en cemento portland y otro tipo de aglutinantes que contienen mezclas de ingredientes de estructura celular homogénea que se han conseguido a partir de agentes químicos.

Se utilizan aditivos líquidos para la fabricación de espumas de baja y media expansión conformando células incorporadas al cemento que confiere a este una baja densidad y un alto poder de aislamiento térmico y acústico. Puede formar capas en espesores que varían desde 3 cm, a 500 cm, o más manteniendo las células distribuidas en la totalidad de la masa, de forma totalmente homogénea y estable.

Las densidades recomendables en función de la resistencia y poder aislante oscilan entre 500 y 900 Kg/m³ con unas resistencias a compresión de 60 a 150 Kg/cm² según la densidad elegida y el material utilizado.

El aditivo, dosificado por equipos, mediante venturi, es colocado en la red de agua de aspiración de las bombas del hormigón celular.

2.2.2.2. Morteros de áridos ligeros

Se trata de relleno de pendientes con morteros de cemento aligerados con áridos ligeros como perlas de poliestireno expandido o arcillas expandidas.

2.2.2.3. Arcillas expandidas

Arcilla en gránulos sometida a elevadas temperaturas lo cual aumenta su volumen desprendiendo gas. Se la emplea como árido ligero.

Es un árido cerámico de gran ligereza empleado en la construcción en hormigones, en rellenos para formar pendientes en cubiertas planas, en recrecidos para soleras, y como aislante térmico. La arcilla expandida es un material usado también para filtrado en la depuración de aguas.

Su granulometría oscila entre los 10 y los 16 mm, hasta diámetros menores de 5 mm.

A mayor tamaño del grano (más expandido), menor será la densidad del material, que varía entre los 325kg/m^3 y los 750kg/m^3 . De tal manera que esta densidad es cinco veces inferior a la de la arcilla común (alrededor de 1.500kg/m^3)



Foto 1 Arcillas expandidas

2.2.3. Aislamiento

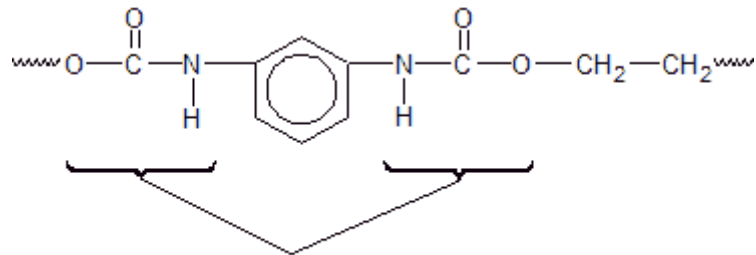
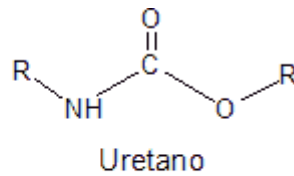
2.2.3.1. Cámara de aire

La cámara de aire es el aislamiento más antiguo que todavía se utiliza, aunque cada día su uso es más reducido debido principalmente a los grandes avances en otros tipo de aislamientos.

Su principal característica es que se trata de una cámara ventilada que impide el calentamiento de la cubierta y el paso al interior del edificio. Por el tipo de aislamiento (cámara de aire) la cubierta debe ser de doble hoja y se debe colocar algún otro tipo de aislamiento entre la cámara de aire y la hoja interior de la cubierta. Para este tipo de casos se emplea normalmente un aislamiento de lana de roca.

Se deben calcular bien los puntos de ventilación de este tipo de aislamiento ya que si la cámara de aire no está bien ventilada o durante su vida del edificio se obstruyen los puntos de ventilación, se podría producir un calentamiento de la cámara y podría provocar el deterioro de la hoja exterior de la cubierta.

2.2.3.2. Espuma de poliuretano



Los uretanos se enlazan dando poliuretano

Figura 3 : Molécula de poliuretano

El poliuretano es una espuma rígida de dos componentes, polioli e isocianato, de celda cerrada y libre de CFC's para el aislamiento por proyección con clasificación frente al fuego M3.

Los componentes:

- Componente A: Mezcla de Polioles, que contiene catalizadores ignifugantes y agentes espumantes. Es el Polioli
- Componente B: MDI (Difenil metano diisocianato). Es el isocianato

El sistema de poliuretano se aplica por proyección con equipos de alta presión, dotados de calefacción, con una relación de mezcla de 1:1 en volumen.

Sus principales aplicaciones son en aislamiento térmico de cerramientos de edificios, viviendas (tabiquería), naves industriales, granjas, buques,

cámaras, etc. También se aplica en cerramientos de edificios con función impermeable.

A nivel orientativo el tipo de aplicación según la densidad sería:

<u>Densidad</u>	<u>Tipo de aplicación</u>
30 – 36	Construcción cámaras de conservación, granjas
36 – 44	Cámaras frigoríficas
46– 56	Cubiertas de naves. Suelos

Entre las ventajas del poliuretano podemos destacar:

- Supresión total de puentes térmicos. El aislamiento no presenta juntas ni fisuras, puesto que es un aislamiento continuo.
- Buena adherencia al sustrato. No es necesario el empleo de colas ni adhesivos para su instalación.
- Posibilidad de aislar e impermeabilizar (densidad superior a 45 kg / m³) en un único proceso. Esta característica se debe, por una parte, a su estructura de celdas cerradas y estancas al agua y, por otra, a su forma de aplicación en continuo que permite evitar las juntas.
- Movilidad. Posibilidad de desplazarse rápidamente a cualquier obra sin necesidad de transportar o almacenar productos voluminosos como son los materiales aislantes.

Para la puesta en obra las superficies sobre las que se va a proyectar han de estar limpias, secas y exentas de polvo y grasa, para procurar una buena adherencia de la espuma al sustrato, si el sustrato es metálico además tienen que estar exento de oxido y herrumbre para asegurarse una buena

adherencia, aún así puede ser necesario la utilización de una imprimación adecuada.

El rendimiento de la espuma, viene influenciado por un gran número de factores enumerados a continuación:

- Condiciones atmosféricas: temperatura y humedad del ambiente y de la superficie del sustrato, así como otros factores ambientales (viento, etc.).
- Ajuste de la maquinaria, relación adecuada.
- Tipo de aplicación; vertical, horizontal, techos.
- Forma de aplicación; espesor de capas, aplicación de barniz.

El espesor de capa es perfectamente controlable y se puede modificar variando la velocidad de aplicación y/o la cámara de mezcla de la pistola, el espesor suele ser de 10 a 20 mm.

Hay que tener en cuenta que el rendimiento de la espuma es mayor cuanto menor es el nº de capas aplicadas para el mismo espesor. No obstante, no es conveniente aplicar espesores superiores a 25 mm ya que debido a la elevada exotermia de la reacción podrían aparecer otros problemas.

Sobre superficies frías, la primera capa tarda más tiempo en reaccionar y el crecimiento no suele ser del 100%, por ello se aconseja que la primera capa en estos casos sea un barniz para que el calor que genere caliente el sustrato y así la segunda capa espume correctamente.

La temperatura recomendada en mangueras es de 30 a 50°C según condiciones ambientales. La temperatura mínima recomendada del sustrato durante la proyección es de 5° C.

En determinadas condiciones atmosféricas desfavorables (sustratos fríos, bajas temperaturas, alta humedad, etc.), se puede aconsejar y autorizar la adición de algún activador recomendado por el fabricante, del 0.5 % al 2% en el polioliol, siendo necesario agitar el bidón para su homogeneización.

La espuma de poliuretano aplicada en el exterior se vuelve de color oscuro y quebradiza por la acción del sol. Por ello toda la espuma que vaya a estar en estas condiciones se debe proteger con un recubrimiento adecuado, (acrílicos, caucho butilo, vinílicos, asfálticos, poliuretanos mono y bicomponentes, etc).

Un recubrimiento idóneo sería aquel que cumple los siguientes requisitos:

- a) Propiedades físicas
 1. Resistencia a los agentes atmosféricos
 2. Resistencia a los agentes químicos
 3. Buenas resistencias a la tracción
 4. Buena adhesión a la espuma
- b) En cuanto aplicación
 - Secado rápido
 - Posibilidad de aplicación a pistola
 - Espesor mínimo 0.5 a 1 mm



Foto 2 : Proyección de espuma de poliuretano

2.2.3.3. Poliestireno extruido

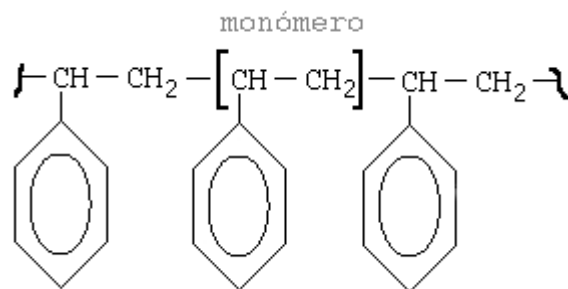


Figura 4 : Molécula del poliestireno

Son paneles rígidos de poliestireno extruido (tipo IV según UNE 92-115), con acabado lateral mecanizado.

Es el más utilizado en cubiertas planas e inclinadas, como aislante térmico. Da origen a la formación de cubiertas invertidas, al colocarse el aislamiento sobre la impermeabilización. Siempre debe haber un sistema de protección pesado sobre el poliestireno.

Además de su uso en las cubiertas invertidas, también se usa en las cubiertas convencionales bajo la capa de formación de pendientes debido a sus mejores propiedades aislantes.

Este material se emplea para el aislamiento térmico en cubiertas planas invertidas con protección pesada, transitables o no, así como en cámaras frigoríficas, etc.

Se recomienda proteger el panel con una capa separadora antipunzonante, previo a la protección pesada de terminación (cubierta invertida).

2.2.3.4. Poliestireno expandido



Foto 3 : Poliestireno expandido

El poliestireno expandido (EPS) es un material plástico espumado, derivado del poliestireno y utilizado en el sector del envase y la construcción.

La fabricación del material se realiza partiendo de compuestos de poliestireno en forma de *perlitas* que contienen un agente expansor (habitualmente pentano). Después de una pre-expansión, las perlitas se mantienen en silos de reposo y posteriormente son conducidas hacia máquinas

de moldeo. Dentro de dichas máquinas se aplica energía térmica para que el agente expansor que contienen las perlitas se caliente y éstas aumenten su volumen, a la vez que el polímero se plastifica. Durante dicho proceso, el material se adapta a la forma de los moldes que lo contienen.

En construcción lo habitual es comercializarlo en planchas de distintos grosores y densidades. También es habitual el uso de bovedillas de poliestireno expandido para la realización de forjados con mayor grado de aislamiento térmico.

Otras características reseñables del poliestireno expandido (EPS) son su ligereza, resistencia a la humedad. Es un producto autoextinguible y reacción al fuego M-1.

Otra de las aplicaciones del poliestireno expandido es la de aislante térmico y acústico en el sector de la construcción, utilizándose como tal en fachadas, cubiertas, suelos, etc. En este tipo de aplicaciones, el poliestireno expandido compite con la espuma rígida de poliuretano, la cual tiene también propiedades aislantes. Existen distintos tipos de poliestireno expandido, según la densidad y conductividad térmica que se les haya otorgado en su fabricación. Estos valores varían entre los 10 y 25 kg/m³ de densidad y los 0,06 y 0,03 W/m°C de conductividad térmica, aunque solo sirven de referencia, pues dependiendo del fabricante estos pueden ser mayores o menores.

En el mercado el poliestireno expandido se comercializa en distintos formatos y densidades, adaptados a las necesidades del cliente, aunque el formato estándar es en planchas de 2000mm x 1200mm x espesor variable de 10 mm a 50 mm.

2.2.3.5. Lana de roca



Foto 4 : Paneles de lana de roca

Son paneles rígidos de alta densidad, constituido por lana de roca hidrofugada y aglomerada con resinas termoendurecibles. Existe una lana de roca que va revestida por su cara superior con un complejo de oxiasfalto armado con velo de fibra de vidrio y acabado en una película de polipropileno termofusible, lo que permite soldar mediante calor una lámina impermeabilizante sobre el aislamiento.

La fijación de los paneles a la chapa metálica será por medio de fijación mecánica, utilizando un mínimo de 5 unidades por metro cuadrado, o mediante adhesivo.

Los paneles de lana de roca se presentan con distintos espesores, 40, 50 y 60 mm, con una dimensión normal de cada panel de 1,20 * 1,00 m y una densidad aproximada a 150 kg/m².

Especialmente indicado para cubiertas tipo Deck, con impermeabilización autoprottegida, adherida o fijada mecánicamente.

En obras de rehabilitación, anclada o adherida al soporte para posteriormente colocar el material de acabado, la lámina impermeable. Es el sistema de cubierta integral.

2.2.3.6. Fibra de vidrio

La fibra de vidrio (del inglés *fiberglass*) es un material fibroso obtenido al hacer fluir vidrio fundido a través de una pieza de agujeros muy finos (espinnerette) y al solidificarse tiene suficiente flexibilidad para ser usado como fibra.

Sus principales propiedades son: buen aislamiento térmico, inerte ante ácidos, soporta altas temperaturas. Estas propiedades y el bajo precio de sus materias primas, le han dado popularidad en muchas aplicaciones industriales.

También se utiliza habitualmente como aislante térmico en la construcción, en modo de mantas o paneles de unos pocos centímetros.

Es un material aislante que apenas se usa en la ejecución de cubiertas planas.

2.2.4. Impermeabilización

2.2.4.1. Materiales bituminosos



Foto 5 : Bobinas de láminas bituminosas

Se consideran materiales bituminosos los que contienen en su composición asfaltos naturales, betunes asfálticos de penetración, betunes asfálticos de oxidación, alquitranes o breas.

Los materiales o productos bituminosos se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- Productos elaborados
- Productos prefabricados

Productos elaborados: Son aquellos que se aplican “in situ” en el lugar de utilización, realizándose un proceso de transformación físico, químico o físico-químico. Mediante la elaboración de disolventes o de agua, en el caso de pinturas o emulsiones, curado químico, en el caso de algunos selladores de juntas, fundamentalmente de aplicación en frío.

Su presentación es, en bidones en estado fluido o en pastillas en estado sólido. En la actualidad son un complemento de la impermeabilización con productos prefabricados.

Los principales son:

- Emulsiones asfálticas: Se utilizan algunas en carreteras, otras como imprimadores para preparación de superficies o para realizar recubrimientos impermeables multicapas.
- Pinturas de imprimación: Se utilizan para mejorar la adherencia del material impermeabilizante al soporte.
- Pinturas de protección: Suelen utilizarse sobre impermeabilización en edificación y como material de acabado.
- Pegamentos: Se emplean como adhesivos para unir productos prefabricados entre sí, o con la base previamente preparada.
- Materiales para el sellado. Se utilizan para lograr la estanquidad en las juntas.

Productos prefabricados: Son los que soportan en la actualidad la parte más importante del consumo de productos bituminosos. Se presentan en forma laminar en rollos o placas. Están formados por tres componentes fundamentales:

1. Mástico bituminoso. Es el componente verdaderamente impermeabilizante. De la destilación del petróleo se obtiene: el betún asfáltico de penetración, el cual es la materia prima básica de la que se obtienen todos los másticos asfálticos. Para poder laminarlo, se tiene que realizar ciertas modificaciones, que dan lugar básicamente a tres tipos de másticos:

- Oxiasfalto
- Oxiasfalto modificado

- Betún modificado

2. Armadura. Tiene con finalidad, servir como soporte y le da resistencia mecánica al material impermeabilizante. La resistencia al punzonamiento la obtenemos con las armaduras de poliéster y la estabilidad dimensional con la fibra de vidrio. Existen láminas con doble armadura, que ofrecen ambas propiedades.

Hay también láminas con armadura de polietileno, y sin armadura, el caso de algunas láminas autoprotegidas metálicas.

3. Materiales de terminación. Se trata de los materiales con los que se acaban superficialmente las láminas bituminosas, y pueden ser de dos tipos: de protección y antiadherentes.

- Materiales de protección. Protegen la superficie externa de las láminas bituminosas que se van a colocar expuestas a la intemperie, y pueden ser de dos tipos.

- Autoprotección mineral: Pizarra o gránulos cerámicos coloreados.

- Autoprotección metálica: Esencialmente aluminio gofrado, bien sea en su color natural o coloreado, y el cobre gofrado.

- Material antiadherente. Impiden que el material se adhiera durante su almacenamiento y transporte, y pueden ser de plástico o arena fina.

Embalaje y presentación de las láminas. Las láminas deben de presentarse en rollos protegidos para evitar que se produzcan deterioros

durante el transporte y almacenamiento. Cada rollo debe llevar una etiqueta en la que figure como mínimo:

- a) Nombre y dirección del fabricante, y los del distribuidor.
- b) Designación del producto, de acuerdo con los apartados correspondientes a cada tipo de lámina.
- c) Nombre comercial del producto.
- d) Largo y ancho nominales del producto, en m.
- e) Masa nominal de la lámina por m².
- f) Espesor nominal de lámina, en mm, excepto en las láminas bituminosas de oxiasfalto y las de oxiasfalto modificado.
- g) Fecha de fabricación.
- h) Condiciones de almacenamiento.
- i) En el caso de láminas con armadura, las siglas de la armadura principal y si tiene armaduras complementarias, además, las de estas.

Las láminas deben suministrarse en rollos de una anchura nominal de 1 m, como mínimo, no se admiten diferencias entre la anchura efectiva y la nominal, por defecto ni por exceso, mayor que el 1%, salvo para las láminas con armadura de película de polietileno poliéster, en las que se admite una diferencia máxima de 1,5%.

EMULSIONES ASFÁLTICAS

Son productos bituminosos obtenidos por la dispersión de pequeñas partículas de un betún asfáltico en agua o en una solución acuosa con un agente emulsionante; además de los tres productos básicos (betún asfáltico, agua y emulsionantes), pueden contener otros tales como materia mineral fina, caucho, etc. Su función es mejorar la adherencia del material impermeabilizante con el soporte, utilizados para la imprimación y la preparación de las superficies de los soportes.

Se denomina emulsión asfáltica, al producto obtenido por la dispersión de pequeñas partículas de un betún asfáltico en agua o en una solución acuosa, con un agente emulsionante.

Además de estos tres productos básicos (betún asfáltico, agua y emulsionante), pueden contener otros tales como filler, amianto, caucho, etc.

Se aplican a temperaturas superiores a 5°C y poseerán adhesivos sobre superficies húmedas o secas.

Se utiliza como imprimación de todo tipo de superficies que se protejan con productos bituminosos o con láminas asfálticas con el fin de mejorar la adherencia. Imprimación de terrazas, cubiertas de edificios, etc.

Antes de aplicar la emulsión asfáltica conviene que la superficie esté completamente seca y limpia de polvo, cal, grasa, etc., por lo que se aconseja efectuar un lavado de la superficie a imprimir. Una vez bien seca, se puede aplicar la imprimación mediante brocha, cepillo o rodillo, pudiendo dar una o dos capas; todo dependerá del estado y poder absorbente de la superficie.

Entre las ventajas de este material están:

- Idóneo para imprimir y preparar las superficies que vayan a impermeabilizarse con el fin de mejorar la adherencia de la lámina bituminosa con el soporte.
- Fácilmente aplicable.
- No contiene disolventes. Ideal para la preparación de superficies en lugares cerrados.
- Adherencia incluso sobre superficies ligeramente húmedas.

Las emulsiones asfálticas no deben de aplicarse cuando la temperatura ambiente sea menor que 5 °C.

Su consumo dependerá de la rugosidad del soporte.

Las emulsiones asfálticas deben de ser homogéneas y no mostrar separación de agua ni coagulación del betún asfáltico emulsionado. No deben de sedimentarse durante el almacenamiento, de forma que no pueda devolverse su condición por agitación moderada.

PINTURAS BITUMINOSAS DE IMPRIMACIÓN

Las pinturas bituminosas de imprimación son productos bituminosos líquidos obtenidos a partir de una base bituminosa (asfáltica o de alquitrán) que, cuando se aplican en capa fina, al secarse, forman una película sólida.

Las pinturas bituminosas de imprimación se clasifican en los dos tipos siguientes:

- Tipo I, pinturas de imprimación de base asfáltica.
- Tipo II, pinturas de imprimación de base alquitrán.

Las pinturas bituminosas de imprimación se designan con las siglas PI seguidas de un guión, del número romano que identifica el tipo al que pertenecen, y de la referencia.

Sus características técnicas son:

Rendimiento aproximado mayor a 0,5 kg/m².

Aspecto: Líquido color negro

Densidad a 25°C: 0,95 ± 0,05 g/cm³

Viscosidad Saybolt Furol 25°C: 25-75 S

Punto de inflamación: Mín. 40°C

Solubilidad en agua: Insoluble

Solubilidad en benceno: Soluble

Solubilidad en tolueno: Soluble

La pintura bituminosa de imprimación se utiliza como imprimador de todo tipo de superficies que se protejan con productos bituminosos o con láminas asfálticas.

Puede usarse en imprimación de terrazas, cubiertas de edificios, paramentos, medianerías, muros, paredes, sótanos, etc.

Antes de aplicar la pintura bituminosa conviene que la superficie este completamente seca y limpia de polvo, cal, grasa etc., por lo que se aconseja efectuar un lavado de la superficie a imprimir.

Una vez bien seca se puede aplicar la pintura bituminosa mediante brocha, cepillo o rodillo, pudiendo dar una o dos capas; todo dependerá del estado y poder absorbente de la superficie.

Entre sus ventajas podemos destacar:

- Gran adherencia a todos los sustratos tradicionales en la construcción.
- Elevado poder de penetración en superficies porosas.
- Elevada resistencia química.
- Excelente rendimiento.
- Rápido secado.
- Consolida las superficies, eliminando el polvo suelto en ellas.
- Aplicación en frío.
- Mejora la adherencia de los soportes a impermeabilizar.

Después de 6 meses de almacenamiento en el envase original cerrado, a una temperatura comprendida entre 5 °C y 30 °C, la pintura no presentará modificación en ninguna de las características específicas.

PEGAMENTOS BITUMINOSOS Y ADHESIVOS

Los pegamentos bituminosos y los adhesivos son aquellas materias primas y productos elaborados de base bituminosa que se emplean como adhesivo de láminas, fieltros u otros materiales bituminosos prefabricados que

cumplan sus correspondientes normas UNE, para realizar la unión de los mismos entre sí o con la base previamente preparada.

Su clasificación puede ser:

- Tipo I: Pegamentos bituminosos de aplicación en caliente

Son las materias primas (oxiasfaltos) o los productos elaborados (másticos bituminosos) empleados directamente con este fin.

Los oxiasfaltos son productos bituminosos semisólidos preparados a partir de hidrocarburos naturales por destilación y oxidación posterior, sin o con catalizadores, al hacer pasar a través de su masa una corriente de aire a elevada temperatura.

Los oxiasfaltos se clasifican en los tipos que se especifican en UNE 104-202.

- Tipo II: Pegamentos bituminosos de aplicación en frío

Estarán compuestos esencialmente por un producto bituminoso disuelto en un disolvente volátil y serán de tal naturaleza que permitan la unión de los materiales sin afectar a sus propiedades.

Los másticos bituminosos se designan con las siglas M-II.

Los pegamentos bituminosos se designan con las siglas PB seguidas de un guión, del número romano que identifica el tipo al que pertenecen.

Los pegamentos bituminosos son utilizados como adhesivo de láminas, fieltros u otros materiales bituminosos prefabricados con el fin de aportar una mayor estanqueidad a las láminas quedando perfectamente unidas e impidiendo el paso del agua.

Entre sus ventajas podemos destacar:

- Aplicación en frío y en caliente.
- Penetración en sustratos porosos.
- Excelente adherencia a los soportes tradicionales en la construcción.
- Elasticidad.
- Elevado poder cubriente.

Sus características técnicas son las siguientes:

- Densidad: $0.92 \pm 0,02$ g/cc.
- Viscosidad: 500 a 10.000 cps.
- % en sólidos: $58 \pm 2\%$
- Secado: Depende de la temperatura ambiente, oscila entre 5 y 10 minutos.
- Adherencia: Buena a los materiales de construcción, no cuartea a temperaturas bajas.

Se emplea como adhesivo de superficies (hormigón, mortero, etc.) sobre las que debe aplicarse láminas impermeabilizantes.

Su rendimiento dependerá de la finura o aspereza de las superficies, el fabricante normalmente indica los rendimientos normales.

MÁSTICOS BITUMINOSOS DE BASE ALQUITRÁN DE APLICACIÓN *IN SITU*

Son productos de consistencia pastosa que contienen en su composición alquitrán mezclado con polímeros. Pueden contener, además, otros productos tales como disolventes, plastificantes, materia mineral fina o fibrosa y otros aditivos. Se utilizan para la realización de impermeabilizaciones in situ con refuerzo de armaduras.

Sobre soportes secos, limpios de grasa y libres de polvo o partículas mal adheridas.

Fácil, sencilla y cómodo de aplicar para impermeabilizar cubiertas y paramentos verticales.

Reparación de canales y tejas.

Tratamiento de encuentros entre chimeneas.

Entre sus ventajas podemos destacar:

- Se consigue una buena adherencia al soporte cuando está limpio y sano.
- El refuerzo con tejidos de vidrio o con fibras de mismo material puede reducir en parte las tensiones que originan el despegue y agrietamiento del material a la vez que mejora las características resistentes de la capa aplicada.
- Absorbe los movimientos del soporte.

Se utiliza en cubiertas transitables, sobretodo en rehabilitación por su economía y ventajas que se obtienen. Fácil ejecución y mano de obra.

Se aplica con rodillo de lana de pelo corto, brocha, etc.

MATERIALES BITUMINOSOS DE SELLADO PARA JUNTAS DE HORMIGÓN

Los materiales bituminosos de sellado son productos bituminosos que se emplean para el sellado de las juntas de los soportes con objeto de reforzar la estanqueidad de las mismas.

Los materiales bituminosos de sellado de juntas se clasifican se clasifican según el modo de empleo, en los dos tipos siguientes:

- Tipo I: De aplicación en caliente
- Tipo II: De aplicación en frío.

Se designan por las letras BH seguidas de un guión y un número romano indicando el tipo al que pertenecen.

- Materiales de sellado de aplicación en caliente Tipo I

En estado de fusión deberán presentar una consistencia uniforme tal que permita, por vertido, el llenado completo de la junta, evitando la formación de bolsas de aire o discontinuidades.

La temperatura de vertido será como máximo, 10 °C inferior a la temperatura de seguridad.

Temperatura de seguridad: Es la temperatura máxima a que puede calentarse el material para que cumpla el ensayo de fluencia.

- Materiales de sellado de aplicación en frío Tipo II

El producto de sellado estará compuesto por uno o más componentes que se mezclan antes de su aplicación. La homogeneización de este producto deberá obtenerse fácilmente, por combinación de sus componentes, por agitación manual o mecánica, sin calentar el material a una temperatura superior a 28 °C y mantendrá una consistencia adecuada para su aplicación, como mínimo, una hora después de su aplicación.

El material se podrá aplicar fácilmente por vertido, presión o extrusión a temperatura ambiente (23 ± 2 °C), inmediatamente después de su preparación.

- Se utiliza para el relleno y sellado de fisuras, tanto verticales como horizontales.

- Juntas entre tabiques, suelos, pasamuros, tejas, etc.

- Sellado del perfil de remate de la impermeabilización de cubierta.

- En cubiertas, para el sellado entre placas de fibrocemento o metálicas.

- Juntas estructurales.

- Depósitos, tanques, canales, acequias, silos.

- Soleras y forjados de hormigón.

- Claraboyas, lucernarios, hormigón traslúcido.

Es un producto bituminoso, para sellado de juntas, formado por betunes plastificantes, elastómeros y cargas minerales.

- Excelente adherencia, sin imprimación previa, a los materiales de construcción, (cemento, hormigón, piedra, etc.).

- Absorbe con facilidad los movimientos estructurales del soporte, sin desprenderse ni agrietarse. Gran resistencia al deslizamiento. Permanece plástico durante tiempo indefinido. Totalmente compatible con los productos asfálticos.
- Buen comportamiento a los agentes atmosféricos y al envejecimiento.

Preparación de la junta:

- En todos los casos los elementos a sellar, los soportes y los laterales de las juntas, deberán estar completamente limpios de polvo y partículas sueltas o mal adheridas.
- Han de eliminarse los residuos o impregnación de grasas u otros productos antiadherentes.
- Se debe colocar un fondo de junta de material no adherente a la masilla para limitar la profundidad a rellenar y las dimensiones adecuadas en función del factor de junta correspondiente. El fondo de junta servirá además como soporte de la masilla durante su colocación y retacado.

Aplicación

- El sellador de bituminoso se aplica con pistola manual o pistola neumática. Se perfora la boca del cartucho y se enrosca la boquilla de plástico (que se corta en forma de bisel a 45° según el ancho de cordón que se necesite). Debe evitarse la oclusión de aire, para lo cual, la boquilla se mantendrá constantemente a una profundidad conveniente y con la misma inclinación.
- El alisado del material se efectúa con una espátula.

- Una vez endurecido, solo se puede eliminar por medios mecánicos.
- Se recomienda la aplicación de una imprimación asfáltica ($0,5 \text{ Kg/m}^2$) en las paredes de la junta a tratar.
- Se introduce el cordón haciendo fuerza con los dedos para evitar la formación de bolsas de aire (aire ocluido). El remate se realiza con un hierro de rejuntar o una espátula caliente.
- Después de su aplicación no varía en absoluto su volumen por carecer de materiales volátiles, por tanto, el sellado debe enrasarse con los bordes de las juntas.

ARMADURAS BITUMINOSAS

Son productos obtenidos por saturación o impregnación de una armadura de fieltro o de tejido con betún asfáltico, que se utilizan para dar resistencia mecánica a las impermeabilizaciones realizadas in situ, alternando dicho producto con capas de oxiasfalto o de mástico.

Las armaduras bituminosas se clasifican en los dos tipos siguientes:

- Tejidos bituminosos: (perforados o no perforados)
 - Orgánicos (celulósicos): AB – FO
 - Inorgánicos (de fibra de vidrio): AB – FV
- Fieltros bituminosos (de fibra de vidrio): AB – TV

2.2.4.2. Láminas bituminosas de oxiasfalto

Las láminas bituminosas de oxiasfalto están constituidas por una o varias armaduras, recubrimientos bituminosos, material antiadherente y, ocasionalmente, una protección.

Las láminas bituminosas de oxiasfalto cuando son de superficie no protegida se designan con las siglas LO seguidas de un guión, de su masa nominal expresada en g/dm^2 , de otro guión, de las siglas correspondientes a la armadura principal. Cuando las láminas son de superficie autoprotegida, entre la masa nominal y el segundo guión se intercala una barra oblicua seguida de la sigla G o de la sigla M, según que el tipo de autoprotección sea mineral o metálica. Cuando las láminas son perforadas, entre la masa nominal y el segundo guión en lugar de las siglas G o M se coloca la sigla P.

El recubrimiento bituminoso debe ser un mástico del tipo II B y poseer las características físicas y químicas que para el mismo se indican en la norma.

Las láminas bituminosas de oxiasfalto se clasifican en los tipos indicados en la tabla 2.

<p>De superficie no protegida</p>	<p>Tipo LO-20</p> <p>Tipo LO-30</p> <p>Tipo LO-40</p> <p>Tipo LO-50</p>	
<p>De superficie autoprotegida</p>	<p>Autoprotección mineral</p>	<p>Tipo LO-40/G</p>
<p>Perforadas</p>	<p>Tipo LO-40/P</p>	

Tabla 2

Además se indicará en cada tipo la armadura principal y las armaduras complementarias si las hubiera, empleadas en cada lámina con las letras siguientes:

- FO = Filtro orgánico celulósico
- FP = Filtro de poliéster (no tejido)

- FV = Filtro de fibra de vidrio
- TJ = Tejido de yute
- TV = Tejido o malla de fibra de vidrio
- MV = Malla con fieltro de fibra de vidrio
- PE = Film de polietileno
- PR = Film de poliéster
- NA = Sin armadura

Las características técnicas de este tipo de láminas son las siguientes:

Anchura

La anchura nominal mínima será de 100 cm, con una tolerancia de $\pm 1\%$, excepto para las láminas con armadura de film de poliéster o de polietileno en las que la tolerancia será de $\pm 1,5\%$.

Longitud

Las láminas bituminosas se suministrarán en rollos de al menos 8 m de longitud. La longitud efectiva nunca será inferior a la nominal indicada en la etiqueta.

Masa

Las masas nominal y mínima de cada tipo de lámina, serán las especificadas en las tablas correspondientes. La masa máxima no será superior a la masa nominal, incrementada en un 12%.

En el valor de las masas no estarán incluidos el mandril ni el embalaje.

Composición

El recubrimiento asfáltico se ajustará a la norma UNE 104-232/1 (Mástico Tipo II-B).

Tanto las materias primas como los productos semi elaborados empleados en la fabricación de estos productos deberán cumplir las condiciones señaladas en las normas UNE. Cuando se utilicen como armaduras fieltros orgánicos, estos deberán estar totalmente saturados.

Plegabilidad a 5 °C

Un mínimo de 8 de las 10 probetas ensayadas no deben agrietarse cuando se doblen sobre un borde redondeado de 12,5 mm de radio de curvatura para las láminas de superficie lisa o metálica y de 20 mm de radio de curvatura para las láminas de superficie mineralizada. Este ensayo se realizará en 5 probetas por una cara y en las otras 5 por la otra cara.

Resistencia al calor

a) Para las láminas de superficie no protegida. Tipo LO-20 y LO-30, y para láminas con autoprotección mineral.

Ensayo a 80 °C durante dos horas en posición vertical.

La pérdida en volátiles será inferior al 1,5% de su masa. Al terminar el ensayo, las probetas no habrán experimentado cambios tales como flujo de recubrimiento asfáltico (máximo 1 mm), o formación de ampollas.

En el caso de las láminas de superficie mineralizada, los gránulos minerales aplicados en la superficie del recubrimiento no habrán deslizado más de 1,5 mm.

En el caso específico de que la armadura de la lámina sea fieltro orgánico o de fibra de vidrio, al final del ensayo las probetas no presentarán alabeamiento ni deformación.

b) Para las láminas de superficie no protegida. Tipo LO-40 y LO-50, y para láminas con autoprotección metálica y láminas perforadas.

Ensayo a 70 °C durante dos horas en posición vertical.

La pérdida en volátiles será inferior al 1,5% de su masa, Al terminar el ensayo, las probetas no habrán experimentado cambios tales como flujo del recubrimiento (máximo 1 mm), o formación de ampollas. En el caso específico de que la armadura de la lámina sea fieltro orgánico o de fibra de vidrio, al final del ensayo las probetas no presentarán alabeamiento ni deformación.

Adherencia

El material presentado en rollos no deberá estar adherido, al ser desenrollado a la temperatura de 35 °C

Absorción de agua

La cantidad de agua absorbida no debe ser superior en masa al:

- 5% para láminas de autoprotección mineral, perforadas, o de superficie no protegida con arena como material antiadherente;
- 1 % para el resto de las láminas.

En el caso específico de láminas con armadura de fieltro orgánico celulósico, no se observará la presencia de ampollas en su superficie.

Distintos tipos de láminas bituminosas de oxiasfalto:

- Lámina de superficie no protegida

Son aquellas que presentan la superficie exterior sin protección y están tratadas para evitar su adherencia durante el almacenamiento.

Se clasifican en los cuatro tipos siguientes, atendiendo a su masa nominal en kg/10 m² y en acabado plástico: Tipo LO-20, Tipo LO-30, Tipo LO-40 y Tipo LO-50.

Tipo LO- 20

Armaduras admisibles:

- Filtro orgánico celulósico (FO) del menos 300 g/m²
- Filtro de fibra de vidrio (FV) de al menos 50 g/m².

Tipo LO- 30

Armaduras admisibles:

- Filtro orgánico celulósico (FO) de al menos 300 g/m².
- Filtro de fibra de vidrio (FV) de al menos 60 g/m².
- Filtro de poliéster(FP) de al menos 130 g/m².
- Tejido de yute (TJ) de al menos 300 g/m².
- Malla con filtro de fibra de vidrio (MV) de al menos 100 g/m².
- Film de polietileno (PE) de al menos 95 g/m².

Film de poliéster (PR) ideal menos 50 g/m².

Tipo LO- 40

Armaduras admisibles:

- Filtro orgánico celulósico (FO) de al menos 400 g/m².
- Filtro de fibra de vidrio (FV) de al menos 60 g/m².
- Filtro de poliéster (FP) de al menos 130 g/m².
- Tejido de yute (TJ) de al menos 300 g/m².
- Malla con filtro de fibra de vidrio (MV) de al menos 100 g/m².
- Film de polietileno (PE) de al menos 95 g/m².
- Film de poliéster (PR) de al menos 50 g/m².

Tipo LO- 50

Armaduras admisibles:

- Filtro de poliéster (FP) de al menos 130 g/m².
- Tejido de yute (TJ) de al menos 300 g/m².
- Malla con filtro de fibra de vidrio (MV) de al menos 100 g/m².
- Film de polietileno (PE) de al menos 95 g/m² (doble armadura).
- Lámina de superficie autoprottegida

Son aquellas cuyo acabado protector permite terminar la impermeabilización sin otro tipo de protección.

Se clasifican en los tipos siguientes:

- Láminas con autoprotección mineral.
- Láminas con autoprotección metálica.

Se clasifican por su masa nominal en kg/m².

- Láminas con autoprotección mineral:

Las láminas con este tipo de acabado presentarán la superficie que habrá de quedar colocada al exterior totalmente recubierta con gránulos minerales de tamaño adecuado, uniformemente distribuidos, perfectamente empotrados y fuertemente adheridos a la correspondiente capa de recubrimiento bituminoso.

Deberán suprimirse los gránulos minerales en la orilla de la lámina dejando una banda de 8 cm como mínimo para posibilitar el solape.

Requisitos que deben cumplir las láminas bituminosas con autoprotección mineral. Se asignan con la nomenclatura, LO-40/G.

Armaduras admisibles

- Fieltro de fibra de vidrio (FV) de al menos 60 g/m^2 .
- Fieltro de poliéster (FP) de al menos 130 g/m^2 .

NOTA- Se podrá utilizar doble armadura, combinación de las admisibles entre sí o con otras siempre que sean compatibles entre ellas al cumplir las características técnicas de las láminas.

- Láminas con autoprotección metálica

Las láminas con este tipo de acabado presentan la superficie que ha de quedar colocada al exterior, recubierta con una hoja metálica protectora, perfectamente adherida al recubrimiento bituminoso.

Estas hojas metálicas se habrán sometido a proceso de gofrado, con el fin de aumentar la resistencia al deslizamiento del recubrimiento bituminoso y compensar las dilataciones que experimentan las mismas.

Se indicará el tipo de hoja metálica:

- Láminas autoprotegidas con aluminio.
- Láminas autoprotegidas con cobre.

El espesor nominal mínimo de la hoja metálica empleada en la fabricación de estas láminas, será de 80/1000 mm.

Se clasifican por su masa nominal en kg/m^2 , en los dos tipos siguientes:

Tipo LO-30/M y Tipo LO-40/M

Tipo LO-30/M.

Podrán ser:

- Tipo LO-30/M-Con armadura
- Tejido o mafia de fibra de vidrio (TV) de al menos 50 g/m^2 .
- Film de polietileno (PE) de al menos 95 g/m^2 .
- Film de poliéster (PR) de al menos 50 g/m^2 .
- Tipo LO-30/M-NA-No armada

Tipo LO-40/M

Armaduras admisibles:

- Tejido de yute (TJ) de al menos 300 g/m^2 .
- Tejido o malla de fibra de vidrio (TV) de al menos 50 g/m^2 .
- Film de polietileno (PE) de al menos 95 g/m^2 .
- Film de poliéster (PR) de al menos 50 g/m^2 .

- Láminas perforadas. Tipo LO-40/P

Es el producto prefabricado que cumple las características generales de las láminas y además contiene perforaciones uniformemente distribuidas, cuya finalidad es conseguir una adherencia puntual al soporte, producida por el aglomerante bituminoso vertido sobre ella.

Armadura admisible:

- Filtro de fibra de vidrio (FV) perforado de al menos 50 g/m².

Características de las láminas (véase tabla 9)

La lámina presentará un aspecto uniforme y carecerá de defectos tales como agujeros, bordes desgarrados o no rectilíneos, roturas, grietas, protuberancias, hendiduras, etc.

2.2.4.3. Lámina de oxiasfalto modificado

Son aquellos productos prefabricados laminares constituidos por una o varias armaduras, recubiertas con másticos bituminosos a base de oxiasfalto modificado, material antiadherente plástico y eventualmente una protección.

El recubrimiento asfáltico de las láminas bituminosas se ajustará a la normativa y tendrá las siguientes características:

- Punto de reblandecimiento, anillo-bola: mínimo 90 °C
- Penetración, 25 °C, 100 g, 5 s, en 0,1 mm: 25 mínimo y 75 máximo
- Índice de penetración: superior a + 5.
- Contenido de cenizas: máximo 30%

Las características técnicas de este tipo de láminas son las siguientes:

Anchura

La anchura nominal mínima será de 100 cm, con una tolerancia de $\pm 1\%$, excepto para las láminas con armaduras de film de polietileno o poliéster en las que la tolerancia será de $\pm 1,5\%$.

Longitud

Las láminas de oxiasfalto modificado se suministrarán en rollos de al menos 5 m de longitud. La longitud efectiva nunca será inferior a la nominal indicada en la etiqueta.

Masa

Las masas nominal y mínima de cada tipo de lámina, serán las especificadas en las tablas correspondientes. La masa máxima no será superior a la masa nominal, incrementada en un 10%.

Si la determinación de la masa se deduce a partir del rollo, deberá descontarse la masa del mandril y embalaje.

Plegabilidad a -5 °C

De 10 probetas ensayadas, un mínimo de 8 no deben agrietarse cuando se doblen sobre un borde redondeado de 12,5 mm de radio de curvatura. Este ensayo se realizará en 5 probetas por una cara y en las otras 5 por la otra cara.

Resistencia al calor

Ensayo a 70 °C durante dos horas en posición vertical.

La pérdida de volátiles será inferior a 1,5% de su masa. Al terminar el ensayo, las probetas no habrán experimentado cambios tales como flujo de recubrimiento asfáltico (máximo 1 mm), o formación de ampollas.

En el caso específico de que la armadura de la lámina sea fibra de vidrio, al final del ensayo las probetas presentarán alabeo ni deformación.

Estabilidad dimensional

Después de 2 horas a 80 °C.

Con armadura de polietileno: variación inferior al 2,5%.

Con otras armaduras: variación inferior al 1%.

Adherencia

El material presentado en rollos no deberá estar adherido al ser desenrollado a la temperatura de 35 °C.

Absorción de agua

La cantidad de agua absorbida no debe ser superior al 1 % en masa.

Distintos tipos de láminas de oxiasfalto modificado:

- Lámina de superficie no protegida Tipo LOM-40

Son aquéllas que presentan la superficie exterior sin protección y están tratadas para evitar su adherencia durante el almacenamiento.

Se denominan Tipo LOM-40, atendiendo a su masa nominal en kilogramos por diez metros cuadrados.

- Armaduras admisibles (norma UNE 104-204)
 - Filtro de fibra de vidrio (FV) de al menos 100 g/m²
 - Filtro de poliéster no tejido (FP) de al menos 130 g/m²
 - Film de polietileno (PE) de al menos 95 g/m²
 - Film de poliéster (PR) de al menos 50 g/m²

- Lámina de superficie autoprotegida con hoja de aluminio

Tipo LOM-40/M

Son láminas que presentan la superficie que ha de quedar colocada al exterior, recubierta con una hoja protectora de aluminio, perfectamente adherida al recubrimiento bituminoso.

Estas hojas de aluminio se habrán sometido a proceso de gofrado, con el fin de aumentar la resistencia al deslizamiento del recubrimiento bituminoso y compensar las dilataciones que experimentan las mismas.

El espesor nominal mínimo de la hoja de aluminio empleada en la fabricación de estas láminas, será de 80/1000 mm.

Se denomina Tipo LOM-40/M, atendiendo a su masa nominal en kilogramos por diez metros cuadrados.

➤ Armaduras admisibles :

- Tejido de fibra de vidrio (TV) de al menos 50 g/m^2 .
- Filtro de poliéster no tejido (FP) de al menos 130 g/m^2 .
- Film de polietileno (PE) de al menos 95 g/m^2 .
- Film de poliéster (PR) de al menos 50 g/m^2 .

2.2.4.4. Lámina betún modificado con elastómeros

Son los productos prefabricados laminares constituidos por una o varias armaduras recubiertas con másticos bituminosos modificados con elastómeros, material antiadherente y, eventualmente, una protección.

El mástico con betún modificado con elastómeros es el betún de destilación ordinaria del petróleo que ha sido modificado mediante la adición de caucho termoplástico.

Se clasifican en los tipos siguientes:

- De superficie no protegida
 - Tipo LBM – 24
 - Tipo LBM – 40
 - Tipo LBM – 48
- De superficie autoprotegida
 - Autoprotección mineral
 - Tipo LBM – 40 /G
 - Tipo LBM – 50 /G
 - Autoprotección metálica
 - Tipo LBM – 30 /M
 - Tipo LBM – 48 /M

Además se indica en cada tipo la armadura principal y complementaria.

Características técnicas:

Anchura

La anchura nominal mínima será de 100 cm, la tolerancia sobre la anchura nominal será de $\pm 1\%$ para las láminas con armadura de film de poliéster o film de polietileno en las que la tolerancia $\pm 1,5\%$.

Longitud

La longitud nominal mínima será de 5 m, la longitud efectiva nunca será inferior a la nominal indicada en la etiqueta.

Masa

La masa nominal y mínima de cada tipo de lámina serán las especificadas en las tablas correspondientes. La masa máxima no será superior a la masa nominal incrementada en un 10%.

Si la determinación de la masa se deduce a partir del rollo, deberá descontarse la masa del mandril y embalaje.

Espesor

Cada fabricante deberá indicar el espesor de la lámina, y éste en ningún caso será inferior al valor mínimo indicado en las características específicas de cada lámina.

El espesor de la lámina será uniforme a lo ancho del rollo. Los valores medios tendrán una tolerancia de 0,2 mm y para los valores individuales se admitirá una tolerancia de $\pm 10\%$.

En las láminas con autoprotección mineral o metálica, los valores medios tendrán una tolerancia de $\pm 10\%$ y a los valores individuales se admitirá una tolerancia de $\pm 15\%$.

Plegabilidad a bajas temperaturas

De 10 probetas ensayadas a $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, un mínimo de 8 no deben agrietarse cuando se doblen sobre un borde redondeado de 12,5 mm de radio de curvatura, para las láminas de superficie no protegida o metálica, y de 20 mm para las láminas de superficie mineralizada. Este ensayo se realizará en 5 probetas por una cara y en las otras 5 por la otra cara.

Resistencia al calor

- Resistencia al calor y pérdida por calentamiento (ensayo según la norma UNE 104-281 /6-3). Después de 2 horas en posición vertical, y a $80\text{ }^{\circ}\text{C}$, la pérdida de volátiles será inferior al 1,5% de su masa.

En el caso específico de que alguna de las armaduras de la lámina sea fibra de vidrio, al final del ensayo las probetas no presentarán alabeamiento ni deformación.

- Fluencia (ensayo según la norma. Después de 2 horas a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ en posición vertical, las probetas no deberán experimentar un deslizamiento superior a 1 mm respecto a la línea de referencia.

En el caso de las láminas de superficie mineralizada, los gránulos minerales aplicados en la superficie del recubrimiento no habrán deslizado más de 1 mm.

Estabilidad dimensional después de 2 horas a 80 °C

- Láminas de superficie no protegida
 - Con armadura de fieltro de poliéster: variación inferior al 1%.
 - Con armadura de film de polietileno: variación inferior al 2,5%.
 - Con otras armaduras: variación inferior al 0,5%.
- Láminas de superficie autoprotegida
 - Variación inferior al 0,5%.

Adherencia

El material presentado en rollos no deberá estar adherido al ser desenrollado a la temperatura de 35 °C.

Apreciación de la durabilidad

Se aplicará cualquiera de los ensayos de envejecimiento artificial acelerado descritos en la norma.

Tipos de láminas de betún modificado con elastómeros:

- Lámina de superficie no protegida

Son aquellas que presentan la superficie exterior sin protección y están tratadas para evitar su adherencia durante el almacenamiento.

Se clasifican en los tres tipos siguientes atendiendo a su masa nominal en kg/10 m²: tipo LBM-24, LBM-40 y tipo LBM-48.

Tipo LBM-24

Armaduras admisibles

- Filtro de poliéster no tejido (FP) de al menos 130 g/m².
- Filtro de fibra de vidrio (FV) de al menos 50 g/m².

Material antiadherente. Arena en ambas caras.

Tipo LBM-40

Armaduras admisibles

- Filtro de fibra de vidrio (FV) de al menos 100 g/m².
- Filtro de poliéster no tejido (FP) de al menos 130 g/m².
- Film de polietileno (PE) de al menos 95 g/m².
- Malla con filtro de fibra de vidrio (MV) de al menos 100 g/m².
- Film de poliéster (PR) de al menos 50 g/m².

Tipo LBM-48

Armaduras admisibles

- Filtro de fibra de vidrio (FV) de al menos 100 g/m².
- Filtro de poliéster no tejido (FP) de al menos 130 g/m².
- Film de polietileno (PE) de al menos 95 g/m².
- Malla con filtro de fibra de vidrio (MV) de al menos 100 g/m².
- Film de poliéster (PR) de al menos 50 g/m².

- Lámina de superficie autoprotegida

Son aquellas cuyo acabado permite terminar la impermeabilización sin otro tipo de protección.

Se clasifican en los tipos siguientes:

- Láminas con autoprotección mineral.
- Láminas con autoprotección metálica.
- Láminas con autoprotección mineral.

Las láminas con este tipo de acabado, presentarán la superficie que habrá de quedar colocada al exterior, totalmente recubierta con gránulos minerales, uniformemente distribuidos, perfectamente empotrados y fuertemente adheridos a la correspondiente capa de recubrimiento bituminoso.

Deberán suprimirse los gránulos minerales en la orilla de la lámina dejando una banda de 8 cm como mínimo para posibilitar el solape.

Se clasifican en los dos tipos siguientes atendiendo a su masa nominal en kg/10 m², incluyendo la protección mineral: tipo LBM-40/G y tipo LBM-50/G.

Tipo LBM-40/G

Armaduras admisibles

- Filtro de poliéster no tejido (FP) de al menos 130g/m².
- Filtro de fibra de vidrio (FV) de al menos 50 g/m².

NOTA - Se podrán utilizar armaduras complementarias, siempre que sean compatibles con la principal y se cumplan las características mínimas de las láminas.

Material antiadherente. Arena o plástico en la cara interna.

Tipo LBM-50/G

Armadura admisible

- Filtro de poliéster no tejido (FP) de al menos 130g/m².
- Láminas con autoprotección metálica.

Las láminas con este tipo de acabado presentarán la superficie que ha de quedar colocada al exterior, recubierta con una hoja metálica protectora perfectamente adherida al recubrimiento bituminoso.

Estas hojas metálicas se habrán sometido a proceso de gofrado, con el fin de aumentar la resistencia al deslizamiento del recubrimiento bituminoso y compensar las dilataciones que experimentan las mismas.

Las láminas serán autoprotegidas con aluminio o cobre.

El espesor nominal mínimo de la hoja metálica empleada en la fabricación de estas láminas será de 80/1000 mm.

Se clasifican por su masa nominal en kg/10 m² y autoprotección de aluminio, en los dos tipos siguientes: Tipo LBM-30/M y tipo LBM-48/M.

Tipo LBM-30/M

Armaduras admisibles

- Tejido de fibra de vidrio (TV) de al menos 50 g/m².
- Film de polietileno (PE) de al menos 95 g/m².
- Film de poliéster (PR) de al menos 50 g/m².
- No armada (NA).

Material antiadherente. Plástico en la cara interna.

Tipo LBM-48/M. Deberá suprimirse la protección metálica en la orilla de la lámina dejando una banda de 8 cm como mínimo para posibilitar el solape.

Armaduras admisibles:

- Tejido de fibra de vidrio (TV) de al menos 50 g/m².
- Film de polietileno (PE) de al menos 95 g/m².
- Film de poliéster (PR) de al menos 50 g/m²

2.2.4.5. Lámina de betún modificado con plastómeros. APP

Son los productos prefabricados laminares constituidos por una o varias armaduras recubiertas con másticos bituminosos modificados con plastómeros, material antiadherente y, eventualmente, una protección. APP es el polímero polipropileno atáctico.

El mástico con betún modificado con plastómeros es el betún de destilación ordinaria del petróleo que ha sido modificado mediante la adición de un componente termoplástico.

Se clasifican en los tipos siguientes:

- De superficie no protegida
 - Tipo LBM – 40
 - Tipo LBM – 48
- De superficie autoprotegida
 - Autoprotección mineral

- Tipo LBM – 40 /G
- Tipo LBM – 50 /G
- Autoprotección metálica
 - Tipo LBM – 30 /M
 - Tipo LBM – 48 /M

Además se indica en cada tipo la armadura principal y complementaria.

Datos técnicos :

Anchura

La anchura nominal mínima será de 100 cm, la tolerancia sobre la anchura nominal será de $\pm 1\%$, excepto para las láminas con armadura de film de poliéster o film de polietileno en las que la tolerancia será de $\pm 1,5\%$.

Longitud

La longitud nominal mínima será de 5 m, la longitud efectiva nunca será inferior a la nominal indicado en la etiqueta.

Masa

Las masas nominal y mínima de cada tipo de lámina serán las especificadas en las tablas correspondientes La masa máxima no será superior a la masa nominal incrementada en un 10%.

Si la determinación de la masa se deduce a partir del rollo, deberá descontarse la masa del mandril y embalaje.

Espesor

Cada fabricante deberá indicar el espesor de la lámina, y éste en ningún caso será inferior al valor mínimo indicado en las características específicas de cada lámina.

El espesor de la lámina será uniforme a lo ancho del rollo. Los valores medios tendrán una tolerancia de $\pm 0,2$ mm y para los valores individuales se admitirá una tolerancia de $\pm 10\%$.

En las láminas con autoprotección mineral o metálica, los valores medios tendrán una tolerancia de $\pm 10\%$ y para los valores individuales se admitirá una tolerancia de $\pm 15\%$.

Plegabilidad a bajas temperaturas

De 10 probetas ensayadas a:

10°C, para láminas con armadura de film de polietileno;

5 °C, para láminas con armaduras de otros tipos;

Un mínimo de 8 no deben agrietarse cuando se doblen sobre un borde redondeado de 12,5mm de radio de curvatura, para las láminas de superficie no protegida o metálica, y de 20 mm para las láminas de superficie mineralizada. Este ensayo se realizará en 5 probetas por una cara y en las otras 5 por la otra cara.

Resistencia al calor

- Resistencia al calor y pérdida por calentamiento. Después de 2 horas en posición vertical, y a 80 °C, la pérdida de volátiles será inferior al 1,5% de su masa.

En el caso específico de que alguna de las armaduras de la lámina sea fibra de vidrio, al final del ensayo las probetas no presentarán alabeamiento ni deformación.

- Fluencia. El ensayo se realizará, a 100 °C para láminas de film de polietileno ya 120 °C para el resto de las armaduras.

Ensayo a 100 ó 120 °C. Después de 2 horas en posición vertical, las probetas no deberán experimentar un deslizamiento superior a 1 mm a la línea de referencia.

En el caso de las láminas de superficie mineralizada, los gránulos minerales aplicados en la superficie del recubrimiento no habrán deslizado más de 1 mm.

Estabilidad dimensional después de 2 horas a 80 °C.

Láminas de superficie no protegida

- Con armadura de fieltro de poliéster: variación inferior al 1%.
- Con armadura de film de polietileno: variación inferior al 2,5 %.
- Con otras armaduras: variación inferior al 0,5%.

Láminas de superficie autoprottegida

- Variación inferior al 0,5%.

Adherencia

El material presentado en rollos no deberá estar adherido al ser desenrollado a la temperatura de 35 °C.

Apreciación de la durabilidad

Se aplicarán cualquiera de los ensayos de envejecimiento artificial acelerado descritos en la norma.

Tipos de láminas de betún modificado con plastómeros:

- Lámina de superficie no protegida

Son aquellas que presentan la superficie exterior sin protección y están tratadas para evitar la adherencia durante el almacenamiento.

Se clasifican en los dos tipos siguientes atendiendo a su masa nominal en kg/10 m²; tipo LBM-40, LBM-48.

Tipo LBM-40

Armaduras admisibles

- Fieltro de fibra de vidrio (FV) de al menos 100 g/m².
- Fieltro de poliéster no tejido (FP) de al menos 130 g/m².
- Film de polietileno (PE) de al menos 95 g/m².
- Malla con fieltro de fibra de vidrio (MV) de al menos 100 g/m².
- Film de poliéster (PR) de al menos 50 g/m².

Tipo LBM-48

Armaduras admisibles

- Fieltro de fibra de vidrio (FV) de al menos 100g/m².
- Fieltro de poliéster no tejido (FP) de al menos 130g/m².
- Film de polietileno (PE) de al menos 95 g/m².
- Malla con fieltro de fibra de vidrio (MV) de al menos 100 g/m².

- Film de poliéster de (PR) de al menos 50 g/m².
- Lámina de superficie autoprotegida

Son aquellas cuyo acabado permite terminar la impermeabilización sin otro tipo de protección. Se clasifican en los tipos siguientes:

- Láminas con autoprotección mineral
- Láminas con autoprotección metálica
- Láminas con autoprotección mineral

Las láminas con este tipo de acabado, presentarán la superficie que habrá de quedar colocada al exterior, totalmente recubierta con gránulos minerales, uniformemente distribuidos, perfectamente empotrados y fuertemente adheridos a la correspondiente capa de recubrimiento bituminoso.

Deberán suprimirse los gránulos minerales en la orilla de la lámina dejando una banda de 8 cm como mínimo para posibilitar el solape.

Se clasifican en los dos tipos siguientes atendiendo a su masa nominal en kg/10 m², incluyendo la protección mineral: tipo LBM-40/G y tipo LBM-50/G.

Tipo LBM-40/G

Armaduras admisibles)

- Filtro de poliéster no tejido (FP) de al menos 130g/m².
- Filtro de fibra de vidrio (FV) de al menos 50 g/m².

Tipo LBM-50/G

Armadura admisible

- Filtro de poliéster no tejido (FP) de al menos 130g/m².

- Láminas con autoprotección metálica

Las láminas con este tipo de acabado presentarán la superficie que ha de quedar colocada al exterior, recubierta con una hoja metálica protectora perfectamente adherida al recubrimiento bituminoso.

Estas hojas metálicas se habrán sometido a proceso de gofrado, con el fin de aumentar la resistencia al deslizamiento del recubrimiento bituminoso y compensar las dilataciones que experimentan las mismas.

Las láminas serán autoprotegidas con aluminio o cobre.

El espesor nominal mínimo de la hoja metálica empleada en la fabricación de estas láminas será de 80/1000 mm.

Se clasifican por su masa nominal en kg/10 m² y autoprotección de aluminio, en los dos tipos siguientes:

Tipo LBM-30/M y tipo LBM-48/M.

Tipo LBM-30/M

Armaduras admisibles

- Tejido de fibra de vidrio (TV) de al menos 50 g/m².
- Film de polietileno (PE) de al menos 95 g/m².
- Film de poliéster (PR) de al menos 50 g/m².
- No armada (NA).

Tipo LBM-48/M. Deberá suprimirse la protección metálica en la orilla de la lámina dejando una banda de 8 cm como mínimo para posibilitar el solape.

Armaduras admisibles:

- Tejido de fibra de vidrio (TV) de al menos 50 g/m².
- Film de polietileno (PE) de al menos 95 g/m².
- Film de poliéster (PR) de al menos 50 g/m².

Material antiadherente. Plástico en la cara interna.

2.2.4.5. Lámina extruida de betún modificado con polímeros

Son los productos prefabricados laminares a base de un mástico de betún modificado con polímeros que eventualmente, pueden llevar un fieltro de fibra de vidrio en al cara interna de la lámina.

Se clasifican según su masa nominal en kg/10 m² y según estén reforzadas o no (NA) por la cara interna con fieltro de fibra de vidrio (FV), en los siguientes tipos de la tabla 3.

Láminas sin reforzar	Tipo LBME-20/NA
Láminas reforzadas	Tipo LBME-15-FV Tipo LBME-20-FV

Tabla 3 : Clasificación de los diferentes tipos de láminas

Datos técnicos:

Anchura

La anchura será de 100 cm, La tolerancia será de ± 1%.

Longitud

La longitud nominal mínima será de 10 m, la longitud efectiva nunca será inferior a la nominal indicada en la etiqueta.

Masa

Las masas nominal y mínima de cada tipo de lámina serán las especificadas en la tabla 3. La masa máxima no será superior a la masa nominal incrementada en un 10%. Si la determinación de la masa se deduce a partir del rollo, deberá descontarse la masa del mandril y el embalaje,

Plegabilidad

Ensayo a -20 °C de 10 probetas ensayadas a -20 °C, un mínimo de 8 no deberán agrietarse cuando se doblan sobre un borde redondeado de 12,5 mm de radio de curvatura. Este ensayo se realizará por las dos caras.

Resistencia al calor

Ensayo a 80 °C durante 2 h en posición vertical. Terminado el ensayo las probetas no habrán experimentado una pérdida de volátiles superior al 1,5% de su masa.

En el caso específico de que la armadura de la lámina sea de fibra de vidrio (FV) al final del ensayo las probetas no presentarán alabeamiento ni deformaciones.

Estabilidad dimensional

El ensayo se efectuará a 80 °C durante 6 h, obteniendo los siguientes resultados:

2. Láminas sin reforzar: variación inferior al 2%.
3. Láminas reforzadas: variación inferior al 1%.

Absorción de agua

La cantidad de agua absorbida no debe ser superior, en masa, al 2%.

Apreciación de la durabilidad

Se somete el material a un tratamiento de 500 h de ensayo de envejecimiento combinado según la norma. Las características del material envejecido serán:

a) De la lámina:

4. Resistencia al calor a 80 °C, 2 h: Resultado positivo.
5. Resistencia al frío; Plegabilidad a -10 °C: Resultado positivo.
6. Absorción de agua: Resultado < 2%.
7. Resistencia a la tracción y alargamiento a la rotura a 23 °C, variación máxima = 25% del valor original.

b) Del mástico de betún modificado con polímeros.

8. Punto de reblandecimiento (anillo/bola): Resultado: 10 °C mín.

2.2.4.6. Lámina de alquitrán modificado con polímeros

Son las láminas sin armaduras, a base de un mástico de alquitrán modificado con polímeros, plastificantes y otros materiales, tales como cargas minerales.

Se clasifican según su espesor expresado en milímetros en los siguientes tipos:

- Tipo LAM-2
- Tipo LAM-3

Datos técnicos:

Anchura

Anchura mínima de 99 cm.

Longitud

Las láminas bituminosas modificadas se suministrarán en rollos de al menos 5 metros de longitud. En cada partida no habrá más del 3% de rollos que contengan dos piezas, y ninguno que contenga más de dos.

Apreciación de la durabilidad

El ensayo consiste en someter unas muestras de los productos a un tratamiento de 500 h de ensayo combinado de envejecimiento acelerado a base de tubos fluorescentes, según el ciclo básico establecido en la norma.

2.2.4.8. Lámina de PVC

Lámina flexible sintética de policloruro de vinilo especialmente formulado que le confieren impermeabilidad absoluta. Puede tener diferente espesor y su aplicación no se realiza en la intemperie.

Las láminas deberán tener una superficie uniforme y estar libres de defectos tales como arrugas, burbujas, grietas o similares.

Los rollos del material, extendidos sobre una superficie plana, han de tener una anchura uniforme y los bordes han de quedar de manera que en una longitud de 10 m, no se presentará una desviación superior a 5 cm en relación con la línea recta.

Las láminas deben ser estancas al agua y deben de poder soldarse de forma homogénea por los procedimientos habituales, tales como aire caliente, alta frecuencia, disolventes, etc.

Existen tres grupos de materiales:

- a) GRUPO I Láminas de PVC plastificado sin armadura
- b) GRUPO II Láminas de PVC plastificado con armadura de fibra de vidrio
- c) GRUPO III Láminas de PVC plastificado con armadura de tejidos de hilo sintético.

Datos técnicos:

Espesor

El espesor nominal de la lámina será elegido por acuerdo, recomendándose que su elección se realice entre los siguientes valores:

1.2 1.5 2.0 2.5 2.7 mm.

El valor del espesor no excederá $\pm 10\%$, respecto al valor nominal elegido.

El espesor de cada una de las caras de poli (cloruro de vinilo) medido en los puntos de cruce de los hilos del tejido deberá ser 0,3 mm, como mínimo con una tolerancia de $\pm 10\%$, el ensayo se realizará según la norma.

Anchura

La anchura nominal de la lámina se elegirá por acuerdo admitiéndose una tolerancia de $\pm 1\%$ respecto al valor nominal elegido, según indicado en el ensayo de la norma.

Doblado a bajas temperaturas

En el ensayo de las probetas según la norma no deben aparecer grietas.

Resistencia a la tracción y alargamiento a carga máxima

Según el ensayo indicado a la norma, la resistencia a tracción tendrá un valor mínimo, en cualquier dirección, de 900N/50 mm. Además, el alargamiento en cualquier dirección tendrá un valor mínimo de 10%, en el punto de carga máxima.

Migración de plastificantes

La variación de la masa será inferior o igual al 5%, según el ensayo indicado en la norma.

Envejecimiento artificial acelerado

La pérdida de alargamiento a la rotura de las probetas, ensayadas según norma, no será superior al 10% del valor inicial.

Esta especificación solamente se exigirá cuando las láminas estén previstas para ser utilizadas a la intemperie.

Resistencia mecánica a la percusión

Una vez realizado el ensayo en las láminas según la norma, deberán permanecer estancas, después de haber sido sometidas a un impacto desde una altura igual a 500 mm.

Resistencia al desgarro

Cuando las probetas se ensayan según la norma, la resistencia al desgarro será, como mínimo, de 120 N en cualquier dirección.

Comportamiento al calor

Cuando las probetas se ensayan según la norma, la máxima variación de medidas no será superior al 1%. Y no se formarán burbujas ni arrugas.

Envejecimiento térmico

Cuando las probetas se ensayan según la norma, la máxima pérdida de peso y alargamiento a la rotura será para cada dirección, del 2% y del 30% respectivamente.

Adherencia entre capas

Cuando las probetas se ensayan según la norma, la resistencia mínima a la deslaminación para cada uno de los recubrimientos será de 50 N/50 mm.

Comportamiento al fuego

Cuando las probetas se ensayen según la norma, deberán ser autoextensibles o no combustibles.

Coeficiente de resistencia a la transmisión del vapor de agua

El coeficiente de resistencia a la difusión del vapor de agua, medido según el ensayo de la norma, será como máximo de 30000.

Resistencia a los productos químicos

Cuando se desea una resistencia específica a algún producto químico, se determinará según la norma, especificándose la fijación por acuerdo.

Resistencia a los microorganismos

Cuando se desea una resistencia específica a los microorganismos, se establecerá por acuerdo el método de ensayo y los resultados a obtener.

Ventajas de la lámina de PVC:

- Total impermeabilidad
- Elasticidad permanente
- Altas resistencias mecánicas
- Buena permeabilidad al vapor de agua.
- Lámina flexible y elástica, adaptable a diversas formas y pendientes.

- Incompatibles con asfaltos, poliuretanos, poliestireno expandido y poliestireno extruido.

2.2.4.9. Lámina de caucho EPDM

Al principio de los 60 se introdujeron nuevas tecnologías en la industria de los polímeros y elastómeros como alternativa a las membranas bituminosas multicapa, que durante muchas décadas habían sido el único sistema de impermeabilización.

En este apartado del proyecto se presenta el sistema de impermeabilización de cubiertas cuyo componente principal es la membrana de caucho E.P.D.M.: Etileno - Propileno - Dieno - Monómero.

El caucho EPDM se sintetizó en 1962 y su producción comercial empezó en 1963. Las primeras cubiertas con caucho EPDM se instalaron a finales de los 60. Desde entonces ha tenido un gran crecimiento debido principalmente a sus dos principales características:

- a. Es un polímero con la estructura completamente saturada, lo que le proporciona una resistencia prácticamente ilimitada al ozono y al ambiente, una buena resistencia al calor y mantiene su flexibilidad incluso a muy bajas temperaturas.
- b. Capacidad para poder incorporarle una cantidad relativamente importante de cargas de bajo costo y de aceites, en comparación con otros cauchos, manteniendo sin embargo, un nivel muy alto en el conjunto de sus propiedades físicas.

Esta combinación entre su nivel de calidad alto y su relativamente bajo coste, son los factores que han propiciado su amplia utilización en la actualidad.

La membrana de caucho butilo se obtiene a partir de un copolímero de isobutileno y de una pequeña parte de isopreno. Los productos elaborados a base de caucho butilo presentan grandes ventajas a causa de su impermeabilidad al aire, su efecto amortiguador, su excelente resistencia al envejecimiento, al calor, a los productos químicos, a los rayos ultravioleta y a las bajas temperaturas. Las características físicas del caucho butilo permiten una amplia gama de aplicaciones.

A partir de los años 60 se han empezado a producir los polímeros de EPDM y un poco más tarde las primeras membranas utilizando para ello las formulaciones a base de los mencionados polímeros de caucho EPDM, negro de carbón, aceites de tratamiento y agentes de vulcanización.

La membrana de caucho EPDM es una membrana monocapa vulcanizada al 100 % para impermeabilizar cubiertas. Elaborada a base de un Terpolímero con Etileno, y Propileno Dieno. Según las dimensiones de la cubierta el sistema de impermeabilización puede ser en una sola pieza, sin juntas de unión. En el resto de los casos las uniones de las juntas se pueden realizar a base de adhesivos de reticulación o con bandas.

Puesta en obra membrana EPDM

Los sistemas de impermeabilización con láminas de caucho EPDM que se describen son aplicables en:

- Revestimiento de canales y embalses.

- Recubrimiento de depósitos.
- Sellado de cristales.
- Impermeabilización de cubiertas.

Ventajas de la lámina de caucho EPDM:

- Fácil aplicación y puesta en obra.
- Fácil mantenimiento.
- Resistentes al desgarro, a la perforación y a la abrasión.
- Resistentes a los cambios bruscos de temperatura.
- Flexibilidad elevada, llega a estirarse hasta un 400 %.
- Resistente a la intemperie, al calor y a las bajas temperaturas.

Indicaciones importantes:

Mantenimiento: Las cubiertas impermeabilizadas con caucho se han de revisar cada año (siendo una buena práctica sea cual sea el sistema utilizado), para asegurar la protección y las prestaciones en el futuro. En el caso de que sufra un deterioro accidental, las reparaciones se pueden llevar a cabo limpiando la zona alrededor del desperfecto y a continuación aplicar una pieza complementaria.

Almacenamiento: La membrana de caucho no precisa de condiciones especiales de almacenamiento, en cambio los productos del tipo de bandas no vulcanizadas han de estar almacenados en un local seco, limpio y a una temperatura entre 5°C y 20°C. Estos productos vulcanizan gradualmente por lo

que no se deberían guardar más de 6 a 9 meses. A medida que progresa la vulcanización, el producto vuelve menos flexible y puede que sea preciso calentarlo durante su aplicación en algunos puntos delicados.

El adhesivo de solapo, el adhesivo de soporte y los sellantes se deben almacenar en un lugar seco y aireado y a una temperatura entre 5°C y 20° C., lejos de cualquier fuente de calor. No se deben guardar más de 6 meses.

2.2.4.10. Hidrofugante: impregnante hidrófugo

Es un producto líquido, de un solo componente, para aplicar sobre superficies absorbentes. Al introducirse en los poros del soporte, actúa como repelente de larga durabilidad al agua de lluvia, permitiendo al mismo tiempo la difusión del vapor de agua a través de dicho soporte.

Sin efectos estéticos.

Es un producto repelente al agua, incoloro, que se emplea principalmente en fachadas, como tratamiento superficial de materiales absorbentes expuestos a la lluvia, tales como:

- Hormigón.
- Enfoscados de mortero de cemento.
- Tejas de mortero de cemento.
- Fibrocemento.
- Obra de fábrica de ladrillo (cerámico o calcáreo).
- Piedra natural.

También se puede utilizar como imprimación antes de aplicar la pintura acrílica de protección.

Ventajas del hidrofugante:

- Material económico y fácil de aplicar.
- Impide la absorción por capilaridad.
- Mejora la resistencia a los ciclos hielo-deshielo y a las sales de deshielo.
- Disminuye la posibilidad de formación de eflorescencias.
- No mancha, no colorea.
- Reduce la penetración de suciedad en los poros.
- Mejora el aislamiento térmico.
- Puede ser pintado.
- Más duradero y resistente que los tratamientos a base de siliconas convencionales.
- No modifica el aspecto estético.
- Durabilidad

Datos técnicos:

Tipo: Siloxanos en disolventes orgánicos

Color: Incoloro.

Densidad: 0,8 Kg/l. (Aprox.)

Temperaturas de aplicación: Entre +5°C y +30°C

Condiciones de almacenamiento: En lugar seco y fresco.

Conservación: 1 año desde su fecha de fabricación, en sus envases de origen, bien cerrados y no deteriorados.

Presentación: En botes de 5 y 25 litros.

Consumo de 0,300 - 0,500 kg/m² y capa (0,375 l/m² - 0,625 l/m²) dependiendo de la porosidad del soporte y del número de capas.

Para conseguir la durabilidad media indicada anteriormente, deberán aplicarse 2 capas de material.

Modo de empleo

a) Preparación del soporte

Todas las superficies deben estar secas, sanas, limpias y exentas de partículas sueltas o mal adheridas y restos de otros oficios.

Cuando los poros estén colmatados o tapados deberá limpiarse totalmente el soporte, preferiblemente mediante chorro de vapor a alta presión, chorro de agua o chorro de agua-arena.

b) Aplicación

Aplicar directamente con rodillo, pistola, o preferiblemente con brocha para asegurar mejor la correcta impregnación.

La aplicación a pistola puede entrañar, dependiendo de las condiciones ambientales existentes, la pérdida de considerables cantidades de material

proyectado. Por ello, si se pretende conseguir la durabilidad media indicada con anterioridad, el producto debe ser aplicado a brocha.

En caso de aplicar más de una capa, la aplicación se realizará «húmedo sobre húmedo», es decir cuando la anterior esté aún fresca.

Para aplicación posterior de la pintura de protección frente a carbonatación, esperar al menos 5 horas (a 20°C).

En caso de requerimientos estéticos estrictos (principalmente en su uso sobre piedra) se recomienda la realización de ensayos previos, ya que puede producir un ligero oscurecimiento de la superficie.

No se debe emplear contra presiones hidrostáticas ni en contacto permanente con agua.

Contiene disolventes volátiles.

2.2.4.11. Pintura impermeabilizante

Pintura para protección e impermeabilización compuesta de resinas acrílicas en dispersión acuosa, con pigmentos de color estables a los rayos UV y ozono, de consistencia espesa, cuya principal característica es su gran elasticidad. Las más conocidas utilizan para la dispersión caucho sintético del tipo butílico, modificado con resinas plastificantes y cargas minerales, o bien copolímeros acrílicos.

Material muy adecuado para la reparación de cubiertas, elimina las humedades y es muy buen impermeabilizante, tiene la propiedad de poderse aplicar sobre la mayoría de los materiales.

La pintura con resinas acrílicas se utiliza en fachadas como:

- Revestimiento protector, impermeabilizante y decorativo de fachadas de hormigón, mortero, ladrillo, piedra, etc
- Revestimiento impermeabilizante de patios interiores y de patios de luces.
- Revestimiento decorativo en paredes interiores de edificios públicos (hospitales, colegios, museos...).

La pintura con emulsiones acrílicas presenta las siguientes ventajas:

- Impermeable al agua.
- Impermeable al CO₂ y permeable al vapor de agua.
- Buena adherencia a hormigón, mortero, ladrillo, etc.
- Resistente a la intemperie sin amarillamiento.
- Sin pegajosidad que adhiera la suciedad.
- Fácilmente lavable.
- De base cremosa, no tóxico ni inflamable.
- Buena cubrición.

Datos técnicos:

Tipo: Dispersión acuosa a base de resinas acrílicas (liso y rugoso).

Textura: Liso y Rugoso.

Colores: Distintos colores.

Densidad: Liso: 1,3-1,5 (g/cm³)

Rugoso: 1,5-1,6 (g/cm³)

Contenido de sólidos: Liso: Aprox. 68%

Rugoso: Aprox. 73%

Resistencia a la difusión del vapor de H₂O (para 120 micras de película seca) según DIN 52615:

Espesor de capa de aire equivalente: Liso: S_D = 0,26 m

Rugoso: S_D = 0,23

m

Coefficiente de resistencia a la difusión: Liso: μH₂O = 1119

Rugoso: μH₂O =

365

Espesor de capa: Liso: Mínimo: 60 micras

Máximo: 120 micras

Rugoso: Mínimo: 0,5 mm

Máximo: 1 mm

Temperatura de aplicación: Liso: Mínimo +8 °C

Rugoso: Mínimo +8 °C

Espesor equivalente exigido por la Norma: $SD \leq 4$ m (para permitir la transpiración)

Conservación: 1 año en sus envases de origen, bien cerrados y no deteriorados

Condiciones de almacenamiento: Al abrigo de las heladas

Presentación: Botes de 25 kg.

Los consumos mínimos estimados para conseguir una cubrición adecuada serán:

- Pintura lisa: 200 g/m² y capa.
- Pintura rugosa: 700-800 g/m² y capa.

Modo de empleo:

a) Preparación del soporte

El soporte debe estar sano, compacto, limpio y exento de polvo, suciedad, lechadas superficiales, partículas sueltas, restos de desencofrantes y otros oficios, con objeto de obtener una buena penetración y adherencia. En caso de soportes lisos o muy pocos absorbentes, se recomienda un tratamiento para darles porosidad.

La norma tecnológica de revestimientos (NTR) define las condiciones exigibles para un correcto revestimiento:

- *Soporte*: el soporte debe ser duro, con una resistencia a la tracción de 3 kg/cm², poroso y no presentar síntomas de disgregación, así como ausencia de humedad, planeidad y textura fratasada fina.

- *Limpieza*: el proceso de trabajo depende del tipo de material o sustancia a eliminar, pero en general, se recomienda aplicar detergentes de bajo pH (pH < 7) con aclarado abundante de agua con máquina a presión.

a) Mezclado

La pintura se suministra lista para su empleo. Es importante homogeneizar, preferiblemente mediante batidora eléctrica, antes de su utilización.

b) Aplicación

Imprimación

Se debe aplicar una capa fluida de imprimación, que se introduce y penetra en el soporte endurecido y preparando su superficie para recibir el revestimiento final.

Es posible realizar un tratamiento de imprimación previo, o con una dilución del producto al 10% cuando la pintura sea lisa. Las imprimaciones se deberán dejar secar antes de aplicar las correspondientes capas de pintura. Los tiempos de espera serán en función de la temperatura ambiental, variando desde 6 horas a temperaturas de 30° a 35 °C a 24 horas a temperaturas de 8 °C.

Acabado en liso

Agitar el producto previamente a su aplicación hasta que esté totalmente homogéneo. La aplicación puede realizarse manualmente, mediante rodillo de lana (pelo corto), brocha o por proyección mediante equipo con «air-less».

Se deben aplicar dos manos de producto sin diluir, dejando secar entre capas sucesivas. El procedimiento se realizará aplicando las dos manos cruzadas, una con respecto a la otra para que haya mayor cubrición.

En soportes porosos se recomienda el uso de imprimación, aplicando una capa del producto diluida al 10% con un consumo aprox. de 100 g/m². Posteriormente se aplicarán las dos capas correspondientes con un consumo por capa estimado en 200 g/m², dejando pasar más de 6 horas entre las distintas capas.

Acabado rugoso

Agitar el producto antes de su aplicación hasta que esté totalmente homogéneo.

La aplicación se podrá realizar con un rodillo de esponja o picador (acabado rugoso) o con rodillo de lana (acabado semiliso).

Se aplicará una capa de pintura liso sin diluir con un consumo de 200 g/m², y una segunda capa de pintura rugoso con un consumo estimado de 700-800 g/m². Se dejarán pasar 6 horas entre capas.

Pintura

Revestimiento final decorativo que se aplica según la NTR, cumpliendo las siguientes premisas:

- Los elementos que según el proyecto estén adosados a fachada estarán recibidos y terminados.
- La temperatura ambiente estará entre los 5 °C-28 °C, cortando los trabajos en el caso de no estar en ese entorno o el inicio de la aplicación.
- El soleamiento no indicará sobre la fachada, antes o durante la aplicación, por vía, se suspenderán los trabajos.
- Se eliminarán eflorescencias con tratamiento químico de base fluosilicatos al 5-10%, así como grasas, polvo, restos, etc.
- Las manchas de mohos, verdines, etc., se rascarán y lavarán con agua abundante, y seguidamente se tratará la zona afectada con producto líquido funguicida.

- El consumo de este tipo de revestido se establece entre los 0,4 a 0,8 kg/m².

La pintura impermeabilizante no se debe aplicar:

Por debajo del punto de rocío.

Sobre superficies húmedas

Mientras esté lloviendo.

Con humedad relativa del aire superior al 80%.

A temperatura inferior a 8°C, en soportes muy absorbentes y con viento fuerte, se pueden producir fisuras de secado y reducción de la adherencia.

Antes de empezar cualquier trabajo, cubrir las manos y proteger los ojos. Utilizar prendas de protección (guantes y gafas). En contacto con ojos o mucosa, aclarar enérgicamente con agua tibia y limpia y consultar al servicio médico.

2.2.4.12. Masilla de poliuretano

La masilla de sellado es una masilla-adhesiva monocomponente, a base de poliuretano, de elasticidad permanente y de gran adherencia que polimeriza rápidamente por la acción de la humedad ambiental.

La masilla de poliuretano está especialmente indicada para todo tipo de juntas de dilatación con gran movimiento, por ejemplo:

- Juntas de fachada.
- Juntas en edificación.
- Juntas entre elementos prefabricados y modulares en general.

- Depósitos e instalaciones de agua potable.
- Juntas entre carpintería y cerramiento.
- Muros cortina.
- Juntas en balcones y parapetos.
- Encuentros muro/solera.
- Juntas en construcciones ligeras.
- Juntas verticales de edificios industriales.
- Sellado de marcos de ventanas y puertas.

La masilla de sellado es un elastómero de bajo módulo de elasticidad, clase A1, que tiene las siguientes ventajas:

- Polimerización rápida sin retracción.
- Fácil de aplicar.
- Excelente adherencia, sin imprimación, sobre la mayoría de los materiales a base de cemento, piedra natural y artificial, etc
- No descuelga en superficies verticales.
- Buen comportamiento frente a los agentes atmosféricos y al envejecimiento.
- Totalmente polimerizado puede estar en contacto permanente con agua potable.
- Puede ser pintado, una vez polimerizado.
- No es corrosivo.
- Monocomponente, listo para su uso.

- Bajo módulo de elasticidad, es decir, gran deformabilidad.
- Fácil extrusión y alisado.
- Rápida formación de piel.
- El bajo módulo de elasticidad permite amplios movimientos sin que se produzcan tensiones elevadas en los labios de la junta que perjudiquen a la adherencia.
- Superficie exenta de pegajosidad

Datos técnicos:

Tipo: Elastómero monocomponente a base de poliuretano

Color: Gris, blanco, marrón y negro

Densidad: Aprox. 1,2 Kg/l.

Velocidad de polimerización: (a 23°C, 50% HR) Aprox. 2 mm / 24 horas

Tiempo abierto(para pegado): (a 23°C, 50% HR) Aprox. 30 - 60 minutos
aprox.

Formación de piel: 3 horas

Módulo de elasticidad:(a 23 °C) Aprox. 5 kg/c² para un alargamiento del
100 %

Resistencia a tracción: Aprox. 14 Kg/cm²

Dureza Shore A: (a 28 días, 23°C) 25 – 35

Alargamiento a la rotura: (a 28 días, 23°C) 400 %

Recuperación elástica: (a 28 días, 23°C) > 90 %

Temperaturas de aplicación: Entre +5 y +40°C

Temperaturas de servicio: En seco: -20 a +70°C

En húmedo: + 50°C

Máximo movimiento admisible: Aprox. 15% de la anchura media de la junta

Dimensionado de la junta: Mínima - 8 mm

Máxima - 25 mm

Factor de junta:

Relación anchura / profundidad (a/p) $a < 15\text{mm}$ $a/p=1/1$

$15 < a < 25$ $a/p=2/1$

Condiciones de almacenamiento: En lugar fresco y seco, entre +10°C y +25°C

Conservación: 12 meses los cartuchos y 9 meses los salchichones desde su fecha de fabricación, en sus envases originales bien cerrados y no deteriorados.

Presentación: Cartuchos de 310 cm³, unipacs de 310 cm³ y salchichón de 600 cm³.

Distancia entre juntas (m)	< 2	2-3,5	3,5-5	5-6,5	6,5-8
Anchura mínima de la junta (mm)	10	15	20	25	30
Profundidad mínima de la junta (mm)	10	10	0	5	15
Máx. anchura de juntas alrededor de ventanas y puertas: 10 mm					

Tabla 4: Juntas entre elementos prefabricados

Resistencias químicas

- A largo plazo a agua soluciones de limpieza a base de lejía y detergentes agua de mar agua calcárea ácidos y bases de origen inorgánico en baja concentración alcantarillados

- A medio plazo a grasas y aceites de origen mineral, animal y vegetal carburantes

- A corto plazo o no resistente a disolventes de origen orgánico (acetona, éter) gasolinas (compuestos aromáticos) diluentes para lacas y pinturas ácidos y bases concentrados

Modo de empleo:

a. Preparación del soporte

En todos los casos los elementos a pegar, los soportes o los labios de las juntas deberán estar secos, sanos, limpios y exentos de partículas no adherentes.

b. Imprimación

Generalmente no es necesaria imprimación. En soportes muy porosos (hormigón, mortero, madera) o cuando la masilla vaya a estar en contacto permanente con agua, se aconseja dar una imprimación.

c. Fondo de junta

Se debe colocar un fondo de junta de material no adherente a la masilla para limitar la profundidad a rellenar y las dimensiones adecuadas en función del factor de junta correspondiente. El fondo de junta servirá además como soporte de la masilla durante su colocación y retacado.

d. Colocación

Cuando se utilizan cartuchos, se perfora la boca y se enrosca la boquilla de plástico, que se corta en forma de bisel a 45°, según el ancho de cordón que se necesite.

La masilla de sellado se aplica con pistola cuya elección se hará entre los siguientes tipos:

- Pistola manual universal, para cartucho y salchichón.
- Pistola manual (aligerada) para cartucho.
- Pistola manual para cartucho.
- Pistola manual para salchichón.
- Pistola neumática para cartucho y salchichón.

Debe evitarse la oclusión de aire para lo cual la boquilla se mantendrá constantemente a una profundidad conveniente y con la misma inclinación.

El alisado de la masilla se efectúa con un trozo de patata pelada y humedecida o con una espátula mojada en agua jabonosa.

El consumo teórico se calcula con la siguiente fórmula:

Consumo para juntas=1000 : [Anchura (mm) X Profundidad (mm)

Limpieza de herramientas

Para eliminar las manchas de masilla fresca utilizar disolventes. Una vez polimerizada, solo puede ser eliminada por medios mecánicos.

Indicaciones importantes:

Contiene isocianatos. Evitar el contacto con la piel y los ojos. En caso de contacto lavar con abundante agua limpia.

Una vez polimerizado, la masilla de poliuretano es totalmente inocua. En contacto permanente con agua es imprescindible aplicar una mano de imprimación.

Esperar 2 - 3 semanas para que la masilla pueda entrar en contacto con agua.

Proteger la masilla de poliuretano de la lluvia al menos durante 3 horas después de su aplicación.

No debe estar en contacto con betunes o asfaltos.

La masilla de poliuretano puede variar su color en contacto con ciertos materiales como cauchos negros artificiales ó naturales, adhesivos de neopreno o pinturas con disolventes; por lo tanto debe estar aislado de estos productos.

La masilla de poliuretano no adhiere sobre polietileno, polipropileno, silicona o teflón.

Un cartucho empezado puede ser reutilizado 2 - 4 semanas después si se ha dejado bien cerrado, dejando la boquilla llena de masilla a modo de tapón.

Las condiciones medioambientales (agentes químicos, altas temperaturas, radiaciones UVA) pueden alterar ligeramente la tonalidad de la masilla, sin que influya en las propiedades del producto.

El sellado de junta puede ser cubierto por pinturas, si bien, por regla general no es aconsejable, ya que en caso de movimiento en la junta se producirá una fisuración antiestética en la pintura.

No se usará la masilla de poliuretano en zonas expuestas temporalmente a agentes químicos ni en contacto con betún o asfalto.

La masilla de poliuretano no resulta aconsejable para juntas sometidas a fuertes sollicitaciones mecánicas, como paso de vehículos, tráfico intenso, punzonamiento, etc., ya que se trata de un producto blando y altamente deformable.

Proteger del agua las juntas selladas durante al menos 4 horas.

Durante la aplicación de la masilla se debe evitar la oclusión de aire y el contacto con disolventes.

Las juntas de más de 25 mm deben ser ejecutadas en tres fases, aplicándose la masilla sobre cada uno de los labios y un último cordón central sobre el que se realizará el alisado.

Cuando se esté aplicando, evitar el contacto con la piel y los ojos. En caso de contacto con los ojos lavar con agua abundante inmediatamente.

En caso de contacto con la piel: lavar con abundante agua y jabón.

Las manchas de producto fresco se deben limpiar mediante espátula y a continuación mediante alcohol o con material absorbente (arena, serrín, etc.).

Antes de que haya polimerizado totalmente, el producto contamina el agua, por lo que no debe entrar en contacto con desagües, cursos de agua o terreno. Una vez polimerizado es inocuo.

2.2.5. Láminas separadoras entre materiales

2.2.5.1. Film de polipropileno



Foto 5 : Lámina de polipropileno

Geotextil no tejido formado por fibras de polipropileno y polietileno de alta tenacidad, cuya cohesión se realiza por un doble procedimiento de agujeteado y calandrado.

Tiene elevadas prestaciones mecánicas, lo que permite su aplicación en todos los ámbitos de la construcción. Su uso está especialmente indicado en la obra civil.

2.2.5.2. Filtros de fibra de vidrio



Foto 6 : Lámina de fieltro de fibra de vidrio

Filtros y velos de vidrio utilizados para separación de membranas de impermeabilización y desolidarización del soporte en la impermeabilización de cubiertas.

2.2.5.3. Filtros de poliéster



Foto 7 : Bobinas de fieltro de poliéster

Geotextil no tejido de poliéster, ligado mecánicamente mediante agujeteado. Tiene un excelente comportamiento mecánico (protección, separación) e hidráulico (filtración).

Se utiliza principalmente en edificación, como protección de láminas impermeabilizantes antes de colocar la protección pesada, así como lámina auxiliar de separación y filtración.

2.2.5.4. Mortero de cemento



Foto 8 :Ejecución capa de mortero

Capa separadora de mortero de cemento. También utilizada como capa de regularización de superficies. La capa será como mínimo de 2 cm de espesor y mantendrá un espesor regular en toda la superficie de aplicación.

2.2.6. Protección exterior

2.2.6.1. Gravas

Se trata de un tipo de protección utilizado principalmente en la ejecución de cubiertas no transitables invertidas. Su función es proteger la cubierta de las acciones meteorológicas. Debe ser suficiente para evitar que la succión del viento desprenda el aislamiento térmico pero no debe ser excesivo ya que puede provocar un exceso de carga en la estructura.

Según el Código Técnico de Edificación la protección de grava en cubierta debe cumplir las siguientes condiciones:

La grava puede ser suelta o aglomerada con mortero.

La grava suelta sólo puede emplearse en cubiertas cuya pendiente sea menor

que el 5 %.

Debe estar limpia y carecer de sustancias extrañas. Su tamaño debe estar comprendido entre 16 y 32 mm y debe formar una capa cuyo espesor sea igual a 5 cm como mínimo. Debe establecerse el lastre de grava adecuado en cada parte de la cubierta en función de las diferentes zonas de exposición en la misma.

Deben disponerse pasillos y zonas de trabajo con una capa de protección de un material apto para cubiertas transitables con el fin de facilitar el tránsito en la cubierta para realizar las operaciones de mantenimiento y evitar el deterioro del sistema.



Foto 9 : Protección de grava

2.2.6.2. Losa ligera filtrante

El sistema de aislamiento mediante baldosa aislante, está constituido por una plancha de poliestireno extrusionado unida a una capa superior de mortero

de cemento a base de agregados minerales seleccionados y aditivos especiales reforzada con fibras de polipropileno, que funciona como capa de protección mecánica.

Las placas de poliestireno extrusionado presentan una densidad mínima de 33 kg/m³ y son expandidas con CO₂. Los cuatro laterales de las planchas de poliestireno extrusionado de 40mm o más efectúan encaje a medio espesor, con 15mm de superposición. La capa superior de protección mecánica presenta las aristas biseladas.

El sistema de baldosa aislante es una solución de aislamiento térmico destinada especialmente para sistemas de cubierta plana invertida, constituyendo la mejor solución para el aislamiento de este tipo de cubiertas, ya sean azoteas, edificios de viviendas, de servicios u otros. Presenta, de un modo integrado, la solución de aislamiento térmico y protección frente a acciones mecánicas y radiaciones ultravioleta. El grado de accesibilidad de las cubiertas aisladas térmicamente con este sistema está determinado por el tipo de baldosa aislante, utilizada, pudiendo ser accesibles para la circulación de personas o limitada a operaciones de mantenimiento y reparación.

En el sistema de cubierta invertida, el aislamiento se sitúa por encima de la impermeabilización protegiéndolo de variaciones térmicas y meteorológicas así como de daños mecánicos durante la construcción, uso o mantenimiento. El sistema de baldosa aislante, proporciona la protección mecánica perfecta del aislamiento térmico y consecuentemente de las membranas

impermeabilizantes sobre las que está colocado aumentando su durabilidad y la estabilidad de la estructura del edificio.



Foto 10 : Cubierta con protección mediante losa filtrante

El sistema de baldosa aislante presenta entre otras las siguientes ventajas:

- Facilidad y economía en la colocación del aislamiento y acabado.
- Una sola operación para colocar el aislamiento y pavimento.
- Reducción del peso comparada con el sistema tradicional de cubiertas invertidas.
- Reducido coeficiente de expansión del sistema hormigón / aislamiento.

Las baldosas aislantes se colocan sobre la impermeabilización y son compatibles con la mayoría de los diferentes materiales de impermeabilización. En la aplicación sobre láminas sintéticas de tipo PVC, dada la posibilidad de la migración de plastificantes, deberá usarse un fieltro o geotextil como separador. Las láminas impermeabilizantes deben estar limpias antes de la aplicación de la baldosa aislante, cuando éstas se colocan directamente sobre

la impermeabilización, sin cualquier forma de fijación. Las baldosas aislantes deben ser colocadas a continuación de la terminación de los trabajos de impermeabilización, a fin de asegurar la protección mecánica y de la acción de la radiación solar sobre la impermeabilización.

Se presenta en el mercado con distintas dimensiones de placa y distintos espesores tanto del aislamiento como del hormigón poroso.



Foto 11 : Losa aislante filtrante

2.2.6.3. Placas o baldosas

Para la colocación como protección exterior en cubiertas transitables se puede colocar placas o baldosas, colocadas con mortero. Se pueden emplear todo tipo de aplacados, mármol, cerámicos, gránitos, piedra natural, etc. La elección del material y sus características técnicas pueden ser muy variables y dependerán del tipo de material que se elija y del uso que se le vaya a dar a la cubierta.

2.2.6.4. Tierra vegetal

La tierra de jardín estándar no se puede utilizar para las cubiertas verdes. La tierra normal presenta características diferentes a las de los sustratos especiales para cubiertas ajardinadas. La tierra natural tiene una permeabilidad muy limitada, permite muy poca retención de agua, tiene un peso muy elevado y unas propiedades físico-químicas no adecuadas para el uso en cubiertas. Además, en la tierra normal pueden proliferar malas hierbas y gérmenes fitopatógenos que aumentan el riesgo de enfermedades en las plantas seleccionadas para la cubierta ajardinada. Por lo tanto se deberán usar sustratos específicamente tratados para el tipo de terraza y el tipo de vegetación que se quiere plantas en ella.

2.2.6.5. Capa de rodadura

La capa de rodadura se emplea en cubiertas transitables para tránsito rodado. La capa de rodadura puede ser:

- Aglomerado asfáltico
- Hormigón
- Adoquín sobre lecho de arena
- Piedra amorturada

2.2.7. Elementos auxiliares

2.2.7.1. Cazoletas

Normal, sifónica y salida lateral en 80, 90, 100 y 110 mm de diámetro fabricadas en caucho EPDM. Es perfectamente resistente a la llama, a la corrosión y la intemperie. Es dúctil y fácilmente manejable. La soldadura de la lámina se consigue fácilmente con empleo de soplete. Compatible con todas las membranas bituminosas.

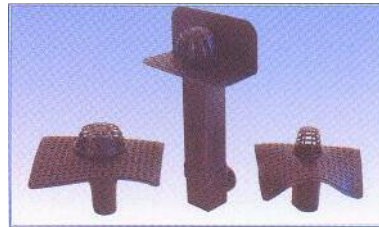


Foto 12 : Cazoletas

Se utiliza para la evacuación de las aguas pluviales en terrazas y cubiertas planas.

Se colocará sobre el soporte un refuerzo de lámina asfáltica de 1 x 1 m. Se soldará la cazoleta sobre ésta y posteriormente la membrana impermeabilizante sobre la propia cazoleta, asegurando así la estanqueidad.

2.2.7.2. Paragravillas

Pueden ser de polietileno o metálicos, de medida única y adaptables a los distintos diámetros de las cazoletas de desagüe.

Se utilizan para evitar que se vayan por el desagüe las gravas de protección en cubiertas no transitables.

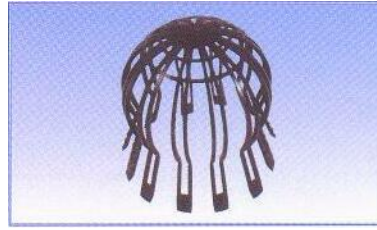


Foto 13 : Paragravillas

2.2.7.3. Perfil metálico

Perfil metálico de chapa galvanizada para remate de la impermeabilización en paramentos verticales, en soluciones con membranas impermeabilizantes autoprotegidas.

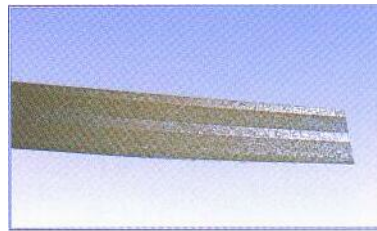


Foto 14 : Perfil metálico de remate

La fijación del perfil metálico al paramento vertical puede variar en función de las características del soporte. Piezas de 2 m de largo.

2.2.7.4. Chimeneas de ventilación

Son de polietileno rígido de alta densidad resistente a la intemperie. Se utilizan para evitar la formación de ampollas en cubiertas autoprotegidas a causa de la presión de agua que se forma al calentarse la cubierta y la humedad ocluida en el soporte. Se colocarán una cada 50 m² y en la parte más próxima a las limatesas.

2.2.7.5. Soportes regulables

Son de polietileno rígido de alta densidad resistente a la intemperie. Regulables en altura de 7 a 15 cm y la base de apoyo que divide el peso sobre una superficie de 305 cm².

Especialmente indicados para la ejecución de pavimentos flotantes en cubiertas. Los soportes se colocan directamente sobre la capa de mortero que protege la impermeabilización.



Foto 15 : Soporte regulable

Al ser desmontables se puede acceder a cualquier punto de la cubierta. El drenaje de la cubierta se realiza por las juntas abiertas entre baldosas.

2.2.6.6. Fondo de juntas

Los fondos de junta son perfiles cilíndricos de espuma de polietileno de célula cerrada. Se utilizan como material complementario en la puesta en obra de productos de sellado.

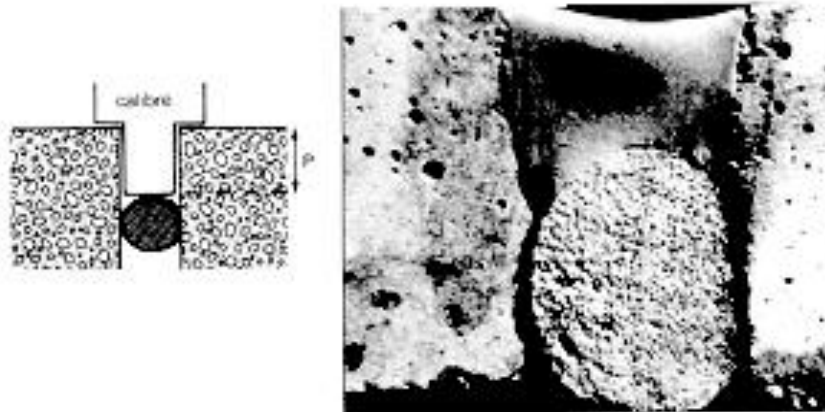


Foto 16 : Colocación fondo de junta

Los fondos de junta son el material complementario idóneo para delimitar la profundidad de junta, de cara a conseguir el factor de junta apropiado, que viene condicionado por las características del sellador.

En cuanto a la elección del ancho apropiado, deben utilizarse anchos superiores en un 25 % al ancho de la junta para evitar que la masilla rebase el fondo de junta al ser retacada para alisarla. Los perfiles deben ser colocados por medio de utensilios no cortantes, de forma que no dañen o corten la superficie.

Para lograr un buen diseño de la junta recomendamos la utilización de una plantilla de madera tal como se indica en el dibujo adjunto, en forma de T. La puesta en obra se efectúa por compresión lateral del fondo de junta contra los labios de la junta.

El empleo de los perfiles como junta de fondo no es recomendable cuando las temperaturas en el momento de aplicación sean superiores a los 60°C. En el caso de selladores que requieran una imprimación previa de las

paredes, hay que evitar que ésta moje el «fondo de junta», ya que endurecería el fondo del sellado originando un posterior desgarramiento del material en la parte central, de ahí que se aconseje imprimir primero y posteriormente colocar el «fondo de junta».

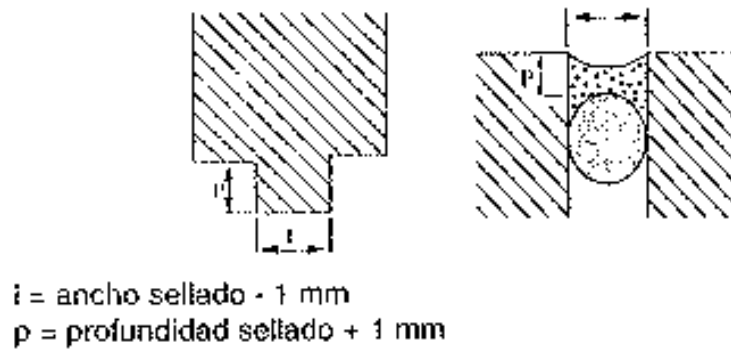


Figura 5 : Dimensiones de juntas de sellado

Datos técnicos:

Color: Gris

Estabilidad química: La de un polietileno de baja densidad.

Estabilidad térmica: - 40°C a + 60°C

Absorción de agua: Ninguna.

Densidad: De 25 a 30 kg/m³

2.3. Tipologías de cubierta plana

La cubierta es el elemento superior de cierre de un edificio, debe cumplir las funciones de aislamiento acústico y térmico, mantener la resistencia y estabilidad, servir de protección de la construcción y la más importante de todas, la de impermeabilizar.

2.3.1. Cubiertas de uso transitable

Las cubiertas transitables se dividen, por su uso, en: transitables para peatones, transitables para espacios públicos y zonas deportivas, y transitables para vehículos.

Las cubiertas transitables para peatones sólo pueden ser destinadas para tránsito peatonal, y pueden resolverse mediante sistema convencional o sistema de cubierta invertida.

En este tipo de cubiertas podemos optar por membranas monocapa o bicapa, por sistemas adheridos o no adheridos y por evacuación con pendientes o pendiente cero.

Si se incluyera aislamiento térmico, con el sistema de cubierta invertida, se mejora el comportamiento y la durabilidad de la impermeabilización, al estar ésta protegida por el aislamiento de los cambios térmicos, pudiéndonos ahorrar además la barrera de vapor.

El acabado de la cubierta, que sirve de protección de la membrana impermeabilizante, puede ser, entre otros, a base de baldosas recibidas con

mortero, pavimento flotante (baldosas sobre soportes), baldosas con aislamiento térmico incorporado y capa de mortero o pavimento continuo.

En caso de que la cubierta esté destinada al tránsito de vehículos, el sistema elegido será totalmente adherido para minimizar los riesgos de daños mecánicos por giros bruscos o frenadas de los vehículos sobre la capa de rodadura, optando por membranas fuertemente armadas para resistir mejor el desgarro y el punzonamiento, no debiendo escatimarse en la solución elegida, por el elevado coste que tendría una hipotética reparación en caso de que hubiera problemas o filtraciones, al ser necesario retirar la capa de rodadura para acceder a la impermeabilizada.

La superficie de las cubiertas transitable se dividirá en zonas de lados no superiores a 5 m. Las juntas de dilatación serán siempre limatesas.

2.3.1.1. Cubiertas de uso peatonal

Son aquellas cubiertas destinadas al tránsito normal de peatones en edificios de viviendas, oficinas, etc.

Estas cubiertas pueden ser convencionales (aislamiento térmico debajo de la impermeabilización) o invertidas (aislamiento térmico sobre la impermeabilización).

Las baldosas y las losas utilizadas en cubiertas de uso transitable deben colocarse sueltas o recibidas con mortero de cemento, sobre una capa de arena o una capa separadora extendida sobre la impermeabilización.

Cuando se utilicen losas o baldosas colocadas sobre soportes como, encima de la impermeabilización debe colocarse una capa de mortero para protegerla, sobre el mortero deben colocarse los soportes de hormigón o de material plástico y sobre ellos deben apoyarse las baldosas.

Materiales empleados

En la cubierta tradicional o invertida transitable para peatones con baldosas o con pavimento flotante se recomienda la impermeabilización bicapa con soplete, adherida. Permite una pendiente de 1-15%.

La ejecución de un pavimento flotante aporta distintas ventajas, de las que destacan la obtención de pavimentos desmontables, total o parcialmente, para acceder a cualquier punto, la mejora del aislamiento de la cubierta, el paso de conducciones y cables sin ser visibles pero fácilmente accesibles y la fácil evacuación de las aguas pluviales. El uso de los soportes regulables permite la nivelación del pavimento además del buen drenaje de la cubierta.

En cubierta tradicional o invertida visitable para peatones con losas filtrantes o con losas-adoquín se recomienda la impermeabilización bicapa con soplete, adherida. Permite una pendiente de 1-15%.

Los materiales aislantes utilizados deben tener las siguientes características:

- Resistencia a compresión
- Nula capilaridad
- Estabilidad de forma

- Imputrescible

Entre los materiales aislantes, los que mejores propiedades y mayor uso tienen son:

- Poliestireno extrusionado de espesores entre 30 y 50 mm.
- Poliuretano proyectado

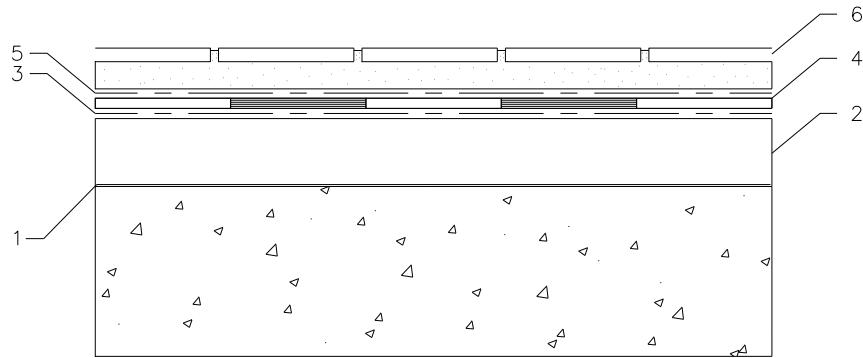
También otro material impermeable que se utiliza habitualmente en cubiertas transitables es el PVC o el caucho EPDM. En las cubiertas que se coloque una membrana impermeabilizante sintética (PVC) siempre se deberá disponer de un filtro de geotextil entre la membrana impermeable y el aislamiento de poliestireno extrusionado debido a que estos dos materiales no son compatibles y no pueden estar en contacto.

2.3.1.1.1. Cubierta convencional

La cubierta convencional de uso transitable destinada al paso de personas tiene el aislamiento térmico debajo de la impermeabilización.

Componentes:

1. Barrera de vapor
2. Elementos de formación de pendiente y aislamiento térmico
3. Capa de mortero de regularización
4. Membrana impermeabilizante
5. Capa de protección
6. Pavimento tomado con mortero



PENDIENTE 1-5 %

Figura 6 : Cubierta convencional

2.3.1.1.2. Cubierta invertida

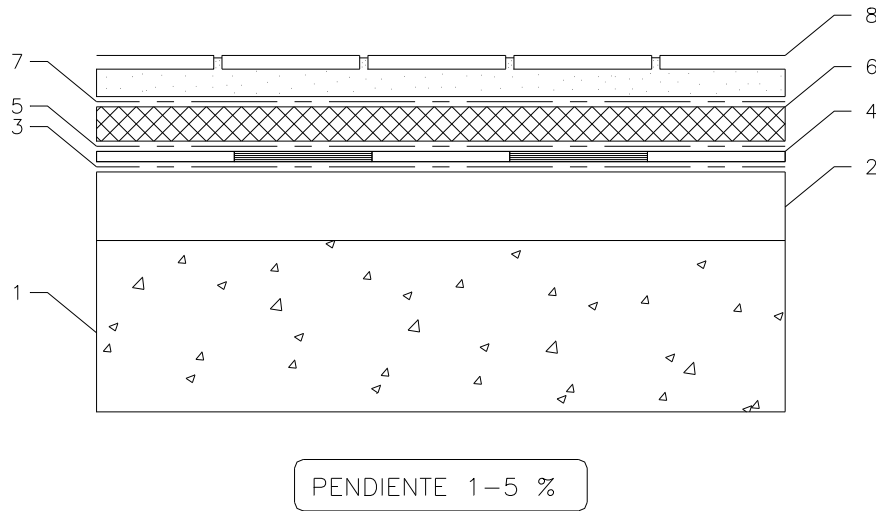
Se realiza en cubiertas no ventiladas, tanto en cubiertas transitables como en las no transitables, incluidas las inclinadas. En este tipo de cubiertas se invierte el orden de colocación, situando el aislamiento térmico en la parte superior de la impermeabilización, este tipo de cubierta hace poco tiempo que se realiza y su uso se debe a la mejora en las propiedades de los materiales aislantes.

Los componentes que forman la cubierta transitable invertida acabada con baldosas son los que se muestran en la figura siguiente:

1. Soporte resistente
2. Formación de pendientes
3. Capa de mortero de regularización
4. Impermeabilización monocapa o bicapa
5. Capa separadora
6. Aislamiento de poliestireno extrusionado

7. Capa separadora y antipunzonante

8. Pavimento



CUMPLE LA NORMA UNE 104-402/96. SEGUN MEMBRANA. PN-1

Figura 7 : Cubierta invertida

El material de acabado y protección de la cubierta convencional o invertida transitable puede ser:

- Baldosas
- Pavimento flotante sobre soportes
- Losas filtrantes
- Losas-adoquín

Las baldosas o losas utilizadas como protección pesada deben colocarse sueltas o recibidas con mortero de cemento, sobre una capa de arena o una capa separadora.

En la cubierta invertida cuando el pavimento es de rasilla pueden aparecer patologías, a causa de grietas en las juntas de las rasillas o el levantamiento de éstas, debido a que el aislamiento y el material de acabado

absorben todo el calor, lo que produce fuertes dilataciones que harán que la rasilla se despegue. Para evitar esta patología se debe colocar una capa de hormigón armado sobre el aislamiento sin que pueda agrietarse.

2.3.1.2. Cubierta para tránsito rodado

La cubierta destinada a tránsito rodado de vehículos se distingue según sea su acabado con aglomerado asfáltico o con hormigón armado.

Materiales empleados

Como cubierta plana para el tránsito de vehículos se puede utilizar cualquiera de las membranas definidas para "Cubiertas transitables para vehículos".

Dadas las especiales características de esta cubierta, y los esfuerzos mecánicos a los que va a estar sometida, es recomendable que la solución sea bicapa, y que una de las láminas sea bituminosa modificada de fibra de poliéster, ya que esta lámina está adecuada específicamente para soportar grandes resistencias a tracción y punzonamiento estático.

Especificaciones técnicas

En las cubiertas de uso transitable destinadas a la circulación de vehículos, el sistema será totalmente adherido, con el fin de disminuir los riesgos de daños mecánicos producidos por giros bruscos o frenadas de los vehículos sobre la capa de rodadura, optando por membranas fuertemente armadas para resistir mejor el desgarramiento y el punzonamiento, prestando la

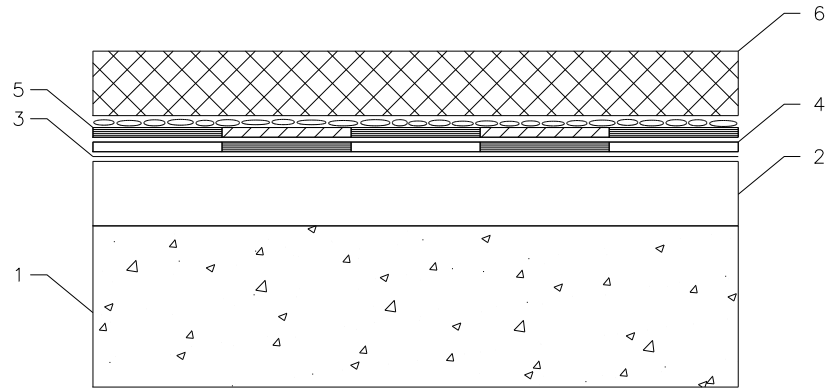
máxima atención en la ejecución y los materiales elegidos en el sistema, debido a que en caso de realizar una reparación posterior por aparecer problemas o filtraciones, ocasionaría un elevado coste, al ser necesario retirar la capa de rodadura para acceder a la impermeabilización.

Las cubiertas transitables para vehículos, son cubiertas con acabado de capa de rodadura, diseñadas para la circulación de vehículos. La capa de rodadura puede ser aglomerado asfáltico o capa de hormigón.

El soporte base de la membrana será de mortero/hormigón previamente regularizado con una capa de mortero. Todas las soluciones adoptadas para este tipo de cubierta tienen una gran margen de seguridad.

Partes en que se compone una cubierta transitable para vehículos:

1. Soporte resistente
2. Formación de pendientes
3. Imprimación asfáltica
4. Lámina impermeable bicapa o monocapa
5. Capa de protección
6. Capa de rodadura



PENDIENTE > 1 %

Figura 8 : Cubierta para tráfico rodado

En las cubiertas invertidas el aislamiento se encuentra sobre la impermeabilización.

Condiciones del soporte y consideraciones previas:

- El soporte deberá estar limpio y seco.
- No se deberá impermeabilizar con viento muy fuerte, lluvia o nieve.
- No se deberá realizar la impermeabilización a temperatura inferior a - 5 °C con láminas de betún modificado con elastómero. LBM (SBS)
- Los encuentros con elementos verticales siempre se redondearán con una escocia o con un chaflán a $135^{\circ} \pm 10^{\circ}$.

Antes de comenzar los trabajos de impermeabilización se deberán preparar los desagües e instalar las cazoletas y preparar, con los refuerzos adecuados, las juntas de dilatación, los perímetros y las esquinas y rincones.

A continuación se procederá a extender el aglomerado asfáltico sobre la segunda lámina impermeable de fibra de poliéster, ya que esta lámina tiene incorporada, en su cara exterior, un fieltro de poliéster antipunzonante, de 150

g/m², y por lo tanto no se requiere una capa de mortero de protección sobre la membrana, en caso de no tenerlo incorporado se incorporará una vez impermeabilizada la cubierta para a continuación colocar la capa de rodadura.

La capa de rodadura, con aglomerado asfáltico, será de, al menos, 8 cm de espesor, para vehículos ligeros, y de 10 cm de espesor, para vehículos pesados.

En la aplicación de aglomerado asfáltico como capa de rodadura, en cualquier caso, y especialmente si se aplica directamente sobre la membrana (autoprotegidas), se deberá tener la precaución de no deteriorar la membrana impermeabilizante con la maquinaria y el proceso de aplicación. Así, las ruedas de la maquinaria aplicadora del aglomerado deberán ser de gomas y no metálicas (oruga), la circulación por encima de la membrana se realizará evitando frenadas o giros bruscos, no se deberán estacionar las máquinas sobre la membrana, si no está debidamente protegida, etc.

Ejecución de la impermeabilización

Al ser este sistema adherido al soporte, en toda la superficie y en el perímetro y puntos singulares se imprimirá, se puede aplicar con brocha o cepillo. Una vez seca la imprimación, y antes de proceder al extendido de las láminas, se colocarán las bandas de refuerzo, de 30 cm de ancho mínimo, en las zonas correspondientes a los puntos singulares.

Posteriormente, sobre la capa de imprimación, se colocará la capa de láminas, totalmente adherida a la base y realizando los solapos, de 12 cm como mínimo, y procurando que el mástico sobresalga un poco en la zona de solapo, dando seguridad al sellado y a la unión de los mismos.

La membrana impermeabilizante se realizará colocando las láminas en contra del sentido de la pendiente, empezando por la zona más baja de la cubierta, preferentemente en dirección perpendicular a la línea de máxima pendiente del faldón, debiendo continuar hasta terminar una hilera, realizando solapos de 12 cm, como mínimo, en las uniones entre piezas.

Los solapos de las piezas, se harán de tal forma que ningún solapo entre piezas, de cada hilera, resulte alineado con los de las hileras contiguas.

En los elementos verticales se deberán hacer rozas, retranqueos o poner perfiles metálicos, para la entrega de la membrana impermeable, que deberán ascender 15 cm, como mínimo, por encima del punto más alto que alcance la protección. También se podrá doblar la lámina por encima de ellos. Cuando la membrana quede expuesta a la intemperie, se colocarán láminas con autoprotección, como remate de la misma.

2.3.2. Cubiertas no transitables

Las cubiertas no transitables son aquellas en las que su pendiente es superior al 3%, o su acabado superficial es de gravilla, láminas autoprotegidas, aislantes, etc. Su uso es visitable temporal, bien para mantenimiento o inspecciones periódicas. El tipo de protección que tienen es:

- Cubierta no transitable con lámina autoprotegida
- Cubierta no transitable con protección pesada

2.3.2.1. Cubierta no transitable con lámina autoprotegida

Las láminas autoprotegidas llevan incorporadas de fábrica la protección ligera, los materiales utilizados para conseguir la protección son los gránulos de pizarra o áridos finos y las láminas metálicas. Son utilizadas en cubiertas no transitables, sólo visitables a efectos de mantenimiento o reparación.

Impermeabilización monocapa

Laminas asfálticas con autoprotección mineral:

-Lámina de betún modificado del tipo LBM-50/G, sobre imprimación.

Laminas asfálticas con autoprotección metálica:

- Lámina de betún modificado del tipo LBM-48/M, sobre imprimación.

Impermeabilización bicapa

Láminas asfálticas con autoprotección mineral:

-Constituida por una lámina bituminosa del tipo LO-40 o del tipo LO-30 y una lámina de betún asfáltico modificado del tipo LBM como acabado.

-Constituida por una lámina bituminosa del tipo LO-40 o del tipo LO-30 y una lámina bituminosa del tipo LO-40/G como acabado.

-Constituida por una lámina bituminosa del tipo LO-30 y una del tipo LO-40/G como acabado, intercalándose capas de oxiasfalto OA de 1,5 kg/m².

-Constituida por una lámina de betún modificado del tipo LBM-24 y una lámina de betún modificado, del tipo LBM-40/G como acabado, intercalándose capas de oxiasfalto OA de 1,5 kg/m².

Láminas asfálticas con autoprotección metálica:

-Constituida por una lámina bituminosa del tipo LO-40 o del tipo LO-30 y una lámina bituminosa del tipo LO-30/M-NA como acabado.

-Constituida por una lámina bituminosa del tipo LO-40 o del tipo LO-30 y una lámina de betún asfáltico modificado del tipo LBM-30/M-NA o bituminosa del tipo LO-30/M como acabado.

Especificaciones técnicas

Condiciones del soporte y consideraciones previas:

- El soporte deberá estar limpio y seco.
- No se deberá impermeabilizar con viento muy fuerte, lluvia o nieve.
- No se deberá realizar la impermeabilización a temperatura inferior a:
 - 5 °C con láminas de betún modificado con elastómero. LBM(SBS)

- Los encuentros con elementos verticales siempre se redondearán con una escocia o con un chaflán a 135 ° +/- 10 °

Antes de comenzar los trabajos de impermeabilización se deberán preparar los desagües e instalar las cazoletas y preparar, con los refuerzos adecuados, las juntas de dilatación, los perímetros y las esquinas y rincones.

Ejecución de la impermeabilización:

Al ser este sistema adherido al soporte, en toda la superficie y en el perímetro y puntos singulares, primero se imprimará el soporte con un consumo mínimo de $0,3 \text{ kg/m}^2$. Se puede aplicar con brocha o cepillo. Una vez seca la imprimación, y antes de proceder al extendido de las láminas, se colocarán las bandas de refuerzo, de 30 cm de ancho mínimo, en las zonas correspondientes a los puntos singulares.

Posteriormente, sobre la capa de imprimación, se colocará la impermeabilización, totalmente adherida a la base y realizando los solapos, de 8 cm como mínimo, y procurando que el mástico sobresalga un poco en la zona de solapo, dando seguridad al sellado y a la unión de los mismos.

También se deberá soldar la lámina en los perímetros y puntos singulares.

Para pendientes superiores al 15 %, la membrana se soldará y además se fijará mecánicamente al soporte.

Los componentes de la cubierta no transitable con impermeabilización bicapa acabada con lámina autoprotegida son:

1. Soporte resistente
2. Formación de pendientes
3. Mortero de regularización fratasado
4. Aislamiento térmico anclado o adherido al soporte, en su cara superior tendrá oxiasfalto donde adherir la lámina impermeable
5. Lámina impermeable de oxiasfalto

6. Lámina impermeable autoprotegida de peso medio mínimo en el sistema bicapa de 4 kg/m² y en el monocapa de 5 kg/m².

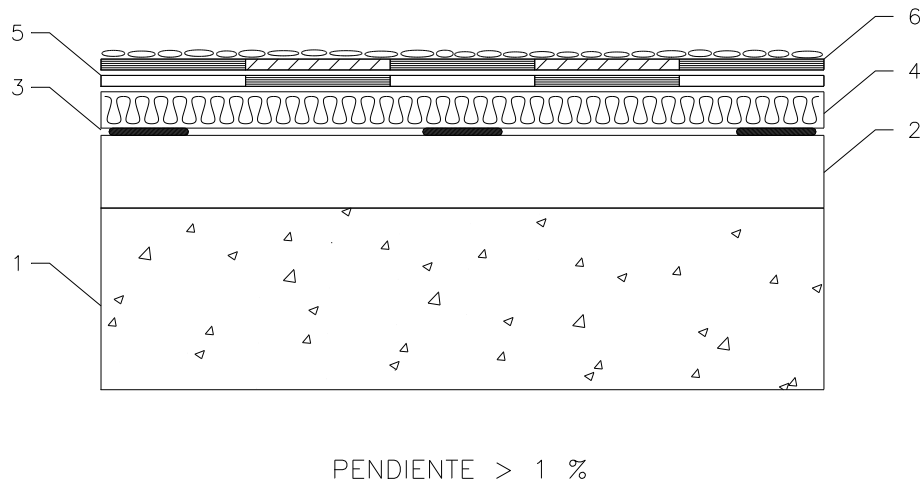


Figura 9 : Cubierta no transitable invertida autoprotegida

La membrana impermeabilizante se realizará colocando las láminas en contra del sentido de la pendiente, empezando por la zona más baja de la cubierta, preferentemente en dirección perpendicular a la línea de máxima pendiente del faldón, debiendo continuar hasta terminar una hilera, realizando solapos de 12 cm, como mínimo, en las uniones entre piezas.

Los solapos de las piezas, se harán de tal forma que ningún solapo entre piezas, de cada hilera, resulte alineado con los de las hileras contiguas.

En los elementos verticales se deberán hacer rozas, retranqueos o poner perfiles metálicos, para la entrega de la membrana impermeable, que deberán ascender 15 cm, como mínimo, por encima del punto más alto que alcance la protección.

Debe tenerse en cuenta la interacción de la membrana impermeabilizante y las demás capas que componen el sistema de impermeabilización. Cada una de las capas deberá ser adecuada para su uso específico, y ser compatible entre sí y con el soporte resistente.

Las diferentes capas del sistema deberán transmitir al soporte resistente, sin daño para la membrana impermeabilizante, las cargas que, por regla general, puedan esperarse.

La estructura de la cubierta deberá ser proyectada y ejecutada de tal forma que mantenga sus cualidades, bajo las condiciones ambientales a las que va a estar sometida.

Recomendaciones:

- Recomendamos se realice la unión del solape de la membrana al término de la jornada y especialmente en el caso que amenace lluvia.

- No se deberán depositar objetos encima de la membrana, tales como: bidones, tablones, picos, palas, etc., que puedan deteriorarla.

- Es recomendable hacer la prueba de estanquidad, una vez acabada la membrana.

- Se deberá realizar un mantenimiento adecuado de la cubierta.
(Con posterioridad a la finalización de la obra, en los periodos previstos).

2.3.2.2. Cubierta no transitable con protección pesada

Cubiertas no transitables, en la que la protección de la membrana se realiza con un elemento pesado, como puede ser la grava. La grava utilizada

será de canto rodado limpio con un tamaño mínimo de 20 mm, es recomendable que cerca de las cazoletas se coloque la grava de mayor diámetro, también se recomienda colocar entre la protección y la impermeabilización una capa separadora resistente al punzonamiento.

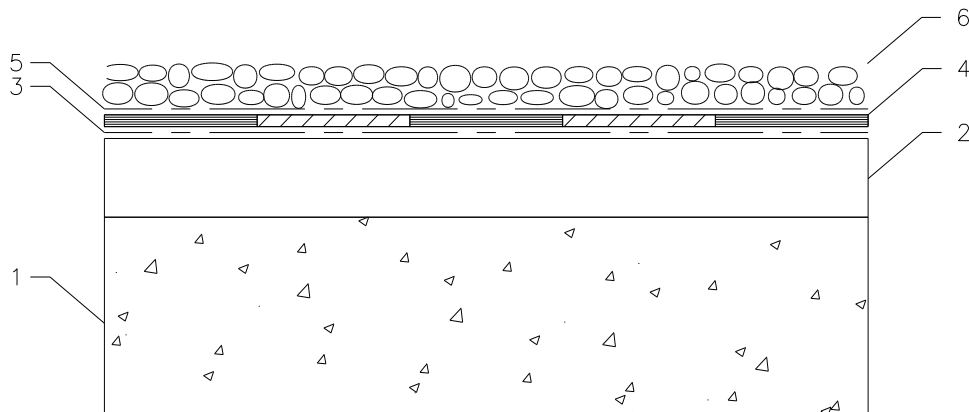
Este sistema de protección pesada con grava es muy utilizado en cubiertas invertidas, en las que se coloca el aislamiento térmico constituido por placas de poliestireno extruido sobre la impermeabilización, para a continuación colocar un geotextil y verter la grava sobre el mismo.

2.3.2.2.1. Cubierta convencional

La cubierta no transitable de protección pesada tiene la impermeabilización sobre el aislamiento, el propio aislamiento suele ser la misma capa que para la formación de pendientes, ya que el material con el que se realizan las pendientes es mediante áridos ligeros (perlita expandida, arlita, etc) u hormigón celular, sobre la propia formación de pendientes se realiza una capa de mortero de regularización fratasada, con el fin de garantizar la rigidez y planeidad del soporte de la impermeabilización. En este caso la impermeabilización puede estar o no adherida debido a que la protección es pesada. Previo a la colocación de la grava debe colocarse un geotextil antipunzonante y separador solapado como mínimo 20 cm, la capa de grava debe tener un espesor mínimo de 5 cm. En caso de colocarse aislamiento sobre la impermeabilización, la cubierta será del tipo invertida, la cual se detalla en el apartado siguiente.

Los componentes que forman esta cubierta no transitable con protección pesada son:

1. Soporte resistente
2. Formación de pendientes
3. Capa de mortero de regularización
4. Impermeabilización no adherida, solo adherida en elementos singulares
5. Capa antipunzonante
6. Capa de grava de protección



PENDIENTE 0-5 %

Figura 10 : Cubierta no transitable de protección pesada

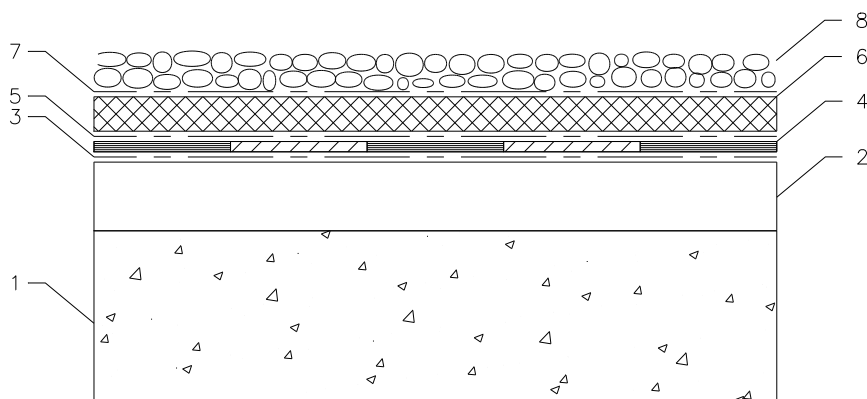
2.3.2.2. Cubierta invertida

Una cubierta no transitable, acabada con protección pesada, es invertida siempre que el aislamiento térmico se coloque encima de la impermeabilización, con este sistema se mejoran las propiedades, obteniendo una mayor durabilidad de la impermeabilización a la vez que mejora el aislamiento. El material aislante que se coloca son las placas de poliestireno extrusionado, las cuales tienen unos pliegues escalonados mediante los que se

solapan unas con otras, las dimensiones de estas placas suelen ser normalmente de 60 * 125 cm (0,75 m²).

Componentes:

1. Soporte resistente
2. Elementos para formación de pendientes
3. Capa separadora según exigencias
4. Membrana impermeable
5. Capa separadora contra incompatibilidad química en caso necesario
6. Aislamiento térmico de poliestireno extruido
7. Capa separadora para retener áridos finos
8. Grava rodada



PENDIENTE 0-5 ‰

Figura 11 : Cubierta invertida con protección pesada

2.3.3. Cubierta ajardinada

La cubierta ajardinada está destinada a servir de plantación de especies vegetales, podría incluirse en la clase de cubierta de uso no transitable con protección pesada, pero bajo mi entendimiento éste tipo de cubierta puede ser tanto transitable como no transitable según el uso al que se destine y la última capa sustrato orgánico y vegetales no supone bajo mi entendimiento un sistema de protección frente a la impermeabilización. Este tipo de cubierta se emplea en terrazas ajardinadas, jardineras, plazas con aparcamientos subterráneos y en general donde se quiera crear un espacio verde natural.

Se precisa del uso de láminas resistentes a las raíces de las plantas, además de tener un buen sistema de drenaje.

Los puntos singulares en las cubiertas ajardinadas deben ser especialmente tratados, así como las operaciones de puesta en obra de la lámina y los trabajos que se realicen encima de la membrana en el extendido de la grava de drenaje o tierra vegetal. El sistema de drenaje puede ser una capa de grava o una placa drenante de poliestireno expandido con perforaciones.

Materiales empleados

Para este sistema se puede utilizar cualquiera de las membranas definidas para "Cubiertas ajardinadas" en la norma, con las pendientes indicadas en la tabla 5.

MEMBRANA IMPERMEABILIZANTE Norma UNE			
Sistema	Pendiente de la cubierta	Designación membrana	Designación norma
ADHERIDO	PENDIENTE >1 %	GA-1	LBM-50-FP-150 R
			LBM-50/G-FP-225
		GA-2	LO-40-FV
			LBM-50/G-FP-150 R

Tabla 5

Dadas las condiciones de uso de esta cubierta, especialmente con fines estéticos y medioambientales, y los esfuerzos a los que va a estar sometida la membrana, tanto por el acabado vegetal propio como por las labores de mantenimiento del mismo, se recomienda que la solución sea bicapa (GA-2), y que esté adherido a la cubierta. La lámina superior debe ser específicamente resistente a las raíces. Se dispondrá de una capa entre la membrana y la tierra vegetal a modo de drenaje y protección mecánica de la membrana.

También se utilizan láminas de PVC, el tipo de unión puede ser: aire caliente, adhesivo o disolvente. Los solapes serán como mínimo de 5 cm y la soldadura será como mínimo de 4 cm.

Sistema constructivo

Las pendientes de las cubiertas ajardinadas estarán comprendidas entre el 1% y el 3%. La superficie de la cubierta debe estar dividida en zonas para la

formación de pendientes, con lados no mayores a 10 m. Las tabiquillos lineales que forman la cuadrícula serán las juntas de dilatación, además siempre coincidirá una junta de dilatación sobre la junta estructural, todas las juntas de dilatación son limatesas.

La capa de tierra vegetal será de espesor variable, siendo el mínimo 30 cm y dependiendo de las especies a plantar.

Elementos que constituyen una *cubierta ajardinada*:

1. Elemento resistente
2. Barrera de vapor
3. Formación de pendientes
4. Capa mortero de regularización
5. Imprimación asfáltica
6. Membrana impermeabilizante con productos que repelan las raíces*
7. Placa de drenaje*
8. Capa filtrante geotextil
9. Capa de tierra vegetal

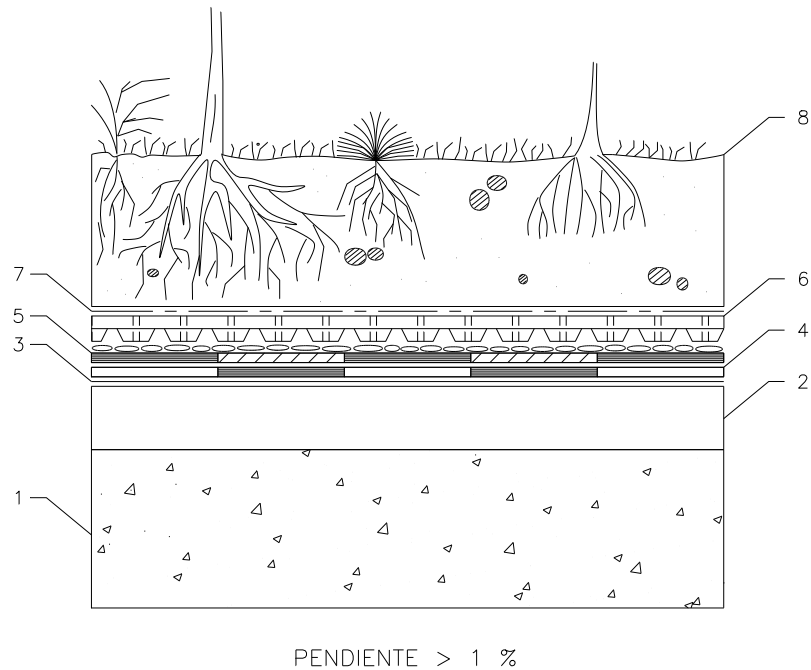


Figura 12 : Cubierta ajardinada

* En el caso de colocar una membrana impermeabilizante que no repela las raíces, sobre la membrana se realizará una capa de mortero de 3 cm de espesor, sobre la cual se aplicarán los productos antirraíces formados por alquitrán de hulla, brea o productos químicos que repelan las raíces.

* Cuando no se coloca una placa de drenaje, el drenaje se realizará colocando grava con un espesor de 5 cm, a la vez servirá de soporte de la capa filtrante.

Puesta en obra

Condiciones previas:

- El soporte deberá estar limpio y seco.
- No se deberá impermeabilizar con viento muy fuerte, lluvia o nieve.
- No se deberá realizar la impermeabilización a temperatura inferior a:

- 5 °C con láminas de betún modificado con elastómero. LBM (SBS).

- Los encuentros con elementos verticales siempre se redondearán con una escocia o con un chaflán a $135^{\circ} \pm 10^{\circ}$

Antes de comenzar los trabajos de impermeabilización se deberán preparar los desagües e instalar las cazoletas y preparar, con los refuerzos adecuados, las juntas de dilatación, los perímetros y las esquinas y rincones.

Al ser este sistema adherido al soporte, en toda la superficie y en el perímetro y puntos singulares, debe de imprimirse la superficie. Se puede aplicar con brocha o cepillo. Una vez seca la imprimación, y antes de proceder al extendido de las láminas, se colocarán las bandas de refuerzo, de 50 cm de ancho, en las zonas correspondientes a los puntos singulares.

Posteriormente, sobre la capa de imprimación, se colocará la primera capa de láminas, tipo LO-40-FV, totalmente adherida a la base y realizando los solapos, de 8 cm como mínimo. A continuación se colocará la segunda capa de láminas, LBM-50/G-FP-150 R, totalmente adherida a la anterior en toda la superficie, y realizando los solapos, de 12 cm como mínimo, y procurando que el mástico sobresalga un poco en la zona de solapo, dando seguridad al sellado y a la unión de los mismos.

También se deberá soldar la lámina en los perímetros y puntos singulares.

La primera capa de láminas se realizará colocando las láminas en contra del sentido de la pendiente, empezando por la zona más baja de la cubierta, preferentemente en dirección perpendicular a la línea de máxima pendiente del

faldón, debiendo continuar hasta terminar una hilera, realizando solapos de 8 cm, como mínimo, en las uniones entre piezas.

Los solapos de las piezas, se harán de tal forma que ningún solapo entre piezas, de cada hilera, resulte alineado con los de las hileras contiguas.

La colocación de la segunda capa de láminas, deberá hacerse en la misma dirección, a cubrejuntas, es decir que la segunda capa deberá tener sus solapos longitudinales, aproximadamente a la mitad del ancho de la lámina anterior, realizando solapos longitudinales y transversales de al menos 12 cm de anchura.

En los elementos verticales se deberán hacer rozas, retranqueos o poner perfiles metálicos, para la entrega de la membrana impermeable, que deberán ascender 15 cm, como mínimo, por encima del punto más alto que alcance la protección. También se podrá doblar la lámina por encima de ellos. Cuando la membrana quede expuesta a la intemperie, se colocarán láminas con autoprotección, como remate de la misma.

Aplicación de la capa drenante. pesada ó ligera

A. Capa drenante pesada. grava de canto rodado

Sobre la membrana impermeable se colocará una capa separadora y antipunzonante, para recibir la capa de grava de canto rodado, de 20 cm de espesor como mínimo, y sobre ella se colocará otra capa separadora, filtrante, retenedora de finos y resistente al punzonamiento (geotextil), para evitar el paso de tierra vegetal arrastrada por el agua de riego o de lluvia, y que obstruiría la capa drenante.

En el supuesto que el espesor de la capa drenante fuese inferior a 20 cm, se deberá disponer de una capa de mortero, de al menos 3 cm de espesor, sobre la membrana.

Sobre la capa filtrante, se coloca la capa de tierra vegetal, de espesor adecuado a las plantas que se deban colocar, y que como mínimo deberá tener 30 cm.

En los perímetros la membrana impermeable sobrepasará, como mínimo 15 cm, a la capa de tierra vegetal.

B. Capa drenante ligera. placa drenante

Sobre la membrana impermeable se colocará una placa drenante. En el caso de aplicar una placa drenante sin geotextil se requerirá la posterior aplicación de un geotextil.

Sobre la placa drenante, se coloca el geotextil y a continuación la capa de tierra vegetal, de espesor adecuado a las plantas que se deban colocar, y que como mínimo deberá tener 30 cm.

En los perímetros la membrana impermeable sobrepasará, como mínimo 15 cm, a la capa de tierra vegetal.

Recomendaciones:

- Recomendamos se realice el sellado de la membrana al término de la jornada y especialmente en el caso que amenace lluvia.

- No se deberán depositar objetos encima de la membrana, tales como: bidones, tablones, picos, palas, etc., que puedan deteriorarla.

- Es recomendable hacer la prueba de estanquidad, una vez acabada la membrana.

- Se deberá realizar un mantenimiento adecuado de la cubierta. (Con posterioridad a la finalización de la obra, en los periodos previstos)

2.3.4. Sistema de cubierta integral (S.C.I.)

Solución tecnológica utilizada en cubiertas planas e inclinadas que resuelve las dos exigencias básicas de una cubierta plana, la estanquidad y el aislamiento termo-acústico. Es muy recomendable su uso en obra de rehabilitación por la rapidez y economía en su ejecución, además de cumplir con las funciones de estanquidad y aislamiento.

Es una solución constructiva con la que se obtiene una continuidad horizontal en la sucesión de las diferentes capas consecutivas de una cubierta plana utilizando como medio un adhesivo en frío entre el soporte base y el conjunto aislamiento-membrana impermeable.

Uso en cubiertas planas e inclinadas de rehabilitación, se evita la demolición del acabado.

En definitiva, es una solución innovadora, con innumerables ventajas:

- Económica
- Rapidez en la ejecución de la obra
- Seguridad

- Confort
- Eliminación de lastre
- Rehabilitación

Los tres componentes que forman el sistema de cubierta integral son:

1. Adhesivo

Adhesivo bituminoso de aplicación en frío que se emplea como elemento de unión entre el soporte base y el panel de aislamiento, además aplicado en forma continua actúa también como barrera de vapor.

La facilidad de adherencia del panel de aislante sobre un soporte resistente y de la membrana impermeabilizante sobre el panel de aislamiento evita las fijaciones mecánicas siempre costosas y de difícil ejecución haciendo del sistema de cubierta integral una solución económica eficaz y segura en el tiempo.

En cubiertas de rehabilitación inclinadas es recomendable la utilización de fijaciones mecánicas para evitar los posibles movimientos, ésta fijación debe sostener el panel aislante y fijarse al soporte resistente.

En rehabilitación resulta sencillo colocar el aislamiento sobre el viejo solado y ejecutar la impermeabilización.

2. Panel cubierta soldable

Panel rígido de alta densidad constituido por la lana de roca hidrofugada revestido por una de las caras por un complejo de oxiasfalto armado con velo de vidrio acabado con un film de polipropileno termofusible, puede también no tener revestimiento.

3. Membrana impermeable

Es el elemento que proporciona estanqueidad en las cubiertas con protección ligera se recomienda una membrana autoprotegida que sirve además como acabado al ir provista de una terminación de gránulos minerales o pizarra en la cara superior, las láminas se fabrican según norma y estarán homologadas, provistas del sello de calidad INCE y la marca AENOR.

Recomendable la utilización solo de membranas autoprotegidas de gránulos minerales, con un peso mínimo de 5 kg/m^2 en las soluciones monocapa.

2.3.5. Cubiertas ecológicas

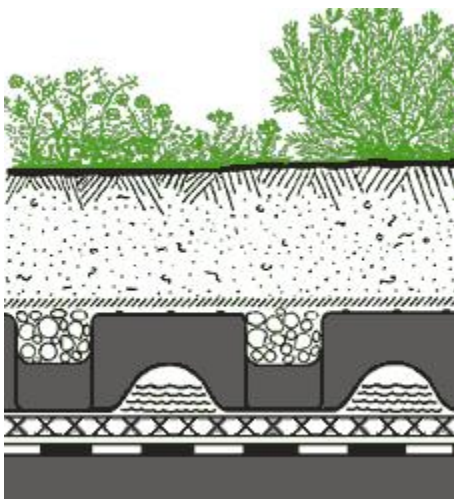


Figura 13 : Cubierta ecológica

En 1994 se inició una investigación que dio como resultado la construcción de la primera cubierta ecológica en España. Desde ese momento se han realizado modificaciones en el sustrato empleado y en las plantas empleadas, con la intención de optimizar su comportamiento, adaptándola a las condiciones climáticas que se padecen de España.

En lugar de tierra normal, se utilizan sustratos especialmente formulados para complementar la vegetación de la cubierta ecológica. Estos sustratos poseen las características naturales que proporcionaría una capa rocosa en el suelo normal, además de ser aptos para subsistir en las cubiertas en situaciones extremas (fuertes vientos, cambios bruscos de temperatura, total exposición solar, etc.).

Los sustratos se verifican para garantizar que cumplan con las normativas de la FLL (German Landscape Research, Development and Construction Society). La composición del sustrato se formula especialmente para un proyecto concreto cuando éste lo requiere. La eficacia de este tipo de sustratos está avalada desde hace muchos años por millones de metros cuadrados de cubiertas ajardinadas.

La cubierta ecológica dispone de una capa vegetal de pocos centímetros de espesor (normalmente menor de 10 cm), con plantas de bajo porte (generalmente autóctonas), con abastecimiento de agua y sustancias nutritivas por procesos naturales, es decir, que una vez instaladas y consolidadas las especies vegetales, no se somete a uso de riego ni tratamiento con agentes agroquímicos ni fertilizantes, ni se realizan cuidados manuales ni mecánicos. Las plantas son resistentes a las condiciones

ambientales externas, y después de su implantación los cuidados a proporcionar serán mínimos hasta la consolidación de las plantas, y nulos después de su consolidación.

Las ventajas ecológicas que la solución de cubierta ecológica aporta, son:

- Aumentan la esperanza de vida de la impermeabilización en más de 40 años al estar mejor protegida de los rayos UVA, del granizo y de las temperaturas extremas.
- Funcionan como aislamiento térmico reduciendo el coste de energía.
- Reducen el gasto de agua: ahorran hasta un 50% de agua ya que el agua de lluvia se almacena siguiendo un ciclo natural de evaporación.
- Aumentan el espacio utilizable y de ocio: al ser cubiertas transitables que pueden reproducir jardines, parques infantiles, zonas recreativas y deportivas.
- Restituyen el terreno natural perdido: recuperando zonas verdes que son eliminadas por la expansión progresiva de la edificación.
- Mejoran el microclima urbano: filtrando y disminuyendo el polvo del aire de la ciudad y humidificando y enfriando la temperatura ambiente.
- Reducen el nivel de ruido ya que absorben parte de la onda sonora.
- Son un hábitat natural para la fauna y flora ayudando a la reproducción y mantenimiento del sistema natural del entorno.
- Se componen de materiales reciclados de alta calidad

- Tanto el sustrato como las plantas absorben partículas y metales pesados del aire, lo que ayuda a purificar la atmosfera, cosa muy deseable en las grandes ciudades, reduciendo el efecto “ isla de calor “ en las ciudades. También se mejora la estética del edificio y el entorno natural por la absorción de CO₂.

Elementos que constituyen una *cubierta ecológica*:

1. Elemento resistente
2. Barrera de vapor
3. Formación de pendientes
4. Capa mortero de regularización
5. Imprimación asfáltica
6. Membrana impermeabilizante con productos que repelan las raíces*
7. Capa filtrante geotextil
8. Panel de fibras retenedor de agua
9. Sustrato orgánico, capa inferior de sustrato con espesor mínimo de 3cm y capa superior de rocas volcánicas de terminación con espesor mínimo de 3 cm.
10. Variedad de plantas

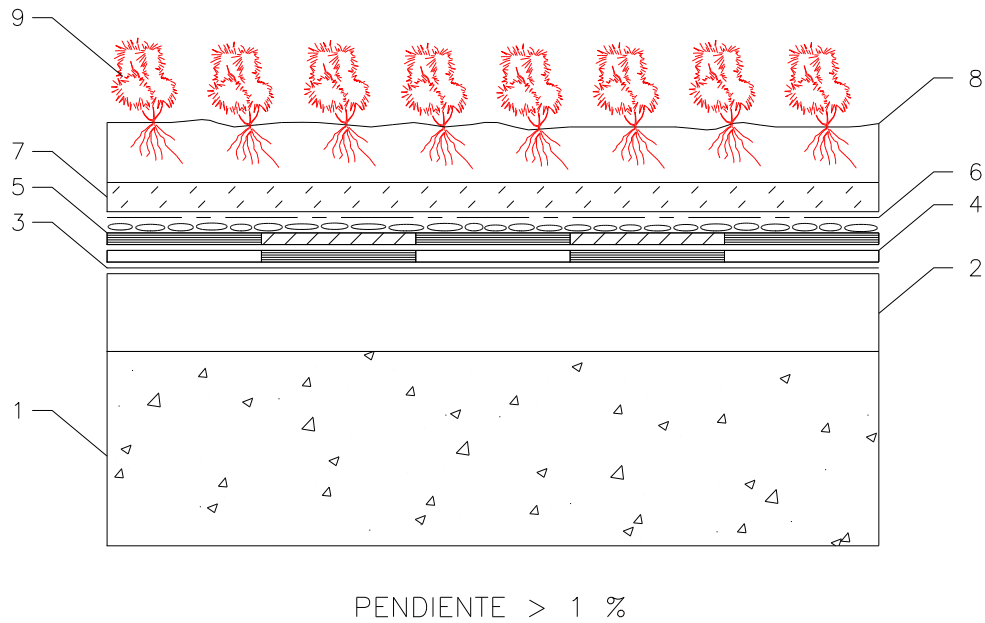


Figura 14 : Cubierta ecológica

En caso de tener que realizar pasillos para transitar durante la ejecución de la cubierta, así como en posteriores visitas, éstos se realizarán con losas filtrantes, colocándolos rodeando desagües, claraboyas y puntos singulares.

En el caso de colocar una membrana impermeabilizante que no repela las raíces, sobre la membrana se realizará una capa de mortero de 3 cm de espesor, sobre la cual se aplicarán los productos antirraíces formados por alquitrán de hulla, brea o productos químicos que repelan las raíces.

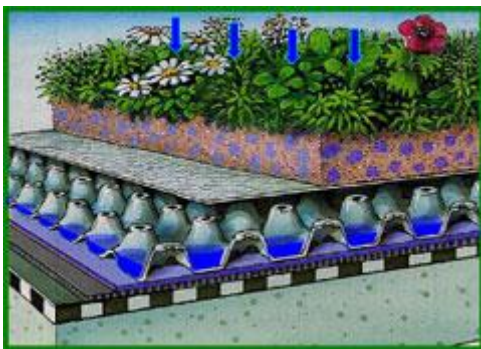


Figura 15 Retención de agua

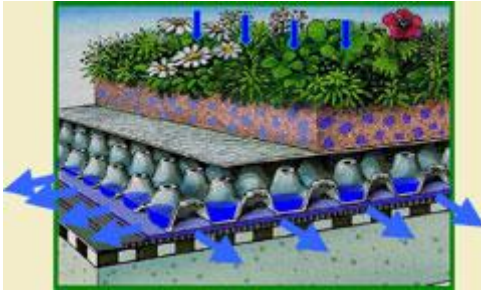


Figura 16 Drenaje sobranante

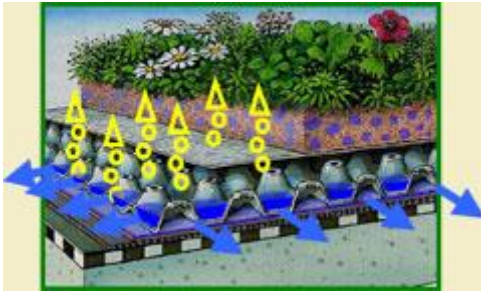


Figura 17 Oxigenación y humidificación

2.4. Nuevos materiales

Durante los últimos años los fabricantes de productos para impermeabilización no han dejado de investigar y desarrollar nuevos productos para cumplir con las necesidades técnicas que se plantean en obras y proyectos de última tecnología cumpliendo con las normativas vigentes. Producto de estas investigaciones existen en el mercado una nueva gama de materiales de alta calidad. Estos materiales se van introduciendo en el mercado de manera gradual debido a sus altas prestaciones, aunque por tratarse de productos muy innovadores no están incluidos en toda la normativa existente, contando únicamente con pruebas y ensayos llevados a cabo por los fabricantes y por los años de experiencia en obras que en algunos casos es escaso.

Fruto de estas investigaciones han salido al mercado de la construcción una serie de materiales, de entre los nuevos productos podemos destacar las membranas sintéticas monocapa y las membranas líquidas de aplicación in situ.

2.4.1. Membranas sintéticas monocapa

Estos tipos de membrana se pueden colocar:

- Con fijación mecánica

- Con protección pesada (sin fijación)
- Adherida al soporte

Membranas de PVC



Foto 17 : Membrana de PVC

Dentro de los nuevos sistemas de impermeabilización las membranas de PVC son las que más tiempo llevan en el mercado y por lo tanto tienen una mejor aceptación y su uso está más extendido.

Las membranas de PVC se usan en países europeos desde hace 40 años, lo que le da al producto unas características técnicas probadas, a diferencia de otros productos. En España este tipo de cubiertas se introdujo hace unos años y cada vez su uso está más extendido.

Este tipo de membrana por su capacidad de adaptación de colores posee una alta reflectividad contribuyendo al ahorro energético del edificio.

Entre las ventajas que tienen este tipo de membranas esta:

- Tecnología establecida en el mercado

- Disponibilidad de productos para aplicaciones en cubiertas vistas con altos requerimientos de resistencia al fuego

- Fácilmente reparable

- Posibilidad de soluciones con diseños personalizados según las necesidades del cliente

- Juntas termosoldadas de forma homogénea

- Fácil manejo en obra

- Adecuadas para su uso y exposición en diferentes condiciones climáticas

- Instalación rápida independientemente de las condiciones climáticas

- Buena permeabilidad al vapor de agua

- Elevada flexibilidad

- Instalación libre de llama

- Reciclable

Las características técnicas de este tipo de membrana están en el punto correspondiente a la guía de los distintos materiales.

Membranas de poliolefinas flexibles FPO



Foto 18 : Cubierta ejecutada con membrana de FPO

Las membranas de poliolefinas flexibles FPO, multicapa, reforzada con un velo de fibra de vidrio no tejido, que contiene estabilizadores.

Se trata de una cubierta soldable mediante aire caliente, resistente a la radiación UV, diseñada para usarse en todas las condiciones climáticas $>-50^{\circ}\text{C}$ y $<+50^{\circ}\text{C}$. Posee una alta estabilidad dimensional.

Este tipo de membrana no contiene metales pesados ni cloro por lo que se emplea en depósitos de agua potable.

Se trata de un tipo de material relativamente nuevo, con una experiencia probada de 15 años en obra pero asegurada en ensayos de laboratorio por 45 años.

Entre sus características destacan:

- Elevadas resistencias químicas
- Adecuado para aplicaciones directas sobre soportes bituminosos y aislamientos de EPS y de XPS (poliestirenos)

- Disponibilidad de productos para aplicaciones en cubiertas vistas con altos requerimientos de resistencia al fuego (Clase E)
- No contiene plastificantes (sin migración, contaminación ni decoloración)
- Larga vida de servicio
- Fácilmente reparable
- Juntas termosoldadas de forma homogénea
- Fácil manejo en obra
- Adecuado para uso y exposición en diferentes condiciones climáticas
- Instalación rápida independientemente de las condiciones climáticas
- Instalación libre de llama
- Reciclable

2.4.2. Membranas líquidas de aplicación in situ



Foto 19 : Cubierta ejecutada con membrana líquida in situ

Existen pinturas y membranas de distintos tipos en el mercado, las más novedosas que son las que vamos a ver son las de poliuretano monocomponentes y bicomponentes.

Este tipo de membrana solamente están recogidas en el DITE (Documento de Idoneidad Técnica Europeo) debido que son materiales novedosos.

Los requisitos que deben cumplirse para la ejecución de este tipo de cubiertas son:

- Necesitan una buena preparación del soporte (debería de incluirse en el proyecto)
- Evaluar el tipo de soporte
- Necesitan un almacenamiento y protección de los materiales adecuado
- Aplicación con un 4% máximo de humedad en el soporte
- Resistencia mínima a compresión será de 25 N/mm²
- Resistencia mínima al arrancado será de 1.5 N/mm²
- Aspiración previa del soporte

Las membranas líquidas poseen como ventaja la facilidad de realización de detalles de cubierta, encuentros, chimeneas, sumideros,...

Membrana líquida de poliuretano monocomponente

Son membranas de secado físico por lo que el secado es más lento, no se pueden aplicar si en las siguientes 24 horas pueden mojarse.

Son membranas resistentes a todo tipo de cubiertas, incluso ajardinadas. Posee un 13% de disolvente por lo que tienen muy poca evaporación durante el curado. Se aplica mediante capas, que deben curarse antes de la siguiente aplicación, hasta conseguir el espesor deseado.

Características de las membranas monocomponentes:

- Alta resistencia al fuego, autoextinguible una vez curado
- Se aplica sobre distintos soportes
- Realización de detalles de forma fácil y rápida con una única malla de refuerzo
- Impermeabilización continuo sin solapes
- Sin flujo de agua por debajo del sistema, ya que es un sistema totalmente adherido al soporte
- Inversión mínima en herramientas y equipos
- Procedimientos de instalación libres de llama
- Variedad de colores y diseño
- Espesor de capa mínimo 2mm
- Instalación con brocha o rodillo
- Alta resistencia a tracción
- Alta elasticidad, permite grandes movimientos térmicos

Membranas líquidas de poliuretano bicomponente

Son membranas de reacción química de dos componentes por lo que el tiempo de curado se reduce considerablemente con respecto a las

monocomponentes. El tiempo de curado en este tipo de membranas es de 3 a 20 segundos. A los 10 segundos de su aplicación es totalmente impermeable. La aplicación de estas membranas es mediante máquina aplicadora de proyección a una temperatura de 70°C. Son membranas de altas prestaciones que resisten altas tensiones y pueden usarse para tráfico rodado.

Características de las membranas bicomponentes:

- Alta resistencia al fuego, autoextinguible una vez curado
- Se aplica sobre distintos soportes
- Realización de detalles de forma fácil y rápida con una única malla de refuerzo
- Impermeabilización continuo sin solapes
- Sin flujo de agua por debajo del sistema, ya que es un sistema totalmente adherido al soporte
- Procedimientos de instalación libres de llama
- Variedad de colores y diseño
- Espesor de capa mínimo 2mm
- Instalación con máquina de proyección
- Alta resistencia a tracción
- Alta elasticidad, permite grandes movimientos térmicos

3. Análisis constructivo de las cubiertas planas

3.1. Distintas fases en la ejecución de la cubierta plana

3.1.1. Preparación de la superficie

Cuando comenzamos los trabajos en una superficie donde se va a ejecutar una cubierta, debemos de encontrar unos mínimos aceptables para que los trabajos tengan un resultado satisfactorio, así como unos rendimientos óptimos.

Estos son los puntos a tener en cuenta antes de comenzar los trabajos:

1. Debemos encontrar delimitada el área sobre la que llevaremos acabo nuestra actuación, bien con un peto perimetral completamente ejecutado o bien unas hiladas de ladrillo con la suficiente altura (según pendientes). De esta forma evitamos posibles confusiones, así como pérdidas de tiempo y económicas.

No obstante recordar que este punto pertenece al cerramiento de fachada ya que se trata que un tabiquillo divisorio o medianero y por tanto no pertenece a la ejecución de la cubierta.

2. La cubierta debe estar limpia de restos de materiales, tanto por la facilidad que supone en el trabajo, como por la seguridad que otorga al operario ya que esto supone un riesgo de accidente por caídas al mismo nivel (tropiezos), torceduras de tobillos por pisar inadecuadamente, así como por la calidad que ofrece al producto terminado.

3. Los perímetros que delimitan la cubierta deben estar limpios de restos de mortero u otros materiales, para que las juntas perimetrales puedan ejecutarse correctamente.

4. No debemos encontrar restos de armaduras (redondos que sobresalen sobre el forjado), estos deben ser cortados y protegidos previa actuación ya que principalmente suponen un gran riesgo para el trabajador.

5. La superficie debe estar correctamente barrida (limpia de polvo) sobre todo si se va a ejecutar barrera de vapor pintada mediante emulsión asfáltica, así mismo a la hora de hacer los tabiquillos de limas de pendientes pueden despegarse si la limpieza no es adecuada.

6. En cualquier cubierta es lógico encontrar chimeneas de ventilación (shunts), bancadas de aire acondicionado o cualquier otro elemento que deben estar ejecutados cuando se comiencen los trabajos en la misma.

7. En la cubierta a trabajar deberán estar perforados los agujeros de las bajantes, de esta forma evitamos que se produzcan errores a la hora de hacer las pendientes. Así mismo, si las cazoletas son de PVC, deberán estar colocadas cuando entremos en obra a trabajar, por el contrario si son de caucho se colocaran en el momento que se ejecute la impermeabilización por tanto sobrarán con la perforación del forjado.

En ambos casos se deberá estudiar minuciosamente las alturas a colocar las cazoletas para que no se produzcan puentes térmicos, ya que es donde los espesores de formación de pendientes se reducen al mínimo.

Es interesante prever la conexión de las bajantes una vez las cazoletas estén colocadas para evacuar aguas.

8. Se deben calcular las alturas y ejecutar las rozas (necesarias para

empotrar el alambor de la impermeabilización) previa actuación, de esta forma en la limpieza de la cubierta se eliminarían también estos restos.

9. Debemos ver las alturas, sobre todo cuando nos encontremos con puertas de salida a las terrazas, ya que estas deben de quedar a un nivel superior a la terminación de la cubierta para evitar que el agua pueda entrar por estas. Si nos encontramos un caso así deberán de subirse los niveles en el umbral de la puerta.

En las puertas de acceso a la cubierta, el umbral debe estar situado 15 cm, como mínimo sobre el nivel más alto de la protección de la cubierta.

Cuando las necesidades de uso del edificio no permitan la colocación de escalones, la puerta debe retranquearse al menos 1 m, y el suelo en el retranqueo debe tener una pendiente del 10 % hacia el exterior.

3.1.2. Barrera corta vapor

Se denomina barrera de vapor al elemento colocado en la cubierta que evita la difusión del vapor, bien procedente por condensaciones producida por la diferencia de temperaturas existentes o por la retención de humedades de los propios elementos que forman la cubierta.

Debe disponerse una barrera contra el paso del vapor de agua en aquellas cubiertas en las que se pretenda impedir la difusión del mismo. El elemento que se disponga como barrera contra el paso de vapor debe colocarse inmediatamente debajo de la capa de aislamiento térmico, salvo que ésta sea inalterable frente a la humedad, o en la parte más caliente de la cubierta, (lo más cercano

posible al interior de la vivienda).

- *Definición de condensación*

El aire atmosférico contiene cierta cantidad de vapor de agua que varía de una manera cíclica con los cambios estacionales o circunstanciales, dependiendo de la producción esporádica del vapor de agua.

A una temperatura determinada el aire no puede contener en estado de vapor más que una cantidad de agua inferior a un valor máximo denominado de saturación.

Cuando el aire no está saturado se caracteriza por su humedad relativa o relación entre peso o presión de vapor de agua existente y el vapor de agua saturante.

La presión de saturación será más elevada a medida que la temperatura del aire sea más alta. Una masa de aire inicialmente no saturada llevada a una temperatura más baja puede alcanzar el índice de saturación sin necesidad de ver modificada su presión de vapor de agua. A partir de este punto, parte del vapor de agua se condensará en estado líquido. La temperatura a partir de la cual se produce esta condensación se denomina punto de rocío del ambiente considerado.

Se producirá siempre el fenómeno de la condensación cuando el aire descienda su temperatura hasta un índice igual o inferior a su punto de rocío, o cuando el vapor contenido en el aire se encuentre en contacto con un cerramiento u objeto cuya temperatura sea inferior al punto de rocío.

Cabe distinguir dos tipos de condensaciones:

- *Condensación superficial*: Es la condensación que aparece en la superficie de un cerramiento o elemento constructivo, cuando su

temperatura superficial es inferior o igual al punto de rocío que está en contacto con dicha superficie.

- *Condensación intersticial*: Es la condensación que aparece en la masa interior de un muro o cerramiento como consecuencia de que el vapor de agua que lo atraviesa alcanza la presión de saturación en algún punto interior de dicha masa.

En todas las cubiertas no es necesario el ejecutar una barrera corta vapor, para ello debe hacerse un estudio de los materiales a emplear así como de las condiciones climatológicas de la zona en cuestión.

Se colocará una *barrera contra el vapor* inmediatamente por debajo del *aislante térmico* cuando, se prevea que vayan a producirse condensaciones en dicho elemento.

Existen diferentes materiales para ejecutar la barrera corta vapor. Según el tipo de material la ejecución será:

- *Mediante lámina*

El soporte debe estar limpio de polvo y grasa, seco y exento de cualquier material que pueda perforar la lámina. Así mismo el soporte debe tener una planeidad uniforme para que la lámina quede lo mejor adaptada, evitando la formación de bolsa entre esta y el soporte, que puedan ocasionar roturas en la lámina.

La lámina puede colocarse adherida o sin adherir.

- Lámina adherida al soporte
 1. Se deberá imprimir previamente el soporte mediante pintura de imprimación o emulsión asfáltica, para mejorar la adherencia de la lámina. Los materiales de imprimación deberán aplicarse mediante

brocha, cepillo o pulverizador. La aplicación se realizará por toda la superficie. Cuando la lámina sea de materiales asfálticos, los materiales de imprimación serán también de base asfáltica, cuando la lámina sea de base alquitrán la imprimación será de base alquitrán.

2. La colocación de la lámina será completamente adherida, mediante aportación de calor (con soplete) a la lámina y a la imprimación. Los solapes entre láminas serán de 8cm como mínimo y deben estar correctamente soldados formando una lámina continua. La lámina se colocará atestada a los perímetros. Las juntas estructurales deberán mantenerse con el fin de que cualquier movimiento del edificio se absorba sin rotura de la lámina.

- Lámina no adherida al soporte

1. Se extenderá la lámina sobre el soporte, con solapes de 8cm como mínimo, Creando una superficie continua.

2. La lámina se colocará atestada a los perímetros de la cubierta, se mantendrán las juntas estructurales para evitar la rotura de la lámina.

- *Mediante imprimadores*

Los imprimadores pueden ser emulsiones asfálticas o pinturas bituminosas de imprimación.

- Emulsiones asfálticas

Son productos obtenidos por la dispersión de pequeñas partículas de betún asfáltico en agua o en solución acuosa con un agente emulsionante. Además también pueden contener otros productos como materia fina mineral, caucho, etc.

La superficie del soporte estará limpia. En el caso de que existan huecos o coqueras, es conveniente regularizar previamente la superficie para asegurar un buen rendimiento del producto.

Los rendimientos dependerán de la rugosidad y capacidad absorbente del soporte. Como media se aplicará entre 1-1.5 Kg/m².

El producto se deberá agitar previamente hasta conseguir su perfecta homogeneización.

El producto se aplicará mediante brocha, cepillo, rodillo o pulverizador, nunca se verterá directamente sobre el soporte para evitar las filtraciones del producto a plantas inferiores.

No se aplicará cuando la temperatura ambiental sea inferior a los 5°C ni con lluvia.

3.1.3. Formación de pendientes

Se denomina formación de pendientes a la ejecución de cierto desnivel que garantice la evacuación de aguas hacia un punto concreto de la cubierta, coincidente generalmente con sumideros o canalones de desagüe de la misma.

La formación de pendientes se realiza sobre la cara superior del último forjado, donde se va a ejecutar la cubierta y sobre la barrera de vapor si es el caso. En algún caso la pendiente se puede dar con el propio forjado aunque serían casos aislados.

- *Formación de limas*

La formación de pendientes está formada por la ejecución de unas limas realizadas mediante fábrica de ladrillo, las cuales le confieren el desnivel a la

cubierta, y que posteriormente son rellenadas mediante algún material que sigue la pendiente marcada.

Los materiales que se emplean como relleno de limas y soporte de la impermeabilización tienen que ser ligeros, de poco peso y de gran resistencia.

Entre otros pueden utilizarse:

- Hormigón celular.
- Morteros de áridos ligeros
- Arcilla expandida.
- Mortero de cemento.

Las limas de pendientes pueden ejecutarse continuas o discontinuas, según sea el caso y tal como se detalla en el cuadro siguiente:

Limas mediante tabiquillos discontinuos:

- Hormigón celular.
- Hormigón de áridos ligeros.
- Arcillas expandidas (aglomeradas)

Limas mediante tabiquillos continuos:

- Arcillas expandidas. (sin aglomerar)
- Mortero.
- Cubierta ventilada.

También se ejecutarán limas continuas cuando estas se realicen sobre capa de aislante térmico, como placas de poliestireno extruido.

Para la ejecución de las limas también será necesario utilizar un material elástico, normalmente poliestireno expandido (porexpan), fibra de vidrio,... etc,

el cual se utilizará en la unión con elementos verticales, como son antepechos, chimeneas, en juntas de dilatación y en todo encuentro donde se prevean presiones por dilataciones.

- Delimitación de la cubierta

La delimitación de paños en cubiertas viene condicionada por el uso de la misma, por tanto deberemos conocer si se trata de una cubierta transitable o no transitable.

Transitables: La distancia entre juntas no será mayor a 5 m (paños de 25 m²)

No transitable: La distancia entre juntas será como máximo de 10 m

(paños de 100 m²)

(según recomienda la NTE-Cubiertas)

De esta forma nos aseguramos que la cubierta evacuará correctamente, atendiendo a la superficie del paño y al diámetro del tubo de evacuación, el cual debe ser calculado correctamente según esta indicación.

Por otra parte, siguiendo estas medidas garantizaremos que los empujes por los materiales elásticos previstos en juntas y perímetros.

- Cálculo de pendientes

Las pendientes deberán cumplir, según sea o no transitable y según el sistema de impermeabilización:

Uso	Transitable		No Transitable		No Transitable	
Protección	Pesada		Pesada		Ligera	
Pendiente %	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Sist. Adherido	1	5	1	10	3	20
Sist. Semiadherido	*	*	*	*	3	20
Sist. No adherido	1	5	1	5	*	*
Sist. Clavado	*	*	*	15	15	100

Tabla 6 Pendientes de las cubiertas planas según su ejecución

Las pendientes deberán estar comprendidas entre los valores anteriormente indicados, de forma que la distancia mas alejada de la cazoleta cumpla la pendiente mínima y el punto más cercano no sobrepase la pendiente máxima.

Una forma rápida de poder calcular las alturas a ejecutar es la siguiente:

1% de pendiente.....cada metro subimos 1 cm

3% de pendiente.....cada metro subimos 3 cm

Por tanto si la distancia desde la cazoleta al punto más alejado son 5m, a una pendiente del 1% nos debemos subir 5 cm en el perímetro, más la altura a la que esté colocada la cazoleta, si calculamos que está colocada a unos 10 cm de altura en total tendremos 15 cm de altura.

La altura perimetral se mantendrá en todo el perímetro del paño y si es posible en el de toda la cubierta, de esta forma todo el perímetro se mantendrá a una misma altura.

Las alturas se tomaran a partir del nivel de acabado del peto en el caso de que este ya ejecutado, o tomando siempre puntos de referencia con un nivel correcto. No se deberán marcar las alturas tomando como referencia la cara superior del forjado ya que en pocas ocasiones este presenta una superficie

regular.

El replanteo de paños debe estar claramente definido contando en cada paño con un punto de evacuación como mínimo, el cual debe quedar señalado y ejecutado su perforación e incluso colocada la cazoleta en el caso correspondiente. (cazoletas de PVC)

- Juntas de dilatación

Siempre se mantendrán las juntas estructurales del edificio, por tanto si nos encontramos con una, se respetará en la ejecución de la cubierta.

Los perímetros y encuentros con paramentos verticales deben ejecutarse con junta de dilatación perimetral continua, evitando así la rotura del peto por empujes y dilataciones de los materiales.

Las limas coincidentes entre paños se ejecutaran dobles y con material elástico, entre limas, creando una junta de dilatación entre paños.

Las juntas deben realizarse con una separación de unos 4 cm, que se rellenará con una tira de poliestireno expandido u otro material elástico.

Para que la ejecución sea correcta en la ejecución de los tabiquillos se deberá colocar al tajo el material elástico (poliestireno expandido) evitando de esta forma que el mortero de la realización de la fábrica rellene la junta. Posteriormente este material se retirará durante la ejecución de la impermeabilización.

Las tiras de poliestireno expandido deberán cortarse rectas con ayuda de un regle, de forma que queden atestadas correctamente sobre el forjado y con una altura suficiente para que sobresalgan sobre los niveles marcados un par de centímetros.

Estos puntos deberán mantenerse tanto en la formación de limas

continuas como discontinuas.

- Ejecución de tabiquillos

La ejecución de limas mediante tabiquillos puede ser de dos formas: Continuos y discontinuos. Cuando se realicen con tabiquillos discontinuos, la separación entre ladrillos será de 50-80 cm, en toques de 50 cm. No se deben realizar toques de un solo ladrillo ya que no adquieren una resistencia adecuada. Es muy importante que el material elástico que se coloca en la junta perimetral este bien ejecutado, mediante un corte recto y uniforme. Se debe colocar cuando se realizan los toques y no posteriormente. El mortero de los toques puede sobresalir por la parte posterior e impedir que el material de junta rellene totalmente la junta.

- Relleno de pendientes

Entre otros pueden utilizarse:

Hormigón celular:

Se trata de un Hormigón de estructura porosa que se obtiene al introducir burbujas de gas dentro de una mezcla fluida de cemento, un agente espumante y agua, para producir un material de poca densidad.

Cuando la impermeabilización no sea adherida, su resistencia a compresión debe ser mayor de 0,2 Mpa (2Kp/cm²). El material de pendiente tiene que ser compatible con la impermeabilización. Cuando esta vaya adherida al soporte, o no tenga la resistencia mecánica adecuada, o no sea compatible la lámina con el soporte, se rematará la superficie con una capa de mortero de cemento o de hormigón (HM-10-10), cuyo espesor estará

comprendido entre 1,5 y 2 cm y cuya dosificación será de 250 Kg/m³. (El consumo de cemento es de 300 Kg/m³).

Se debe regar previamente a su ejecución el forjado resistente, para evitar una pérdida de agua en su curado.

No se deberá realizar la formación de pendientes con hormigón celular en tiempo lluvioso, por alterarse su dosificación en caso de lluvia y ser un material que retiene el agua durante mucho tiempo.

Mortero de áridos ligeros:

Su resistencia a compresión tiene que ser mayor de 0,2 Mpa (2 Kp/cm²).

En caso contrario, se prepara la superficie con una capa de mortero de cemento de regularización de espesor 1,5 a 2 cm, cuya dosificación sea 250 Kg/m³. Estos morteros deben estar exentos de irregularidades que dañen la membrana. Para ello se procura que el árido sea fino, que el mortero no suelte áridos y que no fisure por retracción o acciones térmicas.

Entre otros áridos se puede utilizar bolas de poliestireno expandido.

- El hormigón será predosificado en fábrica y suministrado a obras en sacos cerrados y estancos.
- Los sacos deberán llevar marcada la fecha de fabricación del cemento y su tiempo de utilización no será superior a 90 días a partir de la fabricación del mismo.
- No se admitirán sacos rotos con anterioridad al amasado en obra.
- El almacenamiento se realizará en local cubierto y seco, poniéndose especial cuidado en los acarrees y acopios.

- El amasado en obra se realizará siempre por sacos completos y no parte de un saco, ya que la mezcla no será homogénea.
- La cantidad de agua de amasado será de ocho litros por saco.
- El tiempo de amasado será de cuatro minutos.

Se debe regar previamente a su ejecución el forjado resistente, para evitar una pérdida de agua en su curado.

No se deberá realizar la formación de pendientes con hormigón de áridos ligeros en tiempo lluvioso, por alterarse su dosificación en caso de lluvia y ser un material que retiene el agua durante mucho tiempo.

Arcilla expandida:

Los faldones realizados con este material deben cubrirse con una capa de mortero de 3 cm de espesor, pero si va aglomerada con cemento, el espesor puede reducirse a 2 cm.

Si se realiza aglomerado, la ejecución será la siguiente:

- La fabricación se realizará en una hormigonera de tipo cicloidal.
- El agua necesaria se colocará en la hormigonera en dos fases: el agua eficaz y el agua retenida por los poros de los áridos, la cual en este tipo de material puede considerarse aproximadamente que representa el 6% del volumen, equivalente en mezclas y materiales normales a 35 l/m³.
- En primer lugar, se verterá en la hormigonera el árido con unas $\frac{3}{4}$ partes del agua, dejando girar la hormigonera durante 3 minutos; a continuación se añadirá el cemento dejando girar el conjunto 1 minuto

aproximadamente, añadiendo lentamente el $\frac{1}{4}$ de agua restante para que no se lave el cemento adherido a los áridos ligeros.

- El tiempo total de amasado no será menor de 5 minutos.
- La dosificación recomendada para 1 m³ es de :
 - Cemento.....120-150 Kg
 - Arido ligero.....1000 litros
 - Agua.....80-140 litros
- La elevación del material a cubierta se realizará por medio de bombas neumáticas colocadoras de mortero (no con bombas de hormigón) o por medio de grúas y cubos.

Hormigón en masa de baja resistencia:

La superficie de terminación del hormigón en masa, deberá reunir las condiciones exigidas para la capa de mortero de regularización.

Se tomarán las precauciones necesarias para evitar fisuraciones por retracción, tensiones higrotérmicas, etc.

Se utilizará un mortero M-40 de árido fino para la ejecución, siendo este método recomendable para ejecución de pendientes con poco espesor medio.

Se debe regar previamente a su ejecución el forjado resistente, para evitar una pérdida de agua en su curado.

No se deberá realizar la formación de pendientes con mortero de cemento en tiempo lluvioso, por alterarse su dosificación en caso de lluvia y ser un material que retiene el agua durante mucho tiempo.

Cubierta ventilada: (doble hoja)

Mediante bardos apoyados sobre los tabiquillos.

La ejecución será la siguiente:

1º se realizarán las limas de formación de pendientes, las cuales se realizarán con tabiquillo conejero, con el fin de que el aire tenga circulación.

2º se realizarán siguiendo la pendiente marcada tabiquillos paralelos al perímetro de cubierta y separados entre si 50 cm, los cuales deben dejar circular el aire entre ellos.

3º se colocarán bardos sobre estos tabiquillos con el fin de cubrir la superficie de la cubierta.

En este sistema hay que hacer hincapié en que es importante el mantener abiertas las entradas y salidas de aire para que la cubierta pueda ventilarse.

Resumen de la ejecución completa:

1º Se replantean las limahoyas, limatesas, las juntas longitudinales, transversales y perimetrales, y los puntos de evacuación. Esta parte corresponde a la dirección de obra ejecutarla.

2º Se realizan las juntas de dilatación tanto perimetrales como entre paños, colocando un elemento elástico.

3º Se ejecutan las maestras sobre las líneas de replanteo para poder verter el material y así darle la pendiente necesaria.

4º Vertido del material de relleno, según se ha indicado en cada caso en los puntos anteriores.

5º La superficie de terminación estará seca, limpia de polvo , uniforme , lisa y exenta de cuerpos extraños.

3.1.4. Aislamiento térmico

Es el elemento que, tal y como dice la norma tiene por objeto limitar el intercambio térmico entre el interior y el exterior.

La ubicación puede variar según la solución constructiva adoptada, bien en la parte superior de la cubierta (cubierta invertida) o bien en la cara superior del forjado (cubierta tradicional).

Los materiales utilizados como aislantes los podemos reunir en tres grades grupos:

- *Cámara de aire*

Es el aislante más antiguo en la cubierta, pensado en un elemento diferente al soporte. El aire calentado por el sol, se mueve por la propia corriente de convección que él mismo genera, dejando lugar al más fresco y protegiendo así las estancias inferiores. Estas cámaras las encontramos como buhardillas, solanas, porches.... y en las cubiertas con cámara ventilada.

Poco a poco van desapareciendo estas cámaras de aire ventiladas, bien por cambios o bien porque comienzan a surgir nuevos materiales que mejoran mucho el aislamiento térmico.

- Planchas prefabricadas:

Los materiales aislantes más usuales conformados en planchas son:

- a- Aglomerados vegetales como corcho, fibras de madera, fibra de coco, fibra de papel.(Poco usadas)
- b- Fibra de vidrio.
- c- Lana mineral.
- d- Espuma de poliestireno expandido.
- e- Espuma de poliestireno extrusionado.
- f- Espuma de poliuretano conformado.
- g- Espuma de poliisocianurato.
- h- Vidrio celular.
- Proyecciones:

Son productos minerales y sintéticos que se aplican proyectados. La rapidez de aplicación, la gran adherencia al soporte que manifiestan y la continuidad que ofrece al aislamiento evitando gran parte de puentes térmicos a producido una gran aceptación en el mercado.

3.1.5. Impermeabilización

Los sistemas de impermeabilización desde el punto de vista de la unión al soporte pueden ser:

-Adherido (A):

Cuando todas las capas que constituyen la impermeabilización se adhieren tanto entre sí como al soporte. Previamente sobre éste se da una imprimación, excepto cuando la primera capa de la impermeabilización se realice in situ. Este sistema se emplea cuando se quiere evitar el deslizamiento

de la membrana en pendientes superiores al 5%, o en el empleo de cubiertas con pavimentos fijos, así como en cubiertas ajardinadas.

-Semiadherido (A):

La impermeabilización se une al soporte en una extensión comprendida entre el 15 y el 50% de la superficie. La adherencia de la impermeabilización al soporte se consigue a través de las perforaciones de la primera lámina al colocarla sobre una capa de imprimación, que se dispone sobre el soporte. En las láminas sintéticas se puede conseguir fijando mecánicamente a lo largo de las bandas de solape. En el caso de los impermeabilizantes in situ se interpone sobre el soporte una capa auxiliar de independencia con perforaciones. Esta capa se elimina en el encuentro con los puntos singulares, donde tiene que quedar siempre adherida.

-No adherido (N):

Se emplea cuando se quiere asegurar la independencia de la membrana al soporte y mejorar así la absorción de movimientos estructurales. La impermeabilización se coloca sobre el soporte base sin unirla al mismo, salvo en puntos singulares tales como juntas, desagües, petos, borde, etc, y en el perímetro de elementos sobresalientes de la cubierta tales como chimeneas, claraboyas, mástiles etc. Para conseguir la independencia de la impermeabilización con respecto al soporte una capa de desolidarización continua. Esta capa se elimina en el encuentro con los puntos singulares. En estos tiene que quedar adherida. Los sistemas no adheridos requieren capas de protección pesada para evitar la succión del viento, cubiertas con paramentos flotantes o protección de grava.

-Fijado mecánicamente (F):

La impermeabilización se sujeta al soporte mediante fijaciones mecánicas (puntas). Este tipo normalmente se realiza en cubiertas inclinadas con cobertura de placas asfálticas o con pendientes mayores de 15% por lo que no es habitual en el tipo de cubierta que nos ocupa.

Elección del tipo de membrana a utilizar

La elección entre una membrana bituminosa monocapa y una bicapa se fundamenta en criterios de ejecución y seguridad. Cuando se desea sencillez y rapidez de ejecución se emplean las primeras y cuando se precisa un mayor nivel de seguridad, se utilizan la bicapa.

Las siguientes observaciones pueden ilustrar mejor las prestaciones que aportan las láminas de betún modificado respecto a las de oxiasfalto:

- No se admite la membrana monocapa con láminas de oxiasfalto, ntienen que ser bicapas.
- En general se exige mayor masa para una bicapa a base exclusivamente de láminas de oxiasfalto que para una bicapa a base de lámina de betún modificado.
- Para membranas que incluyen láminas de oxiasfalto no se admiten pendientes menores que el 1%. A medida que disminuye la pendiente se limita la utilización de membranas a base de estas láminas.

Ejecución de la impermeabilización mediante láminas bituminosas

- Condiciones generales de puesta en obra

No deben realizarse trabajos de impermeabilización cuando las condiciones climatológicas puedan resultar perjudiciales, en particular cuando esté nevando o exista nieve o hielo sobre la cubierta, cuando llueva o la cubierta esté mojada, o cuando sople viento fuerte. Tampoco deben realizarse trabajos cuando la temperatura ambiente sea menor que:

- a) 5°C para láminas de oxiasfalto
- b) 0°C para láminas de oxiasfalto modificado
- c) -5°C para láminas de betún modificado.

Antes de comenzar o reanudar los trabajos de impermeabilización, debe comprobarse si el soporte base reúne las condiciones necesarias señaladas en el apartado del soporte de la impermeabilización, en caso contrario, debe esperarse el tiempo necesario o proceder a su adecuación. Las interrupciones en la ejecución de la cubierta deben hacerse de forma tal que no se deterioren los materiales componentes de la misma.

-Ejecución de la impermeabilización

Aplicación de la capa de imprimación

Sólo será necesario cuando la impermeabilización se ejecute adherida o semiadherida.

Cuando la impermeabilización esté constituida por materiales a base de asfalto, los materiales de imprimación deben ser de base asfalto, y cuando esté constituida por materiales a base de alquitrán, la imprimación debe ser base alquitrán.

Los materiales de imprimación deben aplicarse mediante brocha, cepillo o pulverizador. La aplicación debe realizarse en todas las zonas de las que la impermeabilización debe adherirse y en las zonas de los remates.

Como anteriormente se ha nombrado, la impermeabilización puede colocarse adherida, semiadherida o no adherida, siguiendo en cada caso las indicaciones marcadas:

a-Adherida:

Deberá imprimirse previamente el soporte base y a continuación, deben soldarse totalmente la lámina con la imprimación base.

b-Semiadherida:

La imprimación deberá realizarse en aproximadamente entre el 15 y el 30% de la superficie, soldando la lámina a esta proporción.

c-No adherida:

La lámina debe soldarse solamente en los solapos y no al soporte.

Colocación de la impermeabilización

La impermeabilización siempre se comenzará por los puntos más bajos de cada paño, los puntos de desagüe, para continuar en sentido ascendente

hasta las limatesas, y siempre la colocación de los solapes entre láminas debe realizarse en sentido perpendicular a la línea de máxima pendiente.

La membrana impermeabilizante puede estar formada por un sistema monocapa (sólo interviene una capa de impermeabilización) o por un sistema multicapa (intervienen varias láminas como formación de la membrana).

Según la solución adoptada estas son las formas y recomendaciones en su colocación:

a-Monocapa:

En cada faldón las láminas de cada capa de impermeabilización deben empezar a colocarse por la parte más baja del mismo, preferentemente en dirección perpendicular a la línea de máxima pendiente del faldón.

Por tanto se comenzará la impermeabilización por las cazoletas, ya que estas son el punto más bajo de cada paño.

La impermeabilización debe continuarse hasta terminar una hilera, realizando solapos de 8 cm como mínimo en las uniones entre piezas. Debe continuarse colocando nuevas hileras en sentido ascendente g, de manera tal que cada hilera solape sobre la anterior 8 cm, como mínimo.

La colocación de las piezas debe realizarse de tal forma que ninguna junta entre piezas de cada hilera resulte alineada con las de las hileras contiguas.

Cuando la pendiente del faldón sea mayor que el 10%, las láminas pueden colocarse en dirección paralela a la línea de máxima pendiente.

Cuando la pendiente sea mayor que el 15%, como sucede en el caso de refuerzo de placas asfálticas, las láminas deben fijarse mecánicamente para evitar su descuelgue.

b-Multicapa:

La colocación de las láminas puede hacerse de las formas siguientes: normal y con doble solapo.

Colocación normal:

Cuando la impermeabilización sea bicapa (dos capas de láminas), las láminas de la segunda capa deben tener sus solapos de tal manera que queden desplazados con respecto a los de la primera, en la dirección de la línea de máxima pendiente, como mínimo la mitad del ancho de la lámina, menos el ancho del solapo. En consecuencia, el ancho de la primera hilera de la segunda capa debe ser la mitad del ancho del rollo.

Cuando la impermeabilización sea tricapa (tres capas de láminas), los solapos de las láminas de las capas segunda y tercera deben quedar desplazados con respecto a los de la capa situada inmediatamente debajo de cada una de ellas, en el sentido descendente de la línea de máxima pendiente, un tercio del ancho de la lámina. En consecuencia, el ancho de la primera hilera de la segunda capa debe ser $2/3$ del ancho del rollo, y el ancho de la primera hilera de la tercera capa debe ser $1/3$ del ancho del rollo.

En ambos casos, el solapo entre las láminas debe ser 8cm como mínimo.

Ejecución de la impermeabilización mediante láminas sintéticas

Mediante láminas de policloruro de vinilo plastificado (PVC)

-Condiciones generales de puesta en obra

Las láminas deberán presentar una superficie uniforme y estar libres de defectos tales como arrugas, burbujas, grietas o similares. Los rollos de material, extendidos sobre una superficie plana, han de tener una anchura uniforme y los bordes han de quedar de manera que en una longitud de 10 m, no se presentará una desviación superior a 5 cm en relación con la línea recta.

Las láminas deben ser estancas al agua y deben poder soldarse de forma homogénea por los procedimientos habituales, tales como aire caliente, alta frecuencia, disolventes etc.

A la hora de la ejecución se deberá cumplir para que la impermeabilización tenga un resultado satisfactorio:

- El soporte estará limpio y exento de elementos o sustancias incompatibles, así como de irregularidades.
- Nunca podrá estar en contacto la lámina de PVC, con el asfalto o con el poliestireno ya que son incompatibles.
- Se utilizarán geotextiles (tejidos o no tejidos) de polipropileno o poliéster, como capa separadora o de protección de la membrana.
- Se prestará especial cuidado al estado de la lámina entre trabajo y trabajo, dejando lastres ante la previsión de incidentes.

-Ejecución de la impermeabilización

Soldadura entre láminas

Cuando la membrana sea de intemperie se colocará con el lado de color más claro hacia el exterior, ya que esta cara es la que está preparada para soportar los agentes exógenos, en sentido perpendicular a la línea de máxima pendiente de la cubierta.

El anclaje al soporte estructural debe realizarse mediante fijación mecánica. La unión entre láminas, se realizará mediante:

Unión con adhesivo

Se aplicará con un pincel en ambas caras del solape, dejándolo secar, varios minutos, hasta la evaporación total del disolvente. Posteriormente, se presionarán las uniones mediante un rodillo.

Unión con disolvente

Sobre superficies limpias y secas, se aplicará simultáneamente con una brocha una capa de disolvente, posteriormente se presionarán las uniones mediante rodillo.

Soldadura de aire caliente

Sobre la superficie limpia y seca, se aplicará un chorro de aire caliente aportado por una máquina electro-soplante que funde el material de ambas caras del solapo. Inmediatamente después se presionará la soldadura mediante un rodillo de silicona.

Soldadura por cuña caliente

Se realizará sobre superficies limpias y secas, donde la soldadura se lleva a cabo mediante un aparato cuyo vástago final transmite por contacto la temperatura par unir los solapos entre láminas, al tiempo que presiona uniformemente con un rodillo.

Los solapos de las membranas deben tener por lo menos 5 cm de ancho, con una soldadura mínima de 4 cm.

Las superficies de las membranas a soldar deben estar limpias y libres de sustancias extrañas. La limpieza se efectuará con un paño de algodón y disolvente. Deben evitarse en la medida de lo posible los solapes a T, y la superposición de más de tres membranas en el mismo punto.

Una vez que las superficies de las láminas que vayan a estar en contacto estén limpias y secas, se procederá a la unión (soldadura). Los solapes, inmediatamente después de la soldadura se presionaran uniformemente con un rodillo de silicona para obtener una unión homogénea.

La realización de las uniones puede resultar perjudicada a causa de condiciones medioambientales adversas, por lo que una vez concluida la unión deberá hacerse un riguroso control de la misma.

Cuando la superficie se haya enfriado, deben verificarse las soldaduras óptimamente y manualmente.

Mediante láminas de etileno – propileno – dieno – monómero (EPDM)

La membrana de caucho EPDM es una membrana monocapa vulcanizada al 100% para impermeabilizar cubiertas. Elaborada a base de un Terpolímero con Etileno, y Propileno Dieno. Según las dimensiones de la cubierta el sistema de impermeabilización puede ser de una sola pieza, sin juntas de unión. En el resto de casos las uniones pueden realizarse a base de adhesivos de reticulación o con bandas.

-Condiciones generales de puesta en obra

Las membranas han de ser compatibles con el resto de productos utilizados en la ejecución de la cubierta. Dependiendo de esta condición se puede escoger uno de los sistemas impermeabilizantes siguientes:

- Sistema lastrado.
- Sistema totalmente adherido.
- Sistema de anclaje mecánico.
- Sistema de cubierta invertida.
- Sistema armado.

Para la instalación de un sistema impermeabilizante mediante el uso de este tipo de lámina requiere las siguientes condiciones:

-Se requiere un tiempo seco.

-En condiciones ambientales frías, (por debajo de los 10°C) y cuando se han de utilizar adhesivos, sellantes o imprimadores, se deben de tomar las siguientes precauciones:

- Comenzar a trabajar con el adhesivo, sellante e imprimación a temperatura ambiente (15-25°C). El empleo de cajas aisladas y calentadas puede ser una ventaja.
- Realizar un ensayo con el adhesivo para calcular el tiempo de secado.
- Ciertas combinaciones de temperatura y humedad pueden provocar condensaciones de temperatura que se forman en la superficie del producto. Si se diera el caso, hay que esperar hasta que mejoren las condiciones ambientales.

-La instalación y posicionamiento de las mantas grandes de caucho pueden ser dificultosas en tiempo ventoso. Hay que procurar que el viento no se introduzca debajo de la membrana durante la instalación. Se puede utilizar un lastrado provisional para mantener la membrana en el sitio hasta el final de la operación.

-Ejecución de la impermeabilización

Previo a la ejecución se deben comprobar algunos puntos de la cubierta para que el resultado sea el óptimo, como:

- Revisar la cubierta por si hay algunos puntos defectuosos u objetos cortantes.
- La estructura de la cubierta debe ser lo suficientemente estable como para soportar las cargas temporales de instalación.
- El sustrato ha de estar limpio, liso, seco y sin asperezas, libre de cuerpos extraños, aceites, grasas o cualquier material que pueda dañar la membrana.

- Inspeccionar la envoltura y el rolo de caucho EPDM antes y durante la instalación.

Para la ejecución se tendrán presente los siguientes aspectos:

- Se dejará suficiente material para las uniones y los anclajes perimetrales.
- Se deberá dejar una porción holgada de membrana en los perímetros de la cubierta y elementos singulares.
- La membrana deberá ser posicionada sin tensiones.
- Antes de empezar a realizar las uniones o los anclajes, dejar que cada manta descansa unos 30 minutos. En condiciones atmosféricas frías se requiere un periodo mas largo de asentamiento.
- Los cortes deben realizarse limpios y rectos utilizando marcadores y tijeras.
- La altura de la impermeabilización debe ser superior al nivel que podría alcanzar el agua en el caso de que se atasquen los desagües o que la pendiente fuera insuficiente.
- Será conveniente prever una altura mínima de 150 mm en todas las entregas de la impermeabilización. Cuando una entrega sea igual o menor a 130 mm será preciso utilizar una barra de anclaje final.
- Si se utiliza un acabado sobrepuesto a la superficie, se debe asegurar que este acabado queda sellado contra el soporte de forma continua y que la superficie por debajo de la entrega sea totalmente estanca.

3.1.6. Capas separadoras

Denominamos capas separadoras los productos que se interponen entre los otros componentes de la cubierta para mantener la durabilidad y eficacia del sistema.

La ubicación puede variar según la solución adoptada, siendo lo más común la colocación de estos entre capas de distintos materiales.

Se deberá utilizar capas separadoras en los siguientes casos:

- Evitar la adherencia entre componentes, como aislamiento y membrana.
- Separar el aislamiento térmico de su protección en cubiertas invertidas con canto rodado para facilitar la intervención y no permitir la desprotección del aislante frente a los rayos U.V.
- Separar los diferentes materiales para que tengan libre movimiento con cambios de temperatura.
- Separar los materiales incompatibles, como PVC con poliestireno extrusionado, o el asfalto con morteros de cal.
- Proteger de la erosión mecánica a la membrana impermeable, como punzonamientos.
- Hacer de elemento filtrante en cubiertas ajardinadas para no obstruir la capa drenante.
- Reforzar la protección al fuego.

Los materiales utilizados para capas separadoras pueden ser:

- Film de plástico.
- Tejidos no tejidos como geotextiles.
- Fielros bituminosos.
- Fielros de fibra de vidrio

- Filtros de poliéster.
- Capa de mortero de 2 cm.

Se emplean para evitar la adherencia entre algunos de los otros componentes de la cubierta, permitir los movimientos diferenciales entre ellos, separar el aislamiento térmico de la protección, proporcionar protección física y química entre distintos materiales que sean incompatibles y actuar como filtrante en cubiertas ajardinadas.

3.1.7. Protección y acabados

La protección o acabado de la cubierta es un elemento fundamental para la estabilidad y durabilidad del sistema impermeable, es la protección de la membrana. Evita la degradación por los agentes atmosféricos como los rayos U.V., las variaciones de temperatura y el viento que envejecen y degradan la membrana. También protege de las posibles erosiones mecánicas por el uso.

La protección o en su caso la capa de acabado debe ser ejecutada sobre la capa impermeabilizante o sobre capa de aislamiento en caso de cubiertas invertidas.

Principalmente tiene la misión de evitar la flotabilidad del aislante (cubiertas invertidas) y proteger a la capa aislante de la radiación ultra violeta y de la acción del viento.

Tanto la impermeabilización como los materiales aislantes térmicos necesitan una protección y / o acabado para no ser atacados por los raios ultra violetas. Además corren el riesgo de ser succionados por el viento, ya que presentan gran superficie y relativo poco peso y en muchos casos no se

adhieren al soporte. Por eso es necesaria una capa de protección.

El tipo de protección depende principalmente del uso que vaya a tener la cubierta:

Uso	Protección
Para cubiertas no transitables	- Grava
Cubiertas transitables	- losa filtrante - Placas flotantes
Cubiertas ajardinadas	- Tierra
Cubierta inundada	- Agua
Cubierta tránsito rodado	- Capa de rodadura

Tabla 7: Protección superior según tipo de cubierta

En función del uso y del tipo de protección se establecen las pendientes recomendadas en % en la tabla 8:

Transitable	Peatones	Pavim. Fijo	1	5	3
		Pavim.	1	5	3
s	Vehículos	Capa			-
		No transitables	Grava	1	5
		Lámina	1	15	-

Tabla 8

Tipos de materiales de protección:

Gravas

- Se utilizan para cubiertas no transitables, únicamente son visitables a efectos de mantenimiento o reparación. La pendiente tiene que ser menor del 5 % para que no se desplace, aunque es más conveniente que esté comprendida entre el 1 y el 3% (se aconseja 1,5%). Las características que debe reunir este tipo de protección son:

- a- Debe ser de canto rodado.
- b- Debe estar limpia y carecer de sustancias extrañas.
- c- El diámetro de la grava debe estar comprendido entre 16 y 32 mm. Ni tan pequeña que pueda escaparse por los puntos de desagüe ni tan grande que haga difícil su colocación y extendido.
- d- El espesor mínimo de la capa debe de ser 5 cm.

En las cubiertas con protección de gravas es necesario:

- Colocar una capa separadora entre ésta y el aislamiento, que puede ser un fieltro sintético, para impedir que se deteriore el aislamiento térmico por el paso de áridos finos.
- Prever pasillos de mantenimiento en las zonas de mayor tránsito

Además, según CTE-DB-HS1, apartado 11.3.4: “se tendrá en cuenta el lastre de grava adecuado en función de las diferentes zonas de exposición en la cubierta”. El peso del canto rodado será el que se recoge en la tabla siguiente, en función de la altura del edificio y de la zona de la cubierta ya que los petos de una cubierta influyen en la intensidad de las succiones producidas por el viento.

Losa ligera

Las propias placas del aislamiento de poliestireno extruido llevan incorporada una capa de 10 mm de mortero como protección contra el viento y los rayos ultravioletas. Por tanto, tienen la misión de aislamiento térmico y de protección, pero su uso es para cubiertas no transitables.

Son apropiadas para rehabilitación de edificios ya que el peso de las placas es de 25 kg/m², por lo que aligeran la carga de la cubierta.

Sin embargo, debe asegurarse la estabilidad de las placas frente a la

succión del viento dejando juntas entre ellas, y en caso necesario, se deben lastrar en el perímetro y en las esquinas.

Es de fácil ejecución y proporciona un acabado adecuado para las labores de mantenimiento.

Losa filtrante

Existen placas similares a las losas ligeras, pero que pueden ser utilizadas en cubiertas transitables. En este caso el espesor de la capa de mortero superior es de 4 cm y se trata de un hormigón poroso de alta resistencia que absorbe el agua de lluvia para desplazarla a través de las juntas de las placas a la membrana impermeable y a los desagües.

La capacidad de almacenamiento de agua de la losa filtrante es de 15 l/m² y la permeabilidad del hormigón de la losa es de 18 l/s y m², lo que supone 6,5 l/s por una sola losa. Aunque se recomienda utilizar las mayores dimensiones de losas, superar los 60 x 60 cm dificulta la colocación de las placas por un solo operario.

Placas flotantes

Se emplean para cubiertas transitables donde las piezas de protección se colocan sobre plots o distanciadores que dejan las juntas abiertas, a través de las cuales se filtra el agua. Con este sistema se consigue una cámara de aire entre el aislamiento y la protección. Las placas pueden ser:

- a- Baldosa cerámica con espesores para exteriores.
- b- Baldosa de piedra natural (mármol, arenisca, granito, pizarra); el espesor es de 2 a 4 cm, siendo recomendable 3 cm y para arenisca 4cm.
- c- Baldosa de piedra artificial o sintética. Es una baldosa monocapa de textura

lisa compuesta por áridos, generalmente provenientes de la molienda del tipo de piedras que se desea imitar, con o sin colorantes y aglomerantes con resinas de poliéster especiales no saturadas; textura lisa o ligeramente rugosa.

d- Tablas de madera.

Se debe calcular las placas para que puedan absorber los esfuerzos de flexión que soportarán al estar apoyadas en las cuatro esquinas. Su espesor dependerá de la separación entre plots, de las características mecánicas del material y de las sobrecargas.

Con el uso de plots regulables se puede hacer una cubierta totalmente horizontal a nivel superficial y con las pendientes para desaguar en su nivel inferior, lo que supone una ventaja cuando su uso es transitable.

Estos distanciadores deben tener una base amplia para no sobrecargar puntualmente el aislamiento. En general, los materiales que emplean son tacos de mortero de cemento, discos de hormigón encajables unos en otros, material termoplástico con una cruceta que ayude a replantear el pavimento y a regularizar el ancho de las juntas entre baldosas. Estos últimos pueden ser fijos o regulables en altura.

Las juntas entre las placas permiten la dilatación entre las piezas y el drenaje. Así el agua se filtra a través de las juntas y llega a nivel inferior hasta la impermeabilización y los desagües.

Placas fijas

La colocación de placas totalmente adheridas con morteros es una práctica muy extendida. Se debe evitar la colocación a hueso de las piezas y realizar juntas de dilatación tal y como indica la norma.

Cubiertas transitables: juntas entre 3 y 5 m (aprox. 25 m²)

Cubiertas no transitables: juntas cada 10 m (aprox. 100 m²)

Actualmente se puede colocar cualquier tipo de protección sobre la cubierta plana, esta capa superior no tiene misión de estanqueidad y el agua filtra a través de esta capa hasta llegar a la impermeabilización. Por tanto se puede disponer una subestructura metálica o de madera sobre la que fijas el acabado deseado: lamas de madera, mallas de acero, etc.

El material de acabado se debe elegir siempre teniendo en cuenta la succión del viento y la protección frente al exterior del material inferior, dependiendo del material se emplee.

3.1.8. Puntos singulares

Deben respetarse las condiciones de disposición de bandas de refuerzo y de terminación, las de continuidad o discontinuidad, así como cualquier otra que afecte al diseño, relativas al sistema de impermeabilización que se emplee.

Juntas de dilatación

1 Deben disponerse juntas de dilatación de la cubierta y la distancia entre juntas de dilatación contiguas debe ser como máximo 15 m. Siempre que exista un encuentro con un paramento vertical o una junta estructural debe disponerse una junta de dilatación coincidiendo con ellos. Las juntas deben afectar a las distintas capas de la cubierta a partir del elemento que sirve de soporte resistente. Los bordes de las juntas de dilatación deben ser romos, con un ángulo de 45° aproximadamente, y la anchura de la junta debe ser mayor

que 3 cm.

2 Cuando la capa de protección sea de solado fijo, deben disponerse juntas de dilatación en la misma. Estas juntas deben afectar a las piezas, al mortero de agarre y a la capa de asiento del solado y deben disponerse de la siguiente forma:

- a) coincidiendo con las juntas de la cubierta;
- b) en el perímetro exterior e interior de la cubierta y en los encuentros con paramentos verticales y *elementos pasantes*;
- c) en cuadrícula, situadas a 5 m como máximo en cubiertas no ventiladas y a 7,5 m como máximo en cubiertas ventiladas, de forma que las dimensiones de los paños entre las juntas guarden como máximo la relación 1:1,5.

3 En las juntas debe colocarse un sellante dispuesto sobre un relleno introducido en su interior. El sellado debe quedar enrasado con la superficie de la capa de *protección de la cubierta*.

Encuentro de la cubierta con un paramento vertical

1 La impermeabilización debe prolongarse por el paramento vertical hasta una altura de 20 cm como mínimo por encima de la *protección de la cubierta* (Véase la figura 18).

2 El encuentro con el paramento debe realizarse redondeándose con un radio de curvatura de 5 cm aproximadamente o achaflanándose una medida análoga según el sistema de impermeabilización.

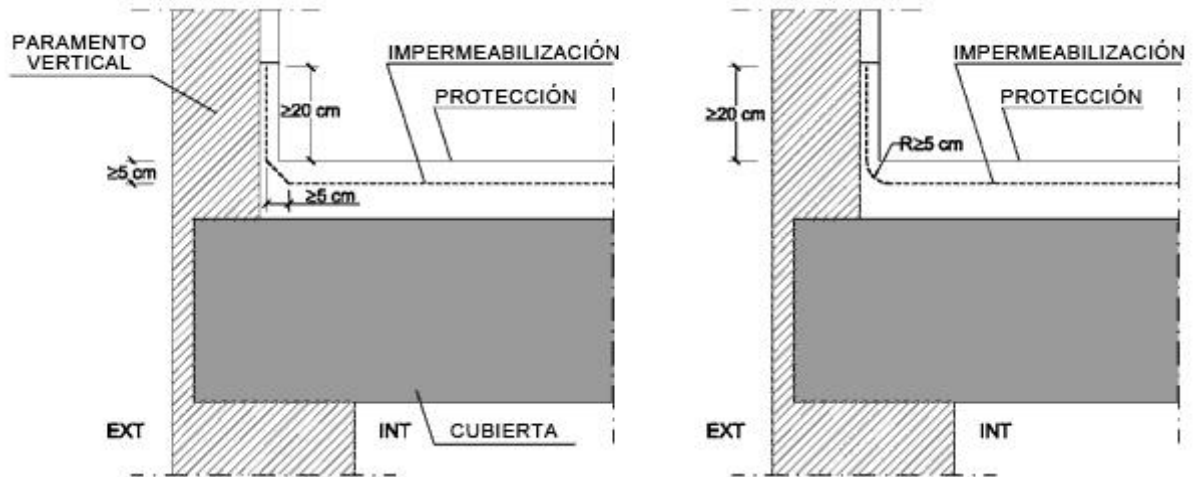


Figura 18 Detalle

3 Para que el agua de las precipitaciones o la que se deslice por el paramento no se filtre por el remate superior de la impermeabilización, dicho remate debe realizarse de alguna de las formas siguientes o de cualquier otra que produzca el mismo efecto:

- mediante una roza de 3 x 3 cm como mínimo en la que debe recibirse la impermeabilización con mortero en bisel formando aproximadamente un ángulo de 30° con la horizontal y redondeándose la arista del paramento;
- mediante un retranqueo cuya profundidad con respecto a la superficie externa del paramento vertical debe ser mayor que 5 cm y cuya altura por encima de la protección de la cubierta debe ser mayor que 20 cm;
- mediante un perfil metálico inoxidable provisto de una pestaña al menos en su parte superior, que sirva de base a un cordón de sellado entre el perfil y el muro. Si en la parte inferior no lleva pestaña, la arista debe ser redondeada para evitar que pueda dañarse la lámina.

Encuentro de la cubierta con el borde lateral

- El encuentro debe realizarse mediante una de las formas siguientes:

- a) prolongando la impermeabilización 5 cm como mínimo sobre el frente del alero o el paramento;
- b) disponiéndose un perfil angular con el ala horizontal, que debe tener una anchura mayor que 10 cm, anclada al faldón de tal forma que el ala vertical descuelgue por la parte exterior del paramento a modo de goterón y prolongando la impermeabilización sobre el ala horizontal.

Encuentro de la cubierta con un sumidero o un canalón

- 1 El sumidero o el canalón debe ser una pieza prefabricada, de un material compatible con el tipo de impermeabilización que se utilice y debe disponer de un ala de 10 cm de anchura como mínimo en el borde superior.
- 2 El sumidero o el canalón debe estar provisto de un elemento de protección para retener los sólidos que puedan obturar la bajante. En cubiertas transitables este elemento debe estar enrasado con la capa de protección y en cubiertas no transitables, este elemento debe sobresalir de la capa de protección.
- 3 El elemento que sirve de soporte de la impermeabilización debe rebajarse alrededor de los sumideros o en todo el perímetro de los canalones (Véase la figura 19) lo suficiente para que después de haberse dispuesto el impermeabilizante siga existiendo una pendiente adecuada en el sentido de la evacuación.

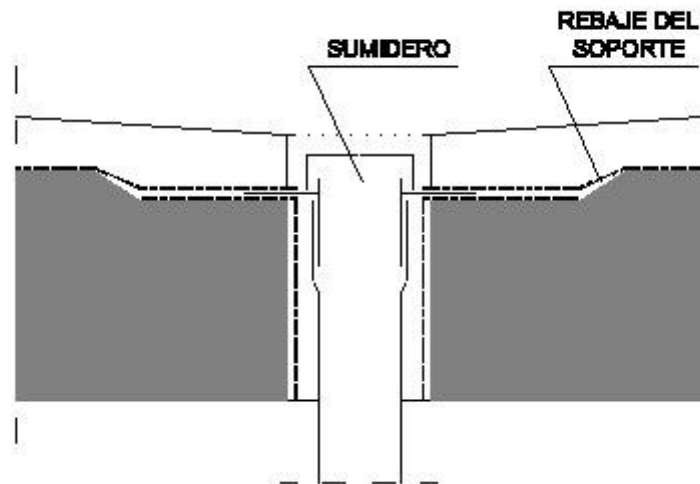


Figura 19 Detalle

- 4 La impermeabilización debe prolongarse 10 cm como mínimo por encima de las alas.
- 5 La unión del impermeabilizante con el sumidero o el canalón debe ser estanca.
- 6 Cuando el sumidero se disponga en la parte horizontal de la cubierta, debe situarse separado 50 cm como mínimo de los encuentros con los paramentos verticales o con cualquier otro elemento que sobresalga de la cubierta.
- 7 El borde superior del sumidero debe quedar por debajo del nivel de escorrentía de la cubierta.
- 8 Cuando el sumidero se disponga en un paramento vertical, el sumidero debe tener sección rectangular. Debe disponerse un impermeabilizante que cubra el ala vertical, que se extienda hasta 20 cm como mínimo por encima de la protección de la cubierta.
- 9 Cuando se disponga un canalón su borde superior debe quedar por debajo del nivel de escorrentía de la cubierta y debe estar fijado al elemento que sirve de soporte.

10 Cuando el canalón se disponga en el encuentro con un paramento vertical, el ala del canalón de la parte del encuentro debe ascender por el paramento y debe disponerse una banda impermeabilizante que cubra el borde superior del ala, de 10 cm como mínimo de anchura centrada sobre dicho borde resuelto.

Rebosaderos

- 1 En las cubiertas planas que tengan un paramento vertical que las delimite en todo su perímetro, deben disponerse rebosaderos en los siguientes casos:
 - a) cuando en la cubierta exista una sola bajante;
 - b) cuando se prevea que, si se obtura una bajante, debido a la disposición de las bajantes o de los faldones de la cubierta, el agua acumulada no pueda evacuar por otras bajantes;
 - c) cuando la obturación de una bajante pueda producir una carga en la cubierta que comprometa la estabilidad del elemento que sirve de soporte resistente.
- 2 La suma de las áreas de las secciones de los rebosaderos debe ser igual o mayor que la suma de las de bajantes que evacuan el agua de la cubierta o de la parte de la cubierta a la que sirvan.
- 3 El rebosadero debe disponerse a una altura intermedia entre la del punto más bajo y la del más alto de la entrega de la impermeabilización al paramento vertical (Véase la figura 20) y en todo caso a un nivel más bajo de cualquier acceso a la cubierta.
- 4 El rebosadero debe sobresalir 5 cm como mínimo de la cara exterior del paramento vertical y disponerse con una pendiente favorable a la evacuación.

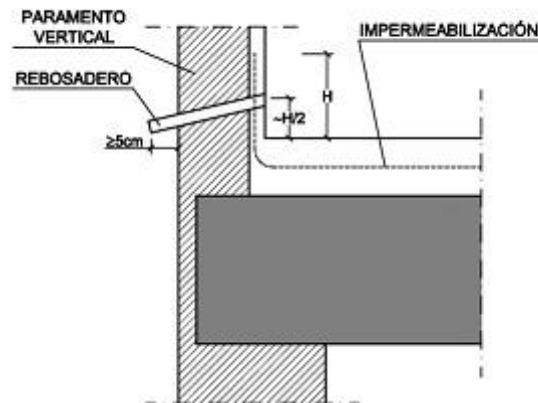


Figura 20 Detalle

Encuentro de la cubierta con *elementos pasantes*

- 1 Los *elementos pasantes* deben situarse separados 50 cm como mínimo de los encuentros con los paramentos verticales y de los elementos que sobresalgan de la cubierta.
- 2 Deben disponerse elementos de protección prefabricados o realizados in situ, que deben ascender por el *elemento pasante* 20 cm como mínimo por encima de la *protección de la cubierta*.

Anclaje de elementos

- 1 Los anclajes de elementos deben realizarse de una de las formas siguientes:
 - a) sobre un paramento vertical por encima del remate de la impermeabilización;
 - b) sobre la parte horizontal de la cubierta de forma análoga a la establecida

para los encuentros con *elementos pasantes* o sobre una bancada apoyada en la misma.

Rincones y esquinas

1 En los rincones y las esquinas deben disponerse elementos de protección prefabricados o realizados in situ hasta una distancia de 10 cm como mínimo desde el vértice formado por los dos planos que conforman el rincón o la esquina y el plano de la cubierta.

Accesos y aberturas

1 Los accesos y las aberturas situados en un paramento vertical deben realizarse de una de las formas siguientes:

a) disponiendo un desnivel de 20 cm de altura como mínimo por encima de la *protección de la cubierta*, protegido con un impermeabilizante que lo cubra y ascienda por los laterales del hueco hasta una altura de 15 cm como mínimo por encima de dicho desnivel;

b) disponiéndolos retranqueados respecto del paramento vertical 1 m como mínimo. El suelo hasta el acceso debe tener una pendiente del 10% hacia fuera y debe ser tratado como la cubierta, excepto para los casos de accesos en balconeras que vierten el agua libremente sin antepechos, donde la pendiente mínima es del 1%.

2 Los accesos y las aberturas situados en el paramento horizontal de la cubierta deben realizarse disponiendo alrededor del hueco un antepecho de una altura por encima de la *protección de la cubierta* de 20 cm como mínimo e impermeabilizado según lo descrito anteriormente.

3.1.9. Elección de la lámina según el uso de la cubierta

Para la elección de la membrana y sistema más adecuado para la cubierta, se realiza con los criterios de uso posterior de la misma. Ya que las condiciones de utilización, y los esfuerzos mecánicos o de resistencia a la que va a estar sometida, incidirá en la elección de membranas de resistencia media, resistencia alta o muy alta.

En definitiva, la elección de una membrana concreta y dentro de ella la de las armaduras a utilizar en las láminas que las integren es fruto de la experiencia y criterios del proyectista.

Elección de una cubierta convencional o invertida

Los criterios que se van a seguir en la elección de una cubierta convencional o una cubierta invertida son:

a) Capacidad de aportación de carga

- Cubierta convencional:
 - Baja cuando se utilicen membranas autoprotegidas
 - Media cuando se utilicen placas ligeras de protección
 - Alta cuando se coloque protección pesada
- Cubierta invertida
 - Media cuando se utilicen placas ligeras de protección
 - Alta siempre que se coloque protección pesada

b) Influencia de la temperatura exterior sobre la impermeabilización

- Cubierta convencional

- Alta cuando se utilicen membranas autoprotegidas
 - Media siempre que se coloque una protección pesada
 - Cubierta invertida
 - La influencia será baja
- c) Control del vapor de agua
- Cubierta convencional
 - Se deberá de colocar una barrera de vapor para impedir que el paso de vapor de agua dañe al material aislante, en aquellos casos en que el estudio higrotérmico así lo exija.
 - Cubierta invertida
 - No precisa de la colocación de una barrera de vapor

Elección de un sistema adherido o no adherido

La elección de un sistema adherido o no adherido dependerá del tipo de protección que vaya a existir en la cubierta. Puede ser de protección pesada o autoprotegida.

a) Cubiertas con protección pesada

Se utilizarán sistemas no adheridos cuando se quiera asegurar la independencia de la membrana respecto al soporte y mejorar así la absorción de movimientos estructurales.

Se utilizan sistemas adheridos cuando se quiera evitar el deslizamiento de la membrana en pendientes superiores al 5%.

El sistema adherido facilita la localización de humedades en caso de problemas, requiere que las láminas utilizadas tengan gran elasticidad para que acompañen los movimientos de la cubierta, por lo que es recomendable que se utilicen láminas con armaduras de polietileno.

b) Cubiertas con membranas autoprotegidas

El sistema siempre será adherido para evitar la entrada de aire bajo la impermeabilización, en cubiertas con pendiente superior al 15% la lámina autoprotegida irá anclada mecánicamente.

Elección del sistema monocapa o bicapa

Las cubiertas pueden estar impermeabilizadas mediante el sistema bicapa o monocapa.

- *Sistema monocapa*: Se utiliza cuando se desee una sencillez y rapidez de ejecución. En este tipo de sistema deberá comprobarse rigurosamente las soldadura de los solapes, ya que cualquier fallo en la soldadura permitiría la entrada de agua. Este sistema es el menos recomendable en caso de que la impermeabilización vaya a estar un tiempo a la intemperie sin ningún tipo de protección, ya que en las obras los trabajadores trabajan, pisan, etc, encima de la lámina con lo cual es muy fácilmente perforada, es recomendable la colocación de una capa protectora antipunzonante (geotextil o capa de mortero) para que no se perfore.
- *Sistema bicapa*: Se utiliza siempre que se precise un mayor nivel de seguridad, cuidando de igual forma que el sistema monocapa la aplicación cuidadosa y bien ejecutada, y comprobando los solapes. Recomiendo este sistema, porque el coste será mínimo si lo comparásemos con el

elevado coste que ocasionaría una reparación (dependiendo del tipo de protección).

Elección de la armadura

Respecto al uso de una armadura de un tipo u otro dependerá de las prestaciones que queramos que tenga la lámina.

- *Armadura con film de polietileno.* Cuando la lámina se requiera con una gran elasticidad
- *Armadura con fieltro de poliéster.* Cuando la lámina se requiera con una buena resistencia mecánica.
- *Armadura con fieltro de vidrio.* Cuando la lámina se requiera con buena elasticidad dimensional.

Cuando se prevea que la membrana va a estar sometida a sollicitaciones de punzonamiento importantes es conveniente que, si se usa una membrana bicapa una de las láminas sea de armadura de fieltro de poliéster.

Es recomendable que en cubiertas de grava y especialmente en cubiertas transitables, cuando se utilizan láminas de baja resistencia al punzonamiento es imprescindible el empleo de capas antipunzonantes.

En la elección de las láminas que componen cada una de las membranas, siempre se podrán sustituir por otras del mismo tipo, pero de mayor masa, de armadura más resistente, o el uso de láminas de betún modificado en vez de láminas de oxiasfalto, para un mismo tipo de acabado y peso.

El sistema de adherencia de las láminas es mediante calor o adhesivo asfáltico, en la mayoría de obras se adhieren con soplete dando calor al mástico bituminoso, este sistema debe ejecutarse por personal especializado, pueden surgir patologías debidas a la rotura de las armaduras o incluso la lámina debido a un exceso de calor, por lo que en las láminas de menor resistencia como son las de oxiasfalto es recomendable la utilización del adhesivo asfáltico para no debilitar las armaduras.

Existen membranas en las que el panel aislante es necesario que esté unido al soporte resistente o a las capas de pendientes, esta unión se realizará mediante adhesivo o fijaciones mecánicas. Los paneles que se suministren con asfalto en una de sus caras no necesitarán de una imprimación posterior.

Cualquiera de estas membranas, se podrá realizar como cubierta convencional o invertida, siendo invertida si se aplica directamente sobre el soporte base, y posteriormente se coloca el aislamiento térmico, (poliestireno extruido), sobre la membrana impermeabilizante, con las capas separadoras correspondientes, y la protección pesada.

Se recomienda la utilización de un geotextil como capa separadora.

Las láminas impermeables armadas con film de polietileno (PE) es aconsejable no combinarlas con las láminas que tengan otro tipo de armadura.

Existen membranas en las que el panel aislante es necesario que esté unido al soporte resistente o a las capas de pendientes, esta unión se realizará mediante adhesivo o fijaciones mecánicas. Los paneles que se suministren con asfalto en una de sus caras no necesitarán de una imprimación posterior.

Cualquiera de estas membranas, se podrá realizar como cubierta convencional o invertida, siendo invertida si se aplica directamente sobre el soporte base, y posteriormente se coloca el aislamiento térmico, (poliestireno extruido), sobre la membrana impermeabilizante, con las capas separadoras correspondientes, y la protección pesada.

Existen membranas en las que el panel aislante es necesario que esté unido al soporte resistente o a las capas de pendientes, esta unión se realizará mediante adhesivo o fijaciones mecánicas. Los paneles que se suministren con asfalto en una de sus caras no necesitarán de una imprimación posterior.

Existen membranas en las que el panel aislante es necesario que esté unido al soporte resistente o a las capas de pendientes, esta unión se realizará mediante adhesivo o fijaciones mecánicas. Los paneles que se suministren con asfalto en una de sus caras no necesitarán de una imprimación posterior.

3.2. Mantenimiento de las cubiertas planas

La salud de la cubierta viene condicionada por el cuidado que se tenga de ella, pero no hay que olvidar que no existe ningún material ni elemento que la componga que tenga una duración ilimitada, ya que el uso y la disposición que tienen en el exterior del edificio los hacen vulnerables al paso del tiempo.

La intervención de mantenimiento ha de recoger todas las medidas necesarias para que la durabilidad de los materiales persista y el buen funcionamiento de todos los componentes sigan proporcionando la estanqueidad de la cubierta.

Según sean las necesidades de la cubierta, este mantenimiento será preventivo o correctivo. Será preventivo cuando la finalidad es evitar que una disfunción llegue a convertirse en una lesión.

Es fundamental que se realicen revisiones periódicas para comprobar el buen funcionamiento de los elementos que componen la cubierta, siendo primordial la limpieza y barrido evitando la acumulación de semillas, depósitos de agentes agresivos, o atascos por acumulación de suciedad en las bajantes.

Será un mantenimiento correctivo cuando engloba las actuaciones de pequeña envergadura, que se han de realizar para solucionar una lesión, manteniendo la cubierta existente, sin necesidad de sustitución de la totalidad del sistema estanco y/o aislante.

Todas las intervenciones de reparación o corrección requieren unas comprobaciones previas de las condiciones del sistema existente en cuanto a durabilidad de los materiales y la posibilidad que tienen de aceptar

actuaciones correctivas.

La membrana impermeabilizante es el elemento más susceptible a su manipulación debido a que el envejecimiento y la degradación le proporcionan fragilidad. Antes de iniciar la actuación se ha de conocer con exactitud el tipo de membrana existente y valorar su degradación.

El envejecimiento de la membrana es diferente dependiendo del tipo de material con que esté constituida:

- Las membranas realizadas con materiales bituminosos de oxiasfalto envejecen cristalizando y resecaándose el mástico, perdiendo elasticidad y volviéndose frágiles y quebradizas. La volatilización de los aceites que las componen, les hacen perder la capacidad para admitir el calentamiento y soldado.
- Las membranas de betún modificado, tienen un envejecimiento mucho más lento. Su buen comportamiento a largo plazo está soportado por el tipo de armadura que tenga en su interior y el espesor de la membrana (que ha de tener un mínimo de 3,7 mm)
- Las membranas sintéticas de PVC son más delicadas de manipular una vez expuestas a la degradación de los agentes atmosféricos.

Pueden tener migraciones de los plastificantes que las componen perdiendo flexibilidad y convirtiéndose en productos rígidos, en ocasiones muy frágiles. El poco espesor en que se fabrican las hacen muy sensibles a punzonamientos y al calentamiento en situaciones de reimpermeabilización.

- En las membranas de EPDM, el punto más delicado es la durabilidad de las uniones, siendo en ocasiones un problema al separarse con facilidad bajo la acción de pelado.

Indicar que se ha de desestimar cualquier intervención de corrección en caso de existir un envejecimiento generalizado de la membrana que haga inviable su manipulación, planteándose entonces la reimpemreabilización total del sistema.

3.2.1. Criterios dispuestos en el CTE

La falta de mantenimiento en un edificio o las condiciones de uso inadecuadas en el mismo es una de las causas de la aparición de lesiones. Actualmente, tanto la Ley de Ordenación de la Edificación como el Código Técnico obligan a los propietarios y usuarios a mantener y usar adecuadamente el edificio.

En el artículo 12 del Código Técnico de la Edificación se establecen las siguientes actuaciones de los propietarios y usuarios para el uso y mantenimiento del edificio:

- *“Los propietarios, a partir de la entrega de la obra, conservarán en buen estado la edificación mediante un adecuado uso y mantenimiento, así como deberán recibir, conservar y transmitir la documentación de la obra ejecutada, los seguros y garantías con que ésta cuente.”*
- Estas obligaciones suponen para los propietarios, entre otras, las siguientes actuaciones:
 - a- Realizar el plan de mantenimiento del edificio encargado a personal competente las operaciones programadas para el mantenimiento del mismo y de sus instalaciones;
 - b- Realizar las inspecciones reglamentariamente establecidas y conservar su documentación;
 - c- Documentar a lo largo de la vida útil del edificio todas las actuaciones,

ya sean de reparación, reforma o rehabilitación realizadas sobre el mismo, bien mediante un proyecto en aquellas intervenciones en las que fuera obligatorio, como mediante la documentación e instrucciones que el libro del edificio establezca en el manual de uso y mantenimiento.

- d- Conservar el libro del edificio y sus anejos, seguros y garantías, debidamente actualizado.
- Los usuarios, sean o no propietarios, utilizarán adecuadamente los edificios de conformidad con las instrucciones de uso y mantenimiento, contenidas en el libro del edificio.
- Estas obligaciones suponen para los usuarios, sean o no propietarios, entre otras las siguientes actuaciones:
 - a- Abstenerse de hacer un uso del edificio y sus dependencias que sea contrario al previsto, especialmente en aquellos que se afecte a los requisitos básicos de seguridad y suponga un incremento del riesgo;
 - b- Utilizar el edificio y sus instalaciones, observando los criterios de seguridad y habitabilidad indicados en el CTE y recogido en el manual de uso y mantenimiento”

Por lo tanto una vez acabada la obra, en el Libro del edificio se recogerá entre otros documentos, el manual de uso y mantenimiento del edificio, que debe contener tal y como describe el CTE:

- “Las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio y sus instalaciones con especial énfasis en la estructura, cubierta, cierres exteriores y sistemas de evacuación e instalaciones;
- Las limitaciones de uso del edificio en su conjunto y de cada una de sus dependencias e instalaciones tales como:

- a- Aforo máximo previsto;
 - b- Sobrecargas de uso máximas;
 - c- Peso propio máximo previsto para los revestimientos susceptibles de sustitución;
 - d- Las limitaciones de uso de las instalaciones;
 - e- Las que reglamentariamente se establezcan.
- El plan de mantenimiento del edificio en el que figure la planificación y programación de las inspecciones y operaciones necesarias de mantenimiento previstas a lo largo de la vida útil del edificio, así como un procedimiento de documentación y archivo de todas las actuaciones de mantenimiento y reparación de desperfectos o modificaciones que se produzcan en el edificio. Este plan de mantenimiento, así como el registro de todas las actuaciones previstas en él, permitirán comprobar que se mantienen las prestaciones iniciales del edificio para cada requisito básico.”

En el caso que nos ocupa, es conveniente que se establezcan, en el pliego de prescripciones técnicas particulares del proyecto, unos criterios de mantenimiento de las cubiertas con indicación del uso previsto y de las operaciones de inspección, reconocimiento, renovación de los materiales, control del estado de los mismos, etc., que permitan detectar lesiones cuanto antes y las que previsiblemente se pudieran originar, así poder adoptar las medidas correctivas necesarias. Una vez finalizadas las obras, estas especificaciones pasarán a formar parte del libro del edificio junto con las que se hayan generado a partir de las modificaciones introducidas durante la

ejecución de las obras. El fin que se pretende es el de mantener un buen estado de uso y conservación de las cubiertas, para evitar lesiones por razones de rentabilidad económica.

3.2.2. Uso de las cubiertas planas

Las cubiertas deben utilizarse exclusivamente para el uso previsto:

- Las planas no transitables y las inclinadas sólo podrán ser accesibles para mantenimiento y siempre con calzado adecuado. Se dispondrán en estos casos de pasillos de mantenimiento y de acceso a toda instalación que quede sobre la cubierta.
- Se debe evitar el almacenamiento de materiales sobre la cubierta que puedan deteriorar la cobertura o la impermeabilización o que puedan sobrepasar la carga máxima que la cubierta pueda soportar. Tampoco pueden verterse productos químicos agresivos, tales como aceites, disolventes, etc. Sobre la impermeabilización o sobre el aislamiento térmico.
- Una vez acabada la obra, no se pueden modificar las características funcionales y formales de los faldones y del sistema de evacuación de aguas, sin la intervención de un técnico competente en la materia.
- Cuando se vayan a colocar elementos como antenas, mástiles, etc., sobre la cubierta ya ejecutada, hay que evitar perforar la cobertura o la impermeabilización. Para ello, preferentemente se fijarán sobre paramentos verticales o, se impermeabilizará el encuentro adecuadamente como si de un elemento pasante se tratara. Es conveniente en el caso de cubiertas planas, consultar con el instalador

del sistema de impermeabilización.

- En las cubiertas ajardinadas, deben tomarse precauciones especiales en el uso de herramientas y útiles necesarios para efectuar las labores de jardinería, con objeto de evitar daños a la membrana impermeable.

3.2.3. Mantenimiento de las cubiertas planas

Las obras de mantenimiento que deben realizarse en las cubiertas para conseguir unas condiciones normales de uso, son:

- Limpieza de la cubierta, canalones y sumideros, eliminando las hojas y depósitos de suciedad. Se realizará con herramientas adecuadas, cuidando de no estropear los materiales con objetos puntiagudos o cortantes. Se debe eliminar la vegetación parásita y los materiales acumulados por el viento junto con la tierra que los sustenta. Esta actividad se realizará semestralmente.
- Anualmente, restauración de la cobertura o de las capas de protección en las partes donde haya disminuido o desaparecido, para evitar un envejecimiento prematuro del sustrato protegido de la acción solar.
- Revisión anual, y reparación si procede de:
 - a- Entregas perimetrales a puntos singulares. Deben revisarse todas las entregas a muros perimetrales, chimeneas, cajas de escalera, elementos pasantes, etc. Comprobación que el acabado y protección subsisten en buen estado, y en su caso, Repasar los revocos fisurados, piezas desprendidas o láminas desenganchadas.

- b- Juntas y sellados. Comprobar la continuidad de las mismas, controlando si hay agrietamiento o desprendimiento, en cuyo caso, deben rehacerse restableciendo la continuidad o adherencia.
- c- Desprendimientos de cualquier elemento de la cubierta.
- d- Verificación de las fijaciones, sobre todo en los puntos singulares.

Estos trabajos de mantenimiento requerirán otros previos de inspección periódica:

- Comprobación trimestral del funcionamiento del sistema de evacuación de agua.
- Comprobación trimestral de la aparición de humedades y mohos en plantas bajo cubierta.
- Comprobación trimestral del estado de limpieza.
- Comprobación semestral del buen estado del material de cobertura o capa de protección.

También es conveniente realizar estas comprobaciones cuando se hayan producido grandes lluvias torrenciales y siempre que se haya ejecutado algún trabajo sobre la cubierta.

Todas estas actividades deben llevarse a cabo por personal debidamente cualificado y dotado de los elementos de seguridad necesarios en cada caso.

Las reparaciones de la impermeabilización deben realizarse por personal especializado.

3.3. Estudio comparativo con distintos materiales según CTE

El Documento Básico (DB) HE "Ahorro de energía" tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de ahorro de energía. Las secciones del DB se corresponden con las exigencias básicas HE 1 a HE 5. La correcta aplicación de cada sección supone el cumplimiento de la exigencia básica correspondiente. La correcta aplicación del conjunto del DB supone que se satisface el requisito básico "Ahorro de energía".

Los edificios dispondrán de una envolvente de características tales que limite adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno, así como por sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, reduciendo el riesgo de aparición de humedades de condensación superficiales e intersticiales que puedan perjudicar sus características y tratando adecuadamente los puentes térmicos para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos."

Tanto el objetivo del requisito básico "Ahorro de energía", como las exigencias básicas se establecen el artículo 15 de la Parte I de este CTE y son los siguientes:

Artículo 15. Exigencias básicas de ahorro de energía (HE)

1. El objetivo del requisito básico "Ahorro de energía" consiste en conseguir

un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los *edificios*, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir asimismo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable, como consecuencia de las características de su *proyecto, construcción, uso y mantenimiento*.

2. Para satisfacer este objetivo, los *edificios* se proyectarán, construirán, utilizarán y mantendrán de forma que se cumplan las exigencias básicas que se establecen en los apartados siguientes.

3. El Documento Básico “DB HE Ahorro de energía” especifica parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de ahorro de energía.

15.1 Exigencia básica HE 1: Limitación de demanda energética

Los *edificios* dispondrán de una envolvente de características tales que limite adecuadamente la *demanda energética* necesaria para alcanzar el *bienestar térmico* en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno, así como por sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, reduciendo el riesgo de aparición de humedades de condensación superficiales e intersticiales que puedan perjudicar sus características y tratando adecuadamente los *puentes térmicos* para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos.

El ámbito de aplicación de este artículo es para edificios de nueva construcción, modificaciones, reformas o rehabilitaciones de edificios existentes

con una superficie útil superior a 1000 m² donde se renueve más del 25% del total de sus cerramientos.

Se excluyen del campo de aplicación:

- a) aquellas edificaciones que por sus características de utilización deban permanecer abiertas
- b) edificios y monumentos protegidos oficialmente por ser parte de un entorno declarado o en razón de su particular valor arquitectónico o histórico, cuando el cumplimiento de tales exigencias pudiese alterar de manera inaceptable su carácter o aspecto;
- c) edificios utilizados como lugares de culto y para actividades religiosas;
- d) construcciones provisionales con un plazo previsto de utilización igual o inferior a dos años.
- e) instalaciones industriales, talleres y edificios agrícolas no residenciales;
- f) edificios aislados con superficie útil total inferior a 50 m².

- Demanda energética

La demanda energética de los edificios se limita en función del clima de la localidad en la que se ubican, según la zonificación climática establecida en tablas del CTE.

La demanda energética será inferior a la correspondiente a un edificio en el que los parámetros característicos de los *cerramientos y particiones interiores* que componen su *envolvente térmica*, sean los valores límites establecidos en tablas en el CTE.

Tabla D.1.- Zonas climáticas

Capital de provincia	Capital	Altura de referencia (m)	Desnivel entre la localidad y la capital de su provincia (m)				
			≥200 <400	≥400 <600	≥600 <800	≥800 <1000	≥1000
Albacete	D3	677	D2	E1	E1	E1	E1
Alicante	B4	7	C3	C1	D1	D1	E1
Almería	A4	0	B3	B3	C1	C1	D1
Ávila	E1	1054	E1	E1	E1	E1	E1
Badajoz	C4	166	C3	D1	D1	E1	E1
Barcelona	C2	1	C1	D1	D1	E1	E1
Bilbao	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Burgos	E1	861	E1	E1	E1	E1	E1
Caceres	C4	385	D3	D1	E1	E1	E1
Cádiz	A3	0	B3	B3	C1	C1	D1
Castellón de la Plana	B3	18	C2	C1	D1	D1	E1
Ceuta	B3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Ciudad real	D3	630	D2	E1	E1	E1	E1
Córdoba	B4	113	C3	C2	D1	D1	E1
Coruña (a)	C1	0	C1	D1	D1	E1	E1
Cuenca	D2	975	E1	E1	E1	E1	E1
Donostia-San Sebastián	C1	5	D1	D1	E1	E1	E1
Girona	C2	143	D1	D1	E1	E1	E1
Granada	C3	754	D2	D1	E1	E1	E1
Guadalajara	D3	708	D1	E1	E1	E1	E1
Huelva	B4	50	B3	C1	C1	D1	D1
Huesca	D2	432	E1	E1	E1	E1	E1
Jaén	C4	436	C3	D2	D1	E1	E1
León	E1	346	E1	E1	E1	E1	E1
Lleida	D3	131	D2	E1	E1	E1	E1
Logroño	D2	379	D1	E1	E1	E1	E1
Lugo	D1	412	E1	E1	E1	E1	E1
Madrid	D3	589	D1	E1	E1	E1	E1
Málaga	A3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Melilla	A3	130	B3	B3	C1	C1	D1
Murcia	B3	25	C2	C1	D1	D1	E1
Ourense	C2	327	D1	E1	E1	E1	E1
Óviedo	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Palencia	D1	722	E1	E1	E1	E1	E1
Palma de Mallorca	B3	1	B3	C1	C1	D1	D1
Palmas de Gran Canaria (las)	A3	114	A3	A3	A3	B3	B3
Pamplona	D1	456	E1	E1	E1	E1	E1
Pontevedra	C1	77	C1	D1	D1	E1	E1
Salamanca	D2	770	E1	E1	E1	E1	E1
Santa Cruz de Tenerife	A3	0	A3	A3	A3	B3	B3
Santander	C1	1	C1	D1	D1	E1	E1
Segovia	D2	1013	E1	E1	E1	E1	E1
Sevilla	B4	9	B3	C2	C1	D1	E1
Soria	E1	984	E1	E1	E1	E1	E1
Tarragona	B3	1	C2	C1	D1	D1	E1
Teruel	D2	995	E1	E1	E1	E1	E1
Toledo	C4	445	D3	D2	E1	E1	E1
Valencia	B3	8	C2	C1	D1	D1	E1
Valladolid	D2	704	E1	E1	E1	E1	E1
Vitoria-Gasteiz	D1	512	E1	E1	E1	E1	E1
Zamora	D2	617	E1	E1	E1	E1	E1
Zaragoza	D3	207	D2	E1	E1	E1	E1

Tabla 20 : Los valores límite de los parámetros característicos medios para la zona de Valencia Capital. Zona climática B3

ZONA CLIMÁTICA B3

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno $U_{Mlim}: 0,82 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Transmitancia límite de suelos $U_{Slim}: 0,52 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Transmitancia límite de cubiertas $U_{Clim}: 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Factor solar modificado límite de lucernarios $F_{Lim}: 0,30$

% de superficie de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ $U_{Hlim} \text{ W/m}^2\text{K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N	E/O	S	SE/SO	Carga interna baja			Carga interna alta		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,4 (5,7)	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,8 (4,7)	4,9 (5,7)	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	3,3 (3,8)	4,3 (4,7)	5,7	5,7	-	-	-	0,57	-	-
de 31 a 40	3,0 (3,3)	4,0 (4,2)	5,6 (5,7)	5,6 (5,7)	-	-	-	0,45	-	0,50
de 41 a 50	2,8 (3,0)	3,7 (3,9)	5,4 (5,5)	5,4 (5,5)	0,53	-	0,59	0,38	0,57	0,43
de 51 a 60	2,7 (2,8)	3,6 (3,7)	5,2 (5,3)	5,2 (5,3)	0,46	-	0,52	0,33	0,51	0,38

Tabla 21

Para evitar descompensaciones entre la calidad térmica de diferentes espacios, cada uno de los *cerramientos y particiones interiores* de la *envolvente térmica* tendrán una transmitancia no superior a los valores indicados en la siguiente tabla del CTE:

Tabla 2.1 Transmitancia térmica máxima de cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica U en $\text{W/m}^2\text{K}$

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

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

⁽²⁾ Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de cámaras sanitarias, se consideran como suelos

⁽³⁾ Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de desvanes no habitables, se consideran como cubiertas

Tabla 22

Método Simplificado, y sus condiciones de aplicación para calcular la demanda energética.

Se basa en el control indirecto de la demanda energética del edificio a partir de la comparación de los parámetros característicos de los cerramientos y particiones interiores de la envolvente real con los valores límite establecidos por tablas en este DB.

También se limita la presencia de condensaciones, las infiltraciones de aire en los huecos y lucernarios y, en los edificios de viviendas, la transmisión de calor entre las unidades de uso calefaccionadas y las zonas comunes no calefaccionadas.

Se puede aplicar en los casos siguientes:

- Si el porcentaje de huecos de cada fachada es inferior al 60% de su superficie y si el porcentaje de lucernarios es inferior al 5% de la superficie total de la cubierta.
- Hay una excepción de aplicabilidad en fachadas con más del 60% de huecos, si éstas representan menos del 10% del edificio.
- No se puede aplicar en edificios donde existan soluciones no tradicionales como muros Trombe, etc.
- En rehabilitación de fachadas se deben aplicar los criterios a los cerramientos rehabilitados.

A efectos de comprobación de la limitación de condensaciones en los cerramientos, los espacios habitables se caracterizan por el exceso de humedad interior:

a) espacios de clase de higrometría 5: espacios en los que se prevea una gran producción de humedad, tales como lavanderías y piscinas;

b) espacios de clase de higrometría 4: espacios en los que se prevea una alta producción de humedad, tales como cocinas industriales, restaurantes, pabellones deportivos, duchas colectivas otros de uso similar.

c) espacios de clase de higrometría 3 o inferior: espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios de edificios residenciales y el resto de los espacios no indicados anteriormente.

3 Los *cerramientos* de los *espacios habitables* se clasifican según su diferente comportamiento térmico y cálculo de sus parámetros característicos en las siguientes categorías:

a) cerramientos en contacto con el aire:

- parte opaca, constituida por muros de fachada, cubiertas, suelos en contacto con el aire y los puentes térmicos integrados;

- parte semitransparente, constituida por huecos (ventanas y puertas) de fachada y lucernarios de cubiertas.

Aplicación de la opción

Objeto

El objeto de la opción simplificada es:

a) limitar la demanda energética de los edificios, de una manera indirecta, mediante el establecimiento de determinados valores límite de los parámetros de transmitancia térmica U y del factor solar modificado F de los componentes de la envolvente térmica.

- b) limitar la presencia de condensaciones en la superficie y en el interior de los cerramientos para las condiciones ambientales establecidas en este Documento Básico;
- c) limitar las infiltraciones de aire en los huecos y lucernarios;
- d) limitar en los edificios de viviendas la transmisión de calor entre las *unidades de uso* calefactadas y las zonas comunes no calefactadas.

Desde el punto de vista de las cubiertas del edificio nos centramos únicamente en el apartado de “limitar la demanda energética de los edificios, de una manera indirecta, mediante el establecimiento de determinados valores límite de los parámetros de transmitancia térmica U y del factor solar modificado F de los componentes de la Envoltente térmica”.

* Procedimiento de aplicación mediante la opción simplificada es el siguiente:

1. Determinación de la zona climática.
2. Clasificación de los espacios del edificio.
3. Definición de la *envoltente térmica* y cerramientos objeto según nuestro caso de cubierta es C1.
4. Comprobación del cumplimiento de las limitaciones de permeabilidad al aire establecidas de las carpinterías de los huecos y lucernarios de la *envoltente térmica*;
5. Cálculo de los parámetros característicos de los distintos *componentes de los cerramientos y particiones interiores*.
6. Limitación de la demanda energética:

- Comprobación de que cada una de las transmitancias térmicas de los *cerramientos y particiones interiores* que conforman la *envolvente térmica* es inferior al valor máximo indicado en la tabla 2.1
- Cálculo de la media de los distintos parámetros característicos para la zona con baja carga interna y la zona de alta carga interna del edificio.
- Comprobación de que los parámetros característicos medios de la zona de baja carga interna y la zona de alta carga interna son inferiores a los valores límite de las tablas 2.2.
- En edificios de vivienda, limitación de la transmitancia térmica de las *particiones interiores* que separan las unidades de uso con las zonas comunes del *edificio*, según el apartado 2.1;
- *Control* de las condensaciones intersticiales y superficiales

Parámetros característicos medios

Tanto para las zonas de baja carga interna como para la zonas de alta carga interna de los edificios, se calculará el valor de los parámetros característicos de los cerramientos y particiones interiores.

Para cada categoría se determinará la media de los parámetros característicos U y F, que se obtendrá ponderando los parámetros correspondientes a cada cerramiento según su fracción de área en relación con el área total de la categoría a la que pertenece.

Se obtendrán de esta manera, los siguientes valores:

* Transmitancia media de cubiertas U_{Cm} , incluyendo en el promedio la transmitancia de los lucernarios U_L y los puentes térmicos

Integrados en cubierta U_{pc} .

Las áreas de los cerramientos se considerarán a partir de las dimensiones tomadas desde el interior del edificio.

Valores límite de los parámetros característicos medios

Tanto para las zonas de baja carga interna como para la zonas de alta carga interna de los edificios, los parámetros característicos medios de los *cerramientos y particiones* interiores que limitan los espacios *habitables* serán inferiores a los valores límite indicados en las tablas en función de la zona climática en la que se encuentre el edificio, de la siguiente manera:

- La transmitancia media de cubiertas U_{Cm} será inferior a la transmitancia límite de cubiertas U_{Clim} ;

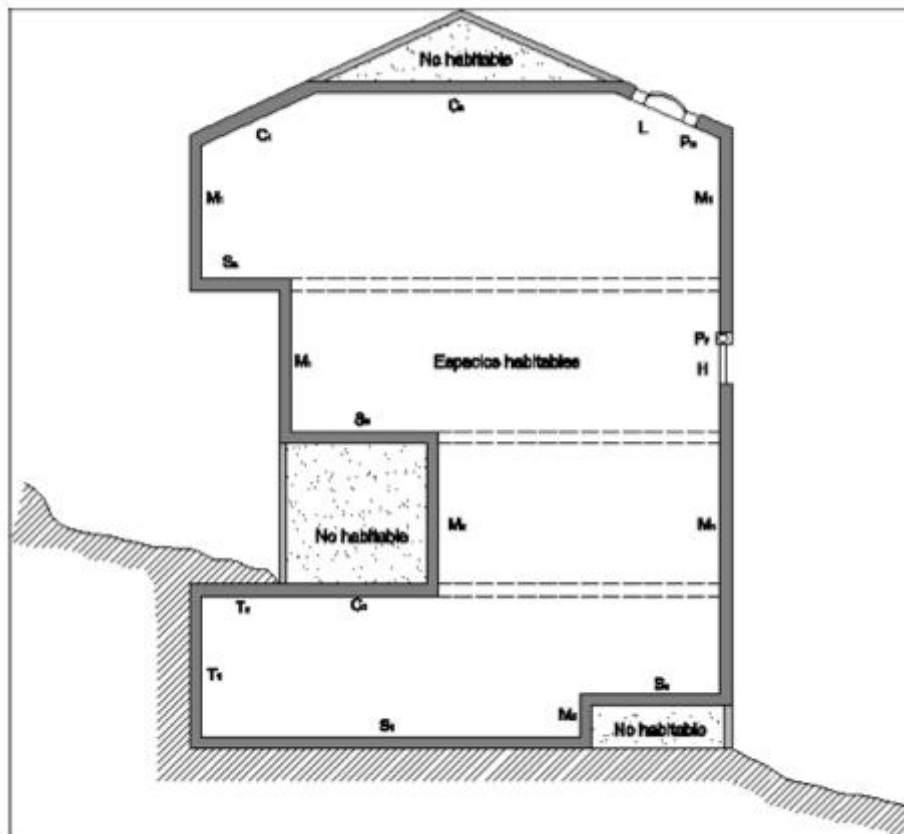


Figura 22 : Esquema de envolvente térmica de un edificio

Análisis y ejecución de las cubiertas planas, tipologías y evolución

Cerramientos y particiones interiores	Componentes		Parámetros característicos	Parámetros característicos medios	Comparación con los valores límites
CUBIERTAS	C ₁	En contacto con el aire	U _{C1}	$U_{co} = \frac{\sum A_{c1} \cdot U_{c1} + \sum A_{c2} \cdot U_{c2} + \sum A_{pc} \cdot U_{pc}}{\sum A_{c1} + \sum A_{c2} + \sum A_{pc}}$	U _{Cm} ≤ U _{Clim}
	C ₂	En contacto con un espacio no habitable	U _{C2}		
	P _C	Puente térmico (Contorno de lucernario > 0'5 m ²)	U _{PC}		
	L	Lucernarios	U _L	$F_{Lm} = \frac{\sum A_L \cdot F_L}{\sum A_L}$	F _{Lm} ≤ F _{Llim}
			F _L		
FACHADAS	M ₁	Muro en contacto con el aire	U _{M1}	$U_{ext} = \frac{\sum A_{m1} \cdot U_{m1} + \sum A_{p1} \cdot U_{p1}}{\sum A_{m1} + \sum A_{p1}}$	U _{Mm} ≤ U _{Mlim}
	M ₂	Muro en contacto con espacios no habitables	U _{M2}		
	P _{F1}	Puente térmico (Contorno de huecos > 0'5 m ²)	U _{PF1}		
	P _{F2}	Puente térmico (Pilares en fachada > 0'5 m ₂)	U _{PF2}		
	P _{F3}	Puente térmico (Cajas de persiana > 0'5 m ₂)	U _{PF3}		
	H	Huecos	U _H	$U_{co} = \frac{\sum A_H \cdot U_H}{\sum A_H}$	U _{Hm} ≤ U _{Hlim}
F _H			$F_{Hm} = \frac{\sum A_H \cdot F_H}{\sum A_H}$	F _{Hm} ≤ F _{Hlim}	
SUELOS	S ₁	Ayudados sobre el terreno	U _{S1}	$U_{co} = \frac{\sum A_s \cdot U_s}{\sum A_s}$	U _{Sm} ≤ U _{Slim}
	S ₂	En contacto con espacios no habitables	U _{S2}		
	S ₃	En contacto con el aire exterior	U _{S3}		
CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON EL TERRENO	T ₁	Muros en contacto con el terreno	U _{T1}	$U_{co} = \frac{\sum A_t \cdot U_t}{\sum A_t}$	U _{Tm} ≤ U _{Tlim}
	T ₂	Cubiertas enterradas	U _{T2}		
	T ₃	Suelos a una profundidad mayor de 0'5 m	U _{T3}		

NOTAS: El cálculo se realizará para la zona de baja carga interna y para la zona de alta carga interna de los edificios. La tabla no es exhaustiva en cuanto a los componentes de los cerramientos y particiones interiores.

Tabla 9 : Síntesis del procedimiento de comparación con los valores límite

Por lo tanto el Código obliga a realizar un cálculo del Ahorro energético del conjunto del edificio considerando distintos parámetros. Respecto a las cubiertas y los materiales utilizados para ejecutarlas limita la transmitancia media.

La transmitancia térmica U (W/m²K) viene dada por la siguiente expresión:

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (E.1)$$

Siendo:

R_T la resistencia térmica total del componente constructivo [m^2 K/W].

La resistencia térmica total R_T de un componente constituido por capas térmicamente homogéneas debe calcularse mediante la expresión:

$$R_t = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \quad (E.2)$$

Siendo:

$R_1, R_2 \dots R_n$ las resistencias térmicas de cada capa definidas según la expresión (E.3) [m^2 K/W];

R^{si} y R^{se} las resistencias térmicas superficiales correspondientes al aire interior y exterior respectivamente, tomadas de la tabla E.1 de acuerdo a la posición del cerramiento, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio [m^2 K/W].

4 En caso de un componente constituido por capas homogéneas y heterogéneas la resistencia térmica total R_T debe calcularse mediante el procedimiento descrito en el apéndice F.

5 La resistencia térmica de una capa térmicamente homogénea viene definida por la expresión:

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

Siendo:

e el espesor de la capa [m].

En caso de una capa de espesor variable se considerará el espesor medio.

λ la conductividad térmica de diseño del material que compone la capa, calculada a partir de valores térmicos declarados según la norma UNE EN ISO 10 456:2001 o tomada de Documentos Reconocidos, [W/m K].

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	Rse	Rsi
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo horizontal \rightarrow	0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente \uparrow	0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente \downarrow	0,04	0,17

Tabla 10 : Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire en m^2K/W

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

- transmitancia térmica de muros de fachada U_M ;
- transmitancia térmica de cubiertas U_C ;
- transmitancia térmica de suelos U_S ;
- transmitancia térmica de cerramientos en contacto con el terreno U_T ;

- e) transmitancia térmica de huecos U_H ;
- f) factor solar modificado de huecos F_H ;
- g) factor solar modificado de lucernarios F_L ;
- h) transmitancia térmica de medianerías U_{MD} .

4 Para evitar descompensaciones entre la calidad térmica de diferentes espacios, cada uno de los *cerramientos y particiones interiores* de la *envolvente térmica* tendrán una transmitancia no superior a los valores indicados en la tabla 11.

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

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

⁽²⁾ Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de cámaras sanitarias, se consideran como suelos

⁽³⁾ Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de desvanes no habitables, se consideran como cubiertas

Tabla 11: Transmitancia térmica máxima de cerramientos y participaciones interiores de la envolvente térmica U en W/m²K

Por lo tanto para dos tipos de aislamiento distintos como el poliestireno extruido con una conductividad térmica de 0.035 y una lana de roca con conductividad térmica de 0.040 y un mismo espesor de 50 mm el poliestireno expandido tiene una resistencia térmica de 1.43 mayor que la de la lana de roca con el mismo espesor 1.25. Por lo tanto y como a mayor resistencia térmica del material (o el sumatorio del sistema) menor transmitancia térmica, mejor comportamiento a los cambios de temperatura y mayor ahorro energético.

Para el cálculo de la limitación de la demanda energética por el método simplificado tomamos una cubierta tipo de 300 m² de superficie sin huecos, situada en la ciudad de Teruel .

La cubierta se compone de : cubierta plana transitable, no ventilada, formada por pendientes realizadas mediante hormigón celular, lámina asfáltica de 6 kp/cm², capa de aislamiento térmico formado por poliestireno extruido de 6 cm de espesor, capa de mortero de cemento de 3 cm y acabado de loseta catalana.

- Forjado unidireccional de 30 cm de espesor
- Formación de pendiente de hormigón celular de 6 cm de media de espesor
- Lámina asfáltica de 4mm
- Aislamiento térmico de 6 cm
- Capa de mortero de cemento de 3 cm
- Acabado de loseta catalana de 7 mm

Para la comparativa usaremos la misma cubierta con 2 tipos distintos de aislamiento térmico: Poliestireno extruido y lana de roca.

Datos previos

Zona climática G2	Capital provincia	D2	Localidad	D2
Altitud sobre el nivel del mar	hCapital	995	hLocalidad	995
			$\Delta h(m)=$	0
Temperatura media enero	Cap provincia	3,8°C		3,8°C
Humedad relativa media en enero	HR med enero			
	Capital	72%	Psat=	801
	Pe=	Hr · Psat	577	Psatloc= 801
			HR loc=	72%
Clasificación de los espacios				Baja carga interna
3.1.2				
Clase higrométrica interior 3.1.2				3
Espacios en los que				
Humedad relativa interior según G.1.2.2			HR int	55%
Temperatura interior según G,1,2,2			Tint	20,0°C
			Psat	2335
Factor de temperatura superficial mínimo			fR _{smin}	0,52
Tabla 3,2				

Análisis y ejecución de las cubiertas planas, tipologías y evolución

Cubiertas y lucernarios (U_{cm}) y (U_{lm})					
Tipo de elemento	A (m ²)	U (W/m ² K)	A · U	Resultados	
Cubierta	300	0,51	152,646	$\Sigma A =$	300,00
				$\Sigma A \cdot U =$	152,65
				$U_{cm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A$ =	0,51

Cálculo para poliestireno extruido

	e	lamda	R	T^a	Psat	μ	Sdn	Pn
Rse	metros	W/mK	m ² K/W	3,8	801			
loseta catalana	0,007	1,000	0,007	4,2	822	30	0,21	505,2
mortero de cemento	0,03	0,800	0,038	4,5	839	10	0,3	506,3
poliestireno extruido 6cm	0,06	0,038	1,579	17	1933	20	1,2	510,3
lámina asfáltica	0,004	0,230	0,017	17,1	1950	5000	200	1190,4
hormigón celular	0,06	1,150	0,052	17,5	2001	60	3,6	1202,7
forajdo unidireccional	0,3	1,420	0,211	22,8	2764	80	24	1202,7
Rsi			0,1	26,1	3369			1284,3
Rt = Suma Ri		m ² K/W	2,044	20	2335		229	1284,3
U = 1 / Rt		W/m ² K	0,489					
Cond. intersticiales $Psat \geq Pn$								INTERSTICIALES CUMPLE
Cond. superficiales $fRsi = 1-U \cdot 0,25 \geq fRsimin$		0,878	$\geq 0,52$					SUPERFICIALES CUMPLE

Cálculo para lana de roca

	e	lamda	R	T^a	Psat	μ	Sdn	Pn
Rse	metros	W/mK	m ² K/W	3,8	801			
loseta catalana	0,007	1,000	0,007	4,2	823	30	0,21	505,2
mortero de cemento	0,03	0,800	0,038	4,5	841	10	0,3	506,3
lana de roca 6cm	0,06	0,040	1,5	17	1918	20	1,2	510,3
lámina asfáltica	0,004	0,230	0,017	17,1	1936	5000	200	1190,4
hormigón celular	0,06	1,150	0,052	17,5	1989	60	3,6	1202,7
forajdo unidireccional	0,3	1,420	0,211	22,8	2713	80	24	1202,7
Rsi			0,1	25,6	3284			1284,3
Rt = Suma Ri		m ² K/W	1,965	20	2335		229	1284,3
U = 1 / Rt		W/m ² K	0,509					
Cond. intersticiales $Psat \geq Pn$								INTERSTICIALES CUMPLE
Cond. superficiales $fRsi = 1-U \cdot 0,25 \geq fRsimin$		0,873	$\geq 0,52$					SUPERFICIALES CUMPLE

3.4. Impacto ambiental de las cubiertas planas

La cubierta es el elemento constructivo del edificio, que en general está formada por más materiales diferentes. La cubierta contemporánea está compuesta por diversas capas, principalmente de: acabado y protección, de aislamiento térmico, de estanqueidad, y de formación de pendientes. En la práctica habitual, estas exigencias se resuelven con materiales que tienen un alto grado de independencia y heterogeneidad entre sí.

Normalmente, las pendientes se forman con materiales tradicionales; los aislamientos con materiales plásticos o de origen mineral; la estanqueidad con membranas plásticas o bituminosas; y los materiales de pavimento y acabado son muy variados. Respecto a los materiales de estanqueidad y de aislamiento térmico, la industria que transforma derivados del petróleo tiene una participación muy activa que origina un alto impacto ambiental.

Las técnicas y materiales empleados en algunas soluciones constructivas en los distintos tipos de cubierta -excepto en la cubierta inclinada en la que no se dispone una membrana impermeable- son semejantes, de manera que las conclusiones pueden generalizarse. Es el caso, por ejemplo, de la similitud de los materiales que configuran la cubierta ventilada tradicional y los de la cubierta inclinada de teja cerámica, sobre un soporte de machihembrado cerámico que se apoya en unos tabiquillos conejeros. En ambas soluciones de cubierta, el impacto ambiental es semejante. También cabría destacar la semejanza de la cubierta ligera tipo Deck -en la que el soporte es de chapa metálica- con la cubierta inclinada, que tiene este mismo material de acabado.

Se trata de conocer el impacto ambiental de las soluciones constructivas más utilizadas y la evaluación de los residuos que se originan. Las partes más significativas que componen la cubierta: formación de pendientes, aislamiento, solución de estanqueidad y acabado.

Formación de pendientes.

En las cubiertas planas, la formación de pendiente se hace habitualmente a base de hormigón ligero. Los espesores que comúnmente se utilizan son altos, de modo que la mayor parte del peso de la cubierta se emplea en esa función. Este aspecto del diseño constructivo de la cubierta es origen de un impacto ambiental elevado.

Los volúmenes de materiales sobrantes de la ejecución de la obra, y posteriormente de la demolición, son los más altos de las soluciones de formación de pendiente. Además, la baja resistencia de esos hormigones no facilita su reciclado, al utilizarlos, por ejemplo, como áridos en hormigones con prestaciones resistentes. En realidad, la mejor valorización de esos residuos debería ser, como en otros casos, emplear áridos ligeros para ese tipo de hormigón.

La solución constructiva de formación de pendiente de la cubierta que origina menos residuos es la que se consigue mediante la disposición inclinada de la propia estructura de soporte. Por ejemplo, con los forjados de hormigón inclinados para las cubiertas inclinadas, o los perfiles de la estructura de soporte, en la cubierta ligera tipo Deck. No obstante, la chapa de acero de soporte y formación de pendiente origina un impacto ambiental considerable,

derivado del alto consumo de energía necesario para su fabricación. Aunque se debe considerar, en su beneficio, que el acero es el material de construcción por excelencia, que origina los residuos más fácilmente valorizables y tiene un índice mayor de reciclado.

Otra solución de soporte es el tradicional, a base de tabiquillos y tablero cerámico, que puede utilizarse tanto en las cubiertas planas como en las inclinadas, y que tiene un impacto ambiental digamos intermedio. No genera tantos residuos como el hormigón ligero; pero, en cambio, el consumo de energía de los materiales cerámicos es mayor que el de los hormigones ligeros.

En el momento actual, ya existen alternativas al soporte tradicional de obra de fábrica. Los soportes están formados por placas ligeras sobre perfiles de chapa. Estas soluciones industrializadas son menos pesadas, son desmontables y sus residuos son más fácilmente valorizables que los de obra de fábrica.

Materiales de aislamiento

El espesor del material de aislamiento necesario para satisfacer una misma prestación de aislamiento térmico en las cubiertas son semejantes en las diversas soluciones y, por lo tanto, su impacto ambiental también lo es.

En cambio, la distinta naturaleza del material sí que es origen de un impacto diferente. Así, en la fabricación de los materiales plásticos de aislamiento se consume más energía que en los de origen mineral (lana de roca, y de vidrio). De modo que los otros impactos que se derivan de ese consumo -fundamentalmente de contaminación al aire- también son mayores.

La solución de la estanqueidad.

El impacto de las membranas bituminosas es menor que las que tienen origen plástico.

En cuanto a las membranas plásticas, la membrana de PVC tiene un impacto ambiental mayor que la de polietileno.

Los acabados.

Las cubiertas transitables requieren un pavimento de acabado, que tiene siempre un impacto ambiental mayor que cuando este pavimento no existe, como ocurre en las cubiertas no transitables. También ocurre lo mismo en las cubiertas inclinadas, que necesitan un material de acabado.

Sin embargo, si la cubierta no es transitable, la misma membrana impermeable puede emplearse como acabado, si está preparada para esa utilización. Y en los demás casos, también el acabado formado por la grava tiene un impacto menor que el pavimento. Incluso esa grava puede estar formada por áridos procedentes del machaqueo de residuos de edificación, de modo que se reduce el impacto ambiental, porque se utilizan materiales reciclados.

En las soluciones de la cubiertas de baja pendiente, formadas con placas conformadas de gran tamaño -es el caso de las chapas de acero que hemos estudiado-, el acabado es la propia placa que, además, puede ser el soporte del aislamiento, de forma que el número de capas de la cubierta es menor y por lo tanto se reduce el impacto final.

A modo de resumen, enunciaremos unos criterios elementales -por su facilidad y posibilidades reales de aplicarlos en la construcción común- que reducen el impacto ambiental de las cubiertas.

1. La cubiertas deben ser transitables solamente cuando sea imprescindible esa función. Y, aún así, en los casos en que sea posible, deben alternarse tramos de cubierta transitable con otros que no lo sean.
2. La formación de pendientes debe conseguirse con la propia estructura de soporte, de manera que se reduzcan los espesores de hormigón ligero de las cubiertas. En el caso de las cubiertas inclinadas este problema no existe.
3. Elegir tipos de cubierta de fácil transformación y mantenimiento, como es la cubierta invertida.
4. Los pavimentos de cubierta no deben estar adheridos o en contacto con la membrana impermeable. Son más recomendables los denominados flotantes, porque componen una solución constructiva de mayor durabilidad para la membrana impermeable y, además, facilitan los trabajos de reparación y sustitución.
5. En la solución de la estanqueidad de la cubierta deben primar los criterios de geometría (solape, protecciones, etc.) sobre los de unión y sellado a base de productos adhesivos, que tienen mayor impacto ambiental y una duración limitada.
6. Emplear membranas bituminosas que tienen un impacto ambiental menor que las de origen plástico.

7. Cuando sea posible, conviene utilizar aislamiento de origen mineral en lugar de los de origen plástico, porque tienen un menor impacto ambiental.

4. Patologías en las cubiertas planas

4.1. El problema del agua

En la edificación actual, uno de los problemas más habituales son las humedades, que ocasionan patologías en la estabilidad de la obra y en la salubridad del edificio, siendo necesario evitar estas patologías mediante una buena elección de los materiales, los sistemas y los procedimientos de impermeabilización.

La estanqueidad al agua de un edificio es una de las exigencias más importantes.

La existencia de agua en el medio en que vivimos es habitual, por lo que es de gran importancia utilizar impermeabilizantes que impidan el paso del agua al interior del edificio, porque además de afectar al deterioro del mobiliario, la salud y el confort de los usuarios, está demostrado que también afecta a la durabilidad del edificio a medio o largo plazo, afectando a su estabilidad y a la seguridad del usuario; el agua corrosiona los elementos metálicos estructurales, las fábricas se descomponen, la madera se pudre, se producen desconchamientos en los revestimientos, etc. El agua es fuente de vida pero a su vez también es uno de los factores más importantes en el envejecimiento de las obras.

La impermeabilización debe tenerse presente en la realización del proyecto, previniendo los puntos donde debe de realizarse, ya que así el coste

económico será mínimo en comparación con el coste que supondría una reparación posterior.

La producción de materiales impermeabilizantes colocados en edificación viene a ser aproximadamente de un 80% del tipo bituminoso, un 15% del tipo sintético y un 5% de los llamados sistemas de impermeabilización líquidos (pinturas, resinas, etc.) e incluso productos cementosos de tipo hidrófugo o de fraguado rápido. Por el contrario en obras públicas los materiales bituminosos apenas se utilizan, siendo los más utilizados los materiales sintéticos y los cementos hidrófugos.

La presencia de agua en el medio en que vivimos es habitual, existirán distintas formas de presentarse el agua en la construcción dependiendo de la situación geográfica y de la zona en que nos encontremos.

En la construcción de edificios, la impermeabilización de las zonas donde pueda existir el paso del agua debe estar perfectamente ejecutada, utilizando los materiales más idóneos y duraderos.

El agua puede ocasionar patologías en el edificio si no se toman las medidas oportunas, pueden producirse humedades en el interior de la vivienda, inundaciones en sótanos, corrosión de armaduras y de perfiles metálicos estructurales, goteras en cubiertas, etc.

El agua meteorológica se presenta de forma intermitente a lo largo del año, con variantes en la cantidad precipitada por m^2 en un determinado tiempo. Es la causante de tantos problemas en las viviendas. La localización de los fallos más corrientes es en cubiertas planas, en muros tanto de ladrillo o bloque como de hormigón, en los cercos de ventanas y juntas de cerramientos.

Los factores que influyen en la penetración del agua son:

- Dirección del plano del elemento y su exposición a la lluvia.
- Las cualidades impermeables de los elementos, partes y juntas que componen la construcción del elemento.
- Formas que se transmite el agua dentro del elemento constructivo.

Cualquiera que sea la cantidad de lluvia, las superficies horizontales están más expuestas que las verticales, por lo que las superficies verticales impermeables escurren más agua que las superficies verticales absorbentes. La dirección del viento dominante, que impulsará la lluvia, agravará la presencia de agua. En algunos edificios, algunos paramentos estarán más expuestos que otros, dependiendo fundamentalmente de la dirección dominante en la que el viento impulse la lluvia.

Excepto materiales de menor importancia, podemos clasificar los materiales en dos grupos: Los impermeables, es decir, los que no dejan pasar el agua a través de su superficie, y los permeables, es decir, los que absorben agua en sus superficies pero también puede atravesar también el material.

La utilización de materiales impermeables en las superficies expuestas de un edificio (en un revestimiento de muro o en una cubierta) permite aplicar el principio de exclusión completa. Debido a la mayor cantidad de agua que escurre en estas superficies, impone un funcionamiento mucho mejor de las juntas y de los muros, para asegurarse de que impidan completamente la penetración de la lluvia. En las cubiertas planas solo se puede utilizar materiales impermeables, y debido a la menor velocidad con la que el agua

escurre en superficies horizontales exige un diseño y ejecución de las juntas de dilatación muy cuidadoso.

Cuando se emplean materiales permeables en muros, la eliminación del agua puede ser controlada (permite que el agua penetre hasta una profundidad en la que no cause problemas, como sucede en los muros macizos) o rompiendo la continuidad de las vías capilares de penetración, como sucede en los muros de cámara de aire.

La condensación puede aparecer tanto en la cara interior como dentro del material. La condensación es la licuación del vapor de agua contenido en la atmósfera. Empieza a producirse cuando el contenido de vapor de agua del aire se hace igual al máximo que puede admitir el aire a esta temperatura. El agua líquida que precipita es el vapor de agua en exceso que el aire no puede admitir al enfriarse.

La condensación en los materiales se produce cuando el aire húmedo caliente encuentra una superficie fría, aquel se enfría y desprende en forma de condensaciones parte de su humedad, ya que el aire frío no puede contener tanto vapor de agua como el caliente.

Se dice que el aire está “saturado” cuando tiene la máxima cantidad de humedad que puede contener a esa temperatura. Al enfriar un aire que no está saturado, alcanza una temperatura en la que sí lo está y a esta temperatura se le llama “punto de rocío”. Si el aire sigue enfriándose por debajo del “punto de rocío”, soltará el exceso de vapor de agua en forma de condensación.

La humedad relativa (hr) expresa en forma de porcentaje la relación entre la cantidad de humedad que contiene el aire a una temperatura

determinada, y la máxima cantidad de humedad que puede admitir a esa temperatura. El aire saturado tiene una humedad relativa del 100%. El aire a 20° C y 30% de hr tiene la misma cantidad de humedad que el aire a 5° C y 80% de hr, pero el primero puede absorber una cantidad de humedad considerablemente mayor que el segundo, y el aire a 20° C y 70% de hr contiene 2,5 veces más humedad que el aire a 5° C y 79% de hr.

La condensación puede producirse no sólo en las superficies que están a la vista (condensación superficial) sino también dentro del espesor de los materiales o elementos constructivos (condensación intersticial). La aparición o no de condensaciones depende del contenido de humedad del aire en contacto con la superficie. El contenido de humedad del aire se puede modificar por medio de la ventilación; se puede aumentar la temperatura del aire mediante la calefacción (y reducir por medio de la ventilación) y la temperatura de las superficies depende básicamente del aislamiento térmico, pero en la práctica depende también de la respuesta térmica del edificio, es decir, la velocidad con la que se calienta y enfría en respuesta a las variaciones de temperatura ambiental)

Se manifiesta de forma más o menos intermitente, en forma de gotas o manchas o la aparición de colonias de hongos sobre las partes frías y poco ventiladas de la edificación.

4.2. Patologías según el tipo de cubiertas

La aparición de humedades en el interior de una vivienda se debe a la filtración del agua desde el exterior hacia el interior del cerramiento, debido al paso del tiempo y la degradación de la construcción, los defectos en la ejecución o los defectos en los materiales empleados, e incluso de la falta de material impermeable.

La impermeabilización de la cubierta es muy importante, por lo que hay que prestar especial atención y realizar las pruebas necesarias durante su ejecución, debido a que el coste en caso de reparación o mejora del material impermeable es mínimo durante la ejecución en función con el coste que ocasionaría una rehabilitación de la impermeabilización posterior.

Proyecto, Producto y Puesta en obra son los tres pilares sobre los que descansa una buena impermeabilización. En la ejecución de la impermeabilización hay que prestar especial atención a los puntos singulares, ya que son éstos, los que pueden ser más problemáticos, bien por falta de diseño, fallo del material o mala realización. A continuación se citan los más frecuentes:

- Encuentros entre dos faldones
- Encuentros de un faldón con un elemento vertical (Petos y muros perimetrales en cubiertas)
- Juntas de dilatación

- Desagües en cubiertas (Encuentros de un faldón con un desagüe)
- Chimeneas de ventilación
- Rebosaderos
- Puertas de acceso a la cubierta
- Anclajes de otros elementos en cubiertas
- Incompatibilidades de los materiales y sistemas utilizados

Las causas que pueden ocasionar el origen de humedades en la cubierta del edificio pueden ser muy variadas, a continuación se citarán algunas dependiendo del tipo de cubierta plana:

Cubiertas transitables

Las patologías son consecuencia de anomalías en la capa impermeable, desagües o junta de dilatación o a condensaciones interiores originadas por falta de aislamiento o espesor incorrecto.

- Filtración de agua de lluvia en cubiertas planas transitables de edificios
- Filtración de agua de lluvia y condensaciones

También es importante además de solucionar la estanqueidad de la cubierta, el realizar un estudio higrotérmico para poder conocer las condensaciones.

En las cubiertas transitables, el origen de las filtraciones en ocasiones es muy complicado debido a que el agua puede discurrir entre el forjado y la impermeabilización hasta que encuentre una grieta o fisura en el forjado que permita el paso del agua al interior de la vivienda. Además en las cubiertas transitables no se puede observar la lámina impermeable sin antes haber eliminado el solado superior, por lo que en caso de rehabilitación los costes serán importantes. En cualquier caso la sucesión de capas que debe atravesar el agua infiltrada puede variar el rumbo de su penetración, y además existen unos puntos singulares donde se deberá prestar una mayor atención, estos puntos singulares son:

- Juntas de dilatación
- Junta estructural del edificio
- Cazoletas
- Conexión con cuerpos salientes, chimeneas, shunts, etc.
- Elementos superpuestos anclados

Causas por las que pueden aparecer humedades en las cubiertas planas transitables son:

- Ausencia de rozas perimetrales
- Fallo en la adherencia de la lámina impermeable
- Roza deficiente
- Ausencia de medias cañas en los puntos de encuentro de los muros con la cubierta
- Falta de junta perimetral en el terminado del pavimento

Análisis y ejecución de las cubiertas planas, tipologías y evolución

- Falta de mantenimiento o envejecimiento de los materiales
- Agresión humana descontrolada

Las causas de las filtraciones y las condensaciones pueden ser entre otras: Asentamientos, grietas, roturas, dilataciones, empujes, deslizamientos, granizo, lluvia, nieve, aumentos de volumen de las capas, recalentamiento de las capas, etc.



Foto 20 Junta en solado de cubierta sin material de sellado



Foto 21 Rotura de pavimento flotante

Cubiertas no transitables con protección

Las patologías que podemos encontrar más frecuentemente son las que a continuación se desarrollan, además de los casos singulares que se presenten:

- Filtración de agua de lluvia en cubierta plana no transitable de edificios
- Filtración de agua de lluvia y condensaciones

Las cubiertas no transitables, no son aptas para soportar el peso y el tránsito de varias personas, solo siendo pisables en caso de reparación o mantenimiento. La principal característica en este tipo de cubiertas es que el material impermeable queda visible, en forma de acabado, mediante productos autoprotectidos. Pero en caso de utilizar materiales que no poseen una autoprotección permanente, se coloca una protección superficial sobre el material impermeable.

Las cubiertas con láminas autoprotectidas no son transitables a menos que sea eventualmente para mantenimiento o reparación, uno de los principales motivos de la filtración de agua de lluvia es debido a cortes que se han realizado en la lámina al estar trabajando encima de ella, ya que no existe ningún medio de protección que evite la caída de materiales o los trabajos sobre la propia lámina.

Es habitual encontrarse con cubiertas de lámina autoprotectida en las cuales las cazoletas se encuentran llenas de hojas u objetos que impiden la entrada del agua, por lo que es necesario y aconsejable la visita periódica a la cubierta del edificio.

Las lesiones en las cubiertas autoprotegidas son de mayor facilidad de reparación, debido a que queda la lámina impermeable vista en su totalidad.

Normalmente las filtraciones se deben:

- Formación de grietas en los solapes
- Fisuras y cortes en la lámina autoprotegida
- Encuentros con puntos singulares en la cubierta

Cuando el material impermeable es sin autoprotección, se aplica encima del material un material que cumpla la función protectora (grava, mortero, etc.). Para actuar sobre la lámina impermeable en caso de humedades en el interior de la vivienda será necesario retirar la protección bien parcialmente o totalmente según el caso en que nos encontremos, la eliminación de esta capa protectora debe realizarse con mucho cuidado y profesionalidad por parte del operario que la realice, con el fin de no deteriorar más la lámina impermeable.

Las patologías son consecuencia de anomalías en la capa impermeable, desagües o junta de dilatación.

Las causas suelen ser por lo general debidas a la falta de mantenimiento o envejecimiento de los materiales, además de la agresión humana descontrolada. Además, las causas de las filtraciones y las condensaciones pueden ser entre otras: Asentamientos, grietas, roturas, dilataciones, empujes, deslizamientos, granizo, lluvia, nieve, aumentos de volumen de las capas, recalentamiento de las capas, etc.



Foto 22 Mala sujeción de placas autoprotegidas



Foto 23 Perforación de la tela con el mallazo

Cubiertas ajardinadas

- Filtración de agua de lluvia en cubiertas planas ajardinadas

Los motivos que pueden causar fallos en la impermeabilización de la cubierta ajardinada pueden ser:

- Deterioro de la lámina impermeable por envejecimiento o rigidez, por la rotura de la armadura.
- La lámina impermeable no esté protegida frente a las raíces, deteriorándose la misma al paso del tiempo.

- Mala ejecución de la impermeabilización, en los solapes y puntos singulares.
- Perforación de la lámina a causa de realizar trabajos posteriores a su colocación y que nada tienen que ver con la fase de impermeabilización.

La actuación en una cubierta ajardinada con problemas de filtraciones de agua es muy costosa y laboriosa, debido a que se debe de eliminar la capa de tierra hasta acceder a la impermeabilización. El proceso de trabajo es el siguiente:

- a) Demolición de cubierta hasta llegar a la impermeabilización existente.
- b) Limpieza de la superficie.
- c) Limpieza y saneado de la junta de dilatación.
- d) Sellado de la junta de dilatación.
- e) Inspección y sustitución de las cazoletas de desagüe.
- f) Inspección de la lámina y del sistema de colocación (adherida o flotante). En caso de ser flotante la lámina antigua también deberá de eliminarse.
- g) Reimpermeabilización de la cubierta mediante lámina impermeable antirraíces, podrá realizarse monocapa o bicapa, y deberá estar adherida al soporte, cumplirá con la norma. La elevación de la lámina en el alambor debe ser superior a 10 cm de la capa de manto vegetal.

h) Drenaje de cubierta mediante una lámina drenante de nódulos de poliestireno.

i) Colocación de geotextil si no lo tuviese incorporado la lámina drenante.

j) Extensión de una capa de grava de río lavada de aproximadamente 10-15 cm.

k) Colocación de geotextil de polipropileno.

l) Extensión de capa de manto vegetal, de espesor mínimo 20-25 cm

El análisis en los fallos de las cubiertas planas, pasa por el estudio de puntos singulares de ejecución delicada, tales como: uniones y solapes de las láminas, refuerzos de limas, canales y cazoletas, empuje del hormigón de formación de pendiente sobre los elementos verticales, efecto de dilatación de la lámina en su remonte y encuentro con los petos, juntas de dilatación de la cubierta, encuentros con las medianeras y todos aquellos puntos singulares propios del diseño. También existen problemas cuando después de haber ejecutado bien una cubierta se colocan antenas, barandillas metálicas y estructuras de tendederos anclados a la cubierta y perforando la lámina impermeable.

Incompatibilidades de materiales

Otras patologías que pueden darse en la cubierta son debidas al uso de materiales incompatibles. Estas incompatibilidades pueden provocar procesos químicos y físicos que pueden provocar daños a corto plazo.

- Incompatibilidades en la membrana:

- No utilizar en la misma membrana materiales a base de betunes asfálticos y másticos de alquitrán modificado.
- No utilizar en la misma membrana oxiasfalto o láminas de oxiasfalto con láminas de betún plastómero (APP), que no sean específicamente compatibles con aquellos.
- No utilizar en la misma membrana láminas o másticos de betún asfáltico y láminas o elementos de PVC, excepto cuando estos últimos sean específicamente compatibles con aquellos. Se pueden separar con un geotextil.
- Incompatibilidades del sistema:
 - No se utilizarán láminas o másticos de alquitrán en contacto con aislamientos de espumas plásticas de poliestireno.
 - La membrana impermeabilizante será compatible con aislamientos a base de espumas plásticas.

5 Control de calidad

El concepto de calidad en la construcción ha recibido diversas definiciones. La más aceptada es la que relaciona calidad con adecuación al uso. La calidad no debe limitarse a un simple control de recepción de los materiales, la calidad debe verificarse a lo largo de todo el proceso de construcción, desde el proyecto, el proceso constructivo y el control del uso y mantenimiento.

5.1. Certificados de Calidad y Normativa

Un aspecto de vital importancia para conseguir una garantía total que satisfaga las necesidades establecidas en cualquier obra o instalación arquitectónica y de ingeniería, es la calidad de todo material que se utilice en ella.

La calidad de los productos, procesos de fabricación e incluso los servicios están avalados por su *normalización, homologación y certificado*. Desde el año 1985 en España el Ministerio de Industria y Energía por medio de la Dirección General de Innovación Industrial y Tecnología, promovió la Campaña de Calidad Industrial, con la intención de establecer las directrices necesarias para que la industria española fuese competitiva, por la entrada de nuestra nación en la Comunidad Económica Europea (CEE), en el año 1986.

Para ampliar su campo de actuación en el tema de la calidad, la Administración española ha designado a empresas como entidades reconocidas para desarrollar trabajos de normalización y certificación de materiales y productos:

1. AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación)
2. BEQUINOR (Asociación Nacional de Normalización de Bienes de Equipo)
3. INCE (Instituto Nacional para la Calidad de la Edificación)
4. IRANOR (Instituto de Racionalización y Normalización)
5. AIDICO (Instituto Tecnológico de la Construcción)

En la actualidad la Dirección General de Política Tecnológica y la Asociación Española para el Control de la Calidad (AECC) son los máximos responsables de gestionar la calidad en España.

La tendencia actual, cada vez más generalizada, es que todas las empresas dedicadas a la transformación y manufactura de materiales establezcan sus propios controles mediante auditorias de calidad, no sólo de los productos terminados, sino también de las materias primas, de los productos intermedios y de los procesos de fabricación.

El control de la calidad pretende conseguir que todos los materiales y sus procesos de fabricación cumplan las especificaciones establecidas por organismos competentes, ya sean públicos o privados, en relación con:

6. Las características mecánicas
7. La composición química

8. El suministro y el transporte
9. La recepción y el almacenamiento

Tanto el suministro y el transporte como la recepción y el almacenamiento tienen dos vertientes a considerar: las materias primas con las que se consigue el producto final y el producto final que adquiere el consumidor.

En cuanto al proceso de fabricación, el mantenimiento preventivo de los equipos y máquinas, así como la calibración permanente de los instrumentos y aparatos de control, evitará desajustes mecánicos que incidan en la calidad del producto a fabricar.

Por todo lo expuesto se debe exigir a los suministradores de materiales, que en escasas ocasiones son los propios fabricantes, el cumplimiento de una calidad acorde con la normativa establecida.

La normativa a la que nos referimos está integrada, fundamentalmente, por lo siguiente:

10. UNE (Una Norma Española, española)
 11. CTE (Código Técnico de la Edificación)
 12. NTE (Norma Tecnológica de la Edificación, española)
 13. DIN (Das Ist Norm, alemana)
 14. ISO (International Standardization Organization, norma internacional)
- Reglamentos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC)

Las normas UNE, de obligado cumplimiento, son redactadas y aprobadas, previa información pública que puede dar lugar a anulaciones, por resoluciones de la Dirección General de Política Tecnológica del Ministerio de Industria. Su contenido es amplísimo, incluyendo todo tipo de temas relacionados con la industria y la arquitectura.

El Código Técnico de la Edificación (CTE) es el conjunto principal de normativas que regulan la construcción de edificios en España desde 2006. En él se establecen los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad de las construcciones, definidos por la Ley de Ordenación de la Edificación (LOE).¹ Sus exigencias intervienen en las fases de proyecto, construcción, mantenimiento y conservación. Es una normativa basada en prestaciones.

Aunque el CTE aglutina la mayoría de las normativas de edificación de España, existen otras que siendo vigentes no pertenecen al CTE, como es la EHE 08.

Las Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE) no son normas de obligado cumplimiento. Son recomendadas por la Administración Pública para la aplicación práctica de la normativa obligatoria. Son redactadas por el Ministerio de Obras Públicas.

Los Reglamentos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) son, asimismo, de obligado cumplimiento.

En España la normativa es, por lo general, competencia de la Administración Pública, aunque no es un solo Organismo quien la emite. Por lo que respecta al cumplimiento de la normativa aplicable a un determinado

material, es necesario que el proyecto de fabricación, el producto o material fabricado y la puesta en obra estén perfectamente controlados.

Este control de la calidad se realiza en dos etapas o fases, y siguiendo la normativa exigible en cada caso:

15. Fase de *fabricación*. Autocontrol por el propio fabricante y control por la Administración o empresa colaboradora.

16. Fase de *puesta en obra*. En la recepción de los materiales y en el montaje, que debe ser realizado por una empresa calificada.

Los productos o materiales que en la fase de fabricación han superado las pruebas y ensayos a los que han sido sometidos, según la normativa aplicable, son homologados y distinguidos con un *certificado* de conformidad o de aceptación, o con una *marca* o *sello* de calidad.

Como ejemplo, tenemos en España la marca AENOR, aplicable a bienes de equipo, y el sello INCE, a materiales utilizados en la edificación. Como sello singular se encuentra el CIETSID, aplicable a redondos de acero.



Figura 22 Marca AENOR

En la Unión Europea existe la marca de declaración UE de conformidad, que debe ser utilizada por los Estados miembros en todos los productos y materiales que se comercialicen en el ámbito del Mercado Común.

Es condición indispensable para la homologación de materiales o productos que los equipos y maquinaria utilizados en su fabricación estén calibrados.

Tanto los ensayos de los materiales como la calibración de la maquinaria, deben ser realizados por laboratorios calificados y acreditados por la Administración Pública, inscritos en el Registro General de Laboratorios de Ensayo, en el primer caso, y en el de los Servicios de Calibración, en el segundo.



Figura 23 Declaración UE



Figura 24 Sello INCE

Igualmente, las empresas que demuestren tener un sistema de salvaguarda de la calidad, tanto para los procesos como para los servicios, o la propia organización interna, son distinguidos con un certificado de conformidad.

AENOR concede los certificados de Registro de Empresa y el sello correspondiente.



Figura 25 Marca AENOR
Registro de Empresa

5.2. Control de recepción de los materiales

Los productos impermeabilizantes deben estar oficialmente homologados.

Debe tenerse en cuenta el control de recepción de los materiales en obra, así como a las condiciones de embalaje y de presentación, de cada producto.

Cuando la dirección facultativa estime necesario comprobar alguna de las características físicas o químicas de algún producto mediante ensayos, éstos deben realizarse de acuerdo con las UNE correspondientes.

Si el producto posee un Distintivo de Calidad homologado por el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, la dirección facultativa puede simplificar la recepción, reduciéndola a la identificación del material cuando éste llegue a la obra.

Asimismo, para los productos que procedan de los estados miembros de la CEE, que hayan sido fabricados según especificaciones técnicas nacionales garantizadoras de objetivos de calidad equivalentes a los proporcionados por esta norma y que estén avalados por certificados de controles o ensayos realizados por laboratorios oficialmente reconocidos en los estados de origen, la dirección facultativa puede simplificar la recepción, reduciéndola a la identificación del material cuando éste llegue a la obra.

5.3. Control de ejecución

La dirección facultativa debe establecer los controles precisos para comprobar que la ejecución de la obra se ajusta tanto al proyecto de ejecución, como a las condiciones generales que se establecen en esta norma sobre pendientes, estado del soporte de la impermeabilización, colocación de las láminas y de la protección, así como ejecución de elementos singulares, tales como bordes, encuentros, desagües y juntas.

La dirección facultativa puede exigir la realización de una prueba de servicio de la cubierta para comprobar si aparecen o no humedades debajo de la cubierta, en los muros o en los tabiques. Estas pruebas deben llevarse a cabo por un organismo autorizado (un laboratorio de control).

La prueba de servicio debe consistir en una inundación hasta un nivel de 5 cm, aproximadamente, por debajo del punto más alto de la entrega más baja de la impermeabilización en paramentos y teniendo en cuenta que la carga de agua no sobrepase los límites de resistencia de la cubierta. La inundación debe mantenerse hasta el nivel indicado durante 24 horas, como mínimo. Los desagües deben obturarse mediante un sistema que permita evacuar el agua en el caso de que se rebase el nivel requerido, para mantener éste.

Una vez finalizado el ensayo, deben destaparse los desagües; la operación debe realizarse de forma progresiva para evitar que la evacuación del agua produzca daños en las bajantes. En las cubiertas en las que no sea posible la inundación debe precederse a un riego continuo de la cubierta durante 48 horas.

Para una organización eficaz de los trabajos de control de calidad, se deben determinar previamente las unidades a comprobar. Esta sistematización, bien organizada y señalizada puntualmente en el Documento de Control, contribuirá a la garantía del conjunto de la construcción, a una mayor durabilidad de las unidades de obra y los materiales utilizados, reduciendo los posibles errores tanto en los materiales como en la ejecución.

6. Seguridad y Salud

6.1. Seguridad y Salud en la construcción

En las obras de construcción, se debe cumplir el Art. 4 del R.D. 1.627/1997, de 24 de octubre, por la cual se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y de salud, por el Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra designado por el Promotor, y en representación de éste.

La necesidad hoy en día del cumplimiento de las medidas de seguridad y salud viene determinada por el alto número de accidentes laborales que se producen en el sector de la construcción.

Se debe concienciar al trabajador que el cumplimiento de estas medidas corresponde con la seguridad de su persona física, compañeros y demás personas que le rodean.

Así mismo es importante recordar que los operarios incumplen dichas medidas tras varios días consecutivos en un mismo punto de trabajo, ya que se habitúan al él y pierden el miedo al riesgo expuesto. Corresponde en este caso a la persona responsable, encargado, jefe de obra, etc , recordar el cumplimiento de las mismas.

En el caso de trabajos sobre cubiertas los riesgos de caídas se acentúan, puesto que por lo general se trabaja a grandes alturas y la mayoría de veces sin la adecuada protección.

Cuando en un lugar de trabajo las medidas de seguridad, tanto

personales como colectivas sean escasas o insuficientes, tanto el trabajador como persona que esté a su cargo, no debe consentir nunca la realización de dicho trabajo existiendo riesgo para el trabajador.

Todos los equipos de protección individual deberán estar debidamente certificados por un organismo notificado, según lo señala el R.D. 1.407/1992, de 30 de noviembre, así como el R.D. 159/1995, de 3 de febrero.

En los casos que no exista norma oficial para la certificación, los equipos de protección individual serán normalizados por el propio contratista para su utilización de entre los aquellos que existan en el mercado y que reúnan una calidad adecuada a sus respectivas prestaciones.

Cabe no obstante indicar que la utilización prioritaria de Equipos de Protección Individual de forma preferente a una adecuada instalación de Sistemas de Protección Colectiva, o mejor aún a la reducción de los riesgos mediante la integración de la seguridad en las fases de proyecto y/o planificación de los trabajos, significa el reconocimiento de que el centro de trabajo carece de unas condiciones de seguridad que reúnan las debidas garantías.

En el almacén de la obra debe existir permanentemente una reserva de estos equipos de protección, de forma que quede garantizado su suministro a todo el personal sin que pueda producir, razonablemente, carencia de ellos.

En esta previsión se debe tener en cuenta la rotación del personal, la vida útil de los equipos y su fecha de caducidad.

6.2. Riesgos más comunes en cubiertas planas.

Para comenzar este punto cabe mencionar algunos puntos básicos para todo trabajo en obra como son:

- Riesgos por trabajar en obra.
- Riesgos por trabajar en cubierta plana.
- Riesgos por ascender y descender de cubierta.

Así mismo comentar los distintos trabajos a realizar por unidad de obra a ejecutar y sus riesgos y medidas a adoptar:

- Barrera corta vapor:
 - * Mediante emulsión asfáltica.
 - * Mediante lámina de asfalto.
- Formación de pendientes:
 - * Ejecución de limas de fabrica de ladrillo.
 - * Relleno de limas de pendientes.
- 1-Hormigón celular.
- 2-Arcillas expandidas.
- 3-Mortero de cemento.
- Capa de regularización.
- Impermeabilización:
 - * Láminas asfálticas.
 - * Láminas sintéticas.
 - * Impermeabilizaciones in situ.
- 1-Bituminosos.

2-Sintéticos.

- Protección y acabados:

- * Aislamiento térmico.
- * Capas separadoras.
- * Protección pesada de gravas.
- * Protección pesada de pavimento fijo.
- * Protección pesada de pavimento flotante.

ACTIVIDAD: CIRCULACIÓN EN OBRA

RIESGOS MÁS COMUNES:

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Cortes con elementos punzantes.
- Caída de material.

MEDIDAS PREVENTIVAS:

- Limpieza de escombros y materiales en zonas de circulación de personal.
- Barandilla y redes de protección en perímetros y huecos de forjado.
- Huecos en forjado de pequeñas dimensiones deben de taparse con tabloncillos ajustados al mismo.
- Señalización de elementos punzantes y protección de los mismos.

PROTECCIONES PERSONALES RECOMENDADAS:

- Casco de polietileno.
- Botas de seguridad.
- Ropa de trabajo adecuada.

ACTIVIDAD: TRABAJOS EN CUBIERTA PLANA

RIESGOS MÁS COMUNES:

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Cortes con elementos punzantes.
- Caída de objetos a niveles inferiores.
- Sobreesfuerzos.

MEDIDAS PREVENTIVAS:

- Limpieza de escombros y material en zonas de circulación del personal.
- Barandillas y redes de protección en perímetros y huecos de forjado.
- Huecos en forjado de pequeñas dimensiones deben de taparse con tabloncillos ajustados al mismo y clavados al forjado.
- Los acopios de material se repartirán en cubierta, evitando las sobrecargas puntuales.

- El personal encargado de la construcción de la cubierta será conocedor del sistema constructivo más correcto a poner en práctica, en prevención de los riesgos por impericia.
- El riesgo de caída al vacío, se controlará instalando redes de horca en los perímetros del edificio. No se permite caídas sobre red superior a los 6 m de altura.
- Se tenderá, unido a dos “puntos fuertes” instalados en las limatesas, un cable de acero de seguridad en el que anclar el fiador del cinturón de seguridad, durante la ejecución de las labores sobre los faldones de la cubierta.
- El riesgo de caída de altura se controlará manteniendo los andamios metálicos apoyados de construcción del cerramiento. En la coronación de los mismos, bajo cota de alero, (o canalón), y sin dejar separación con la fachada, se dispondrá una plataforma sólida (tablones de madera trabados o de piezas especiales metálicas para formar plataformas de trabajo en andamios tubulares existentes en el mercado), recercado de una barandilla sólida cuajada, (tablestacado, tableros de T.P. reforzados), que sobrepasen en 1m la cota límite del alero.
- Los faldones se mantendrán libres de objetos que puedan dificultar los trabajos o los desplazamientos seguros.

PROTECCIONES PERSONALES RECOMENDADAS:

- Casco de polietileno.
- Botas de seguridad.

- Ropa de trabajo adecuada.
- Cinturón de seguridad, clase A y C.

ACTIVIDAD: ASCENSO Y DESCENSO DE CUBIERTA POR ESCALERA DE MANO

RIESGOS MÁS COMUNES:

- Caídas del personal mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Deslizamientos por incorrecto apoyo (falta de zapatas, etc.)
- Vuelco lateral por apoyo irregular.
- Rotura por defectos ocultos.
- Las derivadas de los usos inadecuados o de montajes peligrosos (empalme de escaleras, formación de plataformas de trabajo, escaleras “cortes” para la altura a salvar, etc.)
- Otros.

MEDIDAS PREVENTIVAS:

(Escaleras metálicas)

- Los largueros serán de una sola pieza y estarán sin deformaciones o abolladuras que puedan mermar su seguridad.

- Las escaleras metálicas estarán pintadas con pintura antioxidación que las preserven de las agresiones de la intemperie.
- Las escaleras metálicas a utilizar, no estarán suplementadas con uniones soldadas.
- Se prohíbe la utilización de escaleras de mano para salvar alturas superiores a 5 m.
- Las escaleras de mano a utilizar estarán dotadas en su extremo inferior de zapatas antideslizantes de seguridad.
- Las escaleras de mano a utilizar estarán firmemente amarradas en su extremo superior al objeto o estructura al que dan acceso.
- Las escaleras de mano sobrepasarán en 1 m la altura a salvar.
- Las escaleras de mano a utilizar, se instalarán de tal forma, que su apoyo inferior diste de la proyección vertical del superior, $\frac{1}{4}$ de la longitud del larguero entre apoyos.
- Se prohíbe transportar pesos a mano (o a hombro), iguales o superiores a 25 Kg. Sobre las escaleras de mano.
- Se prohíbe apoyar la base de las escaleras de mano de esta obra, sobre lugares u objetos poco firmes que pueden mermar la estabilidad de este medio auxiliar.
- El acceso de operarios en esta obra, a través de las escaleras de mano, se realizará de uno en uno. Se prohíbe la utilización al unísono de la escalera a dos o más operarios.

- El ascenso y descenso y trabajo a través de las escaleras de mano, se efectuará frontalmente, es decir, mirando directamente hacia los peldaños que se están utilizando.

(Escalera de madera)

- Son las más inseguras por estar expuestas a las inclemencias del tiempo como humedad, calor, lluvias, etc.
- Se aconseja su uso sólo para pequeñas alturas.
- No deben pintarse con el fin de que los defectos sobrevenidos después de su construcción puedan detectarse.
- Los largueros serán de una sola pieza.
- Los peldaños no se clavarán a los largueros, sino que estarán ensamblados a éstos.

PROTECCIONES PERSONALES RECOMENDADAS:

- Casco de polietileno.
- Ropa de trabajo adecuada.
- Botas de seguridad.
- Calzado antideslizante.
- Cinturón de seguridad clase A y C.

ACTIVIDAD: EJECUCIÓN BARRERA DE VAPOR PINTADA MEDIANTE
EMULSIÓN ASFALTICA

RIESGOS MÁS COMUNES:

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Cortes con elementos punzantes.
- Caída de objetos a niveles inferiores.
- Sobreesfuerzos.
- Cuerpos extraños en los ojos (motas de pigmento)
- Los derivados de los trabajos realizados en atmósferas nocivas (intoxicaciones).
- Contacto con sustancias corrosivas.

MEDIDAS PREVENTIVAS:

- Limpieza de escombros y materiales en zonas de circulación del personal.
- Barandillas y redes de protección en perímetros y huecos de forjado.
- Huecos en forjado de pequeñas dimensiones deben de taparse con tablonas ajustados al mismo y clavados al forjado.
- Los acopios de material se repartirán en cubierta, evitando las sobrecargas puntuales.

- Se tenderá cables de seguridad amarrados a los puntos fuertes de obra, de los que amarrar el fiador del cinturón de seguridad en las situaciones de riesgo de caída desde altura.
- Las emulsiones asfálticas, se almacenaran en lugares ventilados.
- Se prohíbe fumar o comer en las inmediaciones en las que se esté pintando con emulsión asfáltica.
- Se prohíbe trabajar junto a los paramentos recién levantados antes de transcurridas 48 horas. Si existe un régimen de vientos fuertes incidiendo sobre ellos, pueden derrumbarse sobre el personal.

PROTECCIONES PERSONALES RECOMENDADAS:

- Casco de polietileno.
- Botas de seguridad antideslizantes.
- Ropa de trabajo adecuada.
- Cinturón de seguridad.
- Guantes de P.V.C.
- Mascarilla con filtro químico específico recambiable.
- Gafas de seguridad (antipartículas y gotas).

ACTIVIDAD: EJECUCIÓN BARRERA DE VAPOR MEDIANTE LÁMINA SOLDADA.

RIESGOS MÁS COMUNES:

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas de personal y/u material a distinto nivel.
- Quemaduras.
- Cortes.
- Inhalación de gases.
- Sobreesfuerzos.
- Los inherentes al propio trabajo a ejecutar.
- Otros.

MEDIDAS PREVENTIVAS:

- Limpieza de escombros y materiales en zonas de circulación del personal.
- Barandillas de 90 cm de altura y redes de protección en perímetros y huecos de forjado.
- Se prohíbe lanzar materiales u herramientas directamente por las aberturas de fachadas o huecos interiores.
- Se prohíbe trabajar junto a los paramentos recién levantados antes de transcurridas 48 horas. Si existe un régimen de vientos fuertes incidiendo sobre ellos, pueden derrumbarse.

- Se tenderá cables de seguridad amarrados a los puntos fuertes de obra, de los que amarrar el fiador del cinturón de seguridad en las situaciones de riesgo de caída desde altura.
- Huecos en forjado de pequeñas dimensiones deben de taparse con tabloncillos ajustados al mismo.
- Los acopios de material se repartirán en cubierta, evitando las sobrecargas puntuales.
- Se prohíbe balancear las cargas suspendidas para su instalación en las plantas, en prevención del riesgo de caída al vacío.
- El material bituminoso se izará a las plantas sin romper los flejes (o envoltura de P.V.C) con las que lo suministre el fabricante, para evitar los riesgos por derrame de la carga.
- Los rollos de lámina sueltos se izarán apilados ordenadamente en el interior de plataformas de izar emplintadas, vigilando que no puedan caer las piezas por desplome durante el transporte.
- El material bituminoso paletizado transportado con grúa, se gobernará mediante cabos armados a la base de la plataforma de elevación. Nunca directamente con las manos, en prevención de golpes, atrapamientos o caídas al vacío por péndulo de la carga.
- Se prohíbe concentrar las cargas de material bituminoso sobre vanos. El acopio de palets, se realizará próximo a cada pilar para evitar las sobrecargas de la estructura en los lugares de menor resistencia.

- Los rollos de tela asfáltica se repartirán uniformemente, evitando sobrecargas, calzados para evitar que rueden y ordenados por zonas de trabajo.
- Los plásticos, cartón, papel y flejes, procedentes de los diversos empaquetados, se recogerán inmediatamente que se hayan abierto los paquetes, para su eliminación posterior, al igual que recortes y remechones de tela asfáltica que no se vaya a utilizar.
- Se deberá revisar semanalmente el estado de las mangueras de soldadura, evitando así escapes y explosiones por fuga de gas.
- Se deberá revisar semanalmente el soplete para evitar fallos en el mismo que puedan dar origen a explosiones por escapes de gas o mal funcionamiento del mismo.

PROTECCIONES PERSONALES RECOMENDABLES:

- Casco de polietileno (preferiblemente con barbuquejo)
- Botas de seguridad (fabricadas en cuero)
- Guantes de cuero impermeabilizados.
- Cinturón de seguridad, clase A y C.
- Ropa de trabajo.
- Trajes impermeables para tiempo lluvioso.
- Polainas de cuero.
- Mandiles de cuero.
- Mascarilla con filtro químico específico recambiable.

ACTIVIDAD: EJECUCION LIMAS DE PENDIENTES / USO DE

HERRAMIENTAS MANUALES

RIESGOS MÁS COMUNES:

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Caída de objetos sobre las personas.
- Golpes contra objetos en las manos y pies.
- Cortes por el manejo de objetos y herramientas manuales.
- Dermatitis por contacto con el cemento.
- Proyecciones de partículas.
- Sobreesfuerzos.
- Otros.

MEDIDAS PREVENTIVAS:

- Limpieza de escombros y materiales en zonas de circulación del personal.
- Barandilla de 90 cm de altura y redes de protección en perímetros y huecos de forjado.
- Todos los huecos del forjado horizontal, permanecerán tapados con madera clavada durante la construcción de los tabiquillos de formación de las pendientes de los tableros.

- Los acopios de material se repartirán en cubierta, evitando las sobrecargas puntuales.
- Se prohíbe balancear las cargas suspendidas para su instalación en las plantas, en prevención del riesgo de caída al vacío.
- El material cerámico se izará a las plantas sin romper los flejes (o envoltura de P.V.C) con las que lo suministre el fabricante, para evitar los riesgos por derrame de la carga.
- El ladrillo suelto se izará apilado ordenadamente en el interior de plataformas de izar emplintadas, vigilando que no puedan caer las piezas por desplome durante el transporte.
- La cerámica paletizada transportada con grúa, se gobernará mediante cabos armados a la base de la plataforma de elevación. Nunca directamente con las manos, en prevención de golpes, atrapamientos o caídas al vacío por péndulo de la carga.
- Se prohíbe concentrar las cargas de ladrillos sobre vanos. El acopio de palets, se realizará próximo a cada pilar para evitar las sobrecargas de la estructura en los lugares de menor resistencia.
- Se prohíbe lanzar cascotes directamente por las aberturas de fachadas o huecos interiores.
- Se prohíbe trabajar junto a los paramentos recién levantados antes de transcurridas 48 horas. Si existe un régimen de vientos fuertes incidiendo sobre ellos, pueden derrumbarse.

- Se tenderá cables de seguridad amarrados a los puntos fuertes de obra, de los que amarrar el fiador del cinturón de seguridad en las situaciones de riesgo de caída desde altura.

- Las herramientas manuales antes de ser usadas, se revisarán, desechándose las que no se encuentren en buen estado de conservación.

- Se mantendrán limpias de aceites, grasa y otras sustancias deslizantes.

- Para evitar caídas, cortes o riesgos analógicos, se colocarán en portaherramientas o estantes adecuados.

- Durante su uso se evitará su depósito arbitrario por los suelos.

- Los trabajadores recibirán instrucciones correctas sobre el uso correcto de las herramientas que hayan de utilizar.

PROTECCIONES PERSONALES RECOMENDADAS:

- Casco de polietileno.

- Botas de seguridad.

- Guantes de P.V.C. o de goma.

- Guantes de cuero.

- Cinturón de seguridad, clase A y C.

- Botas de goma con puntera reforzada.

- Ropa de trabajo.

- Trajes para tiempo lluvioso.
- Gafas antiimpactos.

ACTIVIDAD: VERTIDO DE HORMIGÓN CELULAR

RIESGOS MÁS COMUNES:

- Caídas del personal mismo nivel.
- Caídas del personal y/u objetos a distinto nivel.
- Golpes contra objetos.
- Pisadas sobre objetos punzantes.
- Las derivadas de trabajos sobre suelos húmedos o mojados.
- Dermatitis por contacto con el cemento.
- Partículas en los ojos. (salpicaduras)
- Sobreesfuerzos.
- Electrocutión. Contactos eléctricos.
- Otros.

MEDIDAS PREVENTIVAS: (Vertido de hormigón mediante bombeo)

- El equipo encargado del manejo de la bomba de hormigón estará especializado en este trabajo.

- La manguera terminal de vertido, será gobernada por un mínimo a la vez de dos operarios, para evitar las caídas por movimientos incontrolados de la misma.
- El manejo, montaje y desmontaje de la tubería de la bomba de hormigonado, será dirigido por un operario especialista, en evitación de accidentes por tapones y sobre presiones internas.
- Antes de iniciar el bombeo del hormigón celular se deberá preparar el conducto enviando masa de mortero de dosificación, en evitación de atoramiento o tapones.
- Se revisará el buen estado de las viseras, su protección contra caída de objetos, solucionándose los deterioros diariamente.
- Se dispondrán accesos fáciles y seguros para llegar a los lugares de trabajo.
- Se prohíbe concentrar cargas de hormigón celular en un solo punto. El vertido se realizará extendiendo el hormigón celular con suavidad sin descargas bruscas y en superficies amplias.
- Limpieza de escombros y materiales en zonas de circulación del personal.
- Barandillas de 90 cm de altura y redes de protección en perímetros y huecos de forjado.
- Se prohíbe trabajar junto a los paramentos recién levantados antes de transcurridas 48 horas. Si existe un régimen de vientos fuertes incidiendo sobre ellos, pueden derrumbarse.

-Se tenderá cables de seguridad amarrados a los puntos fuertes de obra, de los que amarrar el fiador del cinturón de seguridad en las situaciones de riesgo de caída desde altura.

PROTECCIONES PERSONALES RECOMENDADAS:

- Casco de polietileno (preferiblemente con barbuquejo).
- Botas de seguridad.
- Guantes impermeabilizados y de cuero.
- Cinturón de seguridad, clase A y C.
- Botas de goma con puntera reforzada antideslizantes.
- Ropa de trabajo.
- Trajes impermeables para tiempo lluvioso.
- Gafas de seguridad antiproyecciones.

ACTIVIDAD: FABRICACIÓN DE HORMIGÓN CELULAR

RIESGOS MÁS COMUNES:

- Caídas del personal mismo nivel.
- Caídas del personal y/u objetos a distinto nivel.
- Golpes y cortes contra objetos.
- Atrapamientos.

- Pisadas sobre objetos punzantes.
- Las derivadas de trabajos sobre suelos húmedos o mojados.
- Dermatitis por contacto con el cemento.
- Partículas en los ojos (salpicaduras).
- Sobreesfuerzos.
- Electrocutión. Contactos con la energía eléctrica.
- Los inherentes al propio trabajo a ejecutar.
- Otros.

MEDIDAS PREVENTIVAS: (Fabricación hormigón celular)

- Los motores eléctricos estarán cubiertos de carcasas protectoras eliminadoras del contacto directo con la energía eléctrica. Se prohíbe su funcionamiento sin carcasa o con deterioros importantes de éstas.
- Se prohíbe la manipulación de cualquier elemento componente de una máquina accionada mediante energía eléctrica, estando conectada a la red de suministro.
- Los engranajes de cualquier tipo, de accionamiento mecánico, eléctrico o manual, estarán cubiertos por carcasa protectoras antiatrapamientos.
- Las máquinas averiadas que no se puedan retirar se señalarán con carteles de aviso con la leyenda: "MAQUINA AVERIADA, NO CONECTAR".
- Se prohíbe la manipulación y operaciones de ajuste y arreglo de máquinas al personal no especializado específicamente en la máquina objeto de reparación.

- Como precaución adicional para evitar la puesta en servicio de máquinas averiadas o de funcionamiento irregular, se bloquearán los arrancadores, o en su caso, se extraerán los fusibles eléctricos.
- La misma persona que instale el letrero de aviso de “MAQUINA AVERIADA”, será la encargada de retirarlo, en prevención de conexiones o puestas en servicio fuera de control.
- Sólo el personal autorizado será el encargado de la utilización de una determinada máquina.
- Las máquinas que no sean de sustentación manual se apoyarán siempre sobre elementos nivelados y firmes.
- La elevación o descenso a máquina de objetos, se efectuará lentamente, izándolos en directriz vertical. Se prohíben los tirones inclinados.
- Los ganchos de cuelgue de los aparatos de izar quedarán libres de cargas durante las fases de descenso.
- Las cargas en transporte suspendido estarán siempre a la vista, con el fin de evitar los accidentes por falta de visibilidad de la trayectoria de la carga.
- Los ángulos sin visión de la trayectoria de la carga, se suplirán mediante operarios que utilizando señales preacordadas suplan la visión del citado trabajo.
- Se prohíbe la permanencia o el trabajo de operarios en zonas bajo la trayectoria de cargas suspendidas.

PROTECCIONES PERSONALES RECOMENDADAS:

- Casco de polietileno.
- Ropa de trabajo.
- Botas de seguridad y antideslizantes.
- Guantes de goma o P.V.C.
- Gafas de seguridad antiproyecciones.
- Mascarilla con filtro mecánico específico recambiable (para ambientes pulverulentos)
- Trajes impermeables para tiempo lluvioso.

ACTIVIDAD: VERTIDO DE ARCILLAS EXPANDIDAS

RIESGOS MÁS COMUNES:

- Caídas del personal mismo nivel.
- Caídas del personal y/u objetos a distinto nivel.
- Golpes contra objetos.
- Pisadas sobre objetos punzantes.
- Las derivadas de trabajos sobre suelos húmedos o mojados.
- Dermatitis por contacto con el producto.
- Partículas en los ojos. (polvo)
- Sobreesfuerzos.

- Otros.

MEDIDAS PREVENTIVAS:

(Vertido de arcillas expandidas mediante bombeo)

- El equipo encargado del manejo de la bomba de hormigón estará especializado en este trabajo.
- La manguera terminal de vertido, será gobernada por un mínimo a la vez, de dos operarios, para evitar las caídas por movimientos incontrolados de la misma.
- El manejo, montaje y desmontaje de la tubería de la bomba de hormigonado, será dirigido por un operario especialista, en evitación de accidentes por tapones y sobre presiones internas.
- Antes de iniciar el bombeo, se deberá preparar el conducto, en evitación de atoramiento o tapones.
- Se revisará el buen estado de las viseras su protección contra caídas de objetos, solucionándose los deterioros diariamente.
- Será conveniente el humedecer la materia al unísono de su vertido para evitar ambientes polvorientos.
- Se dispondrán accesos fáciles y seguros para llegar a los lugares de trabajo.
- El vertido se realizará extendiendo las arcillas con suavidad sin descargas bruscas y en superficies amplias.
- Limpieza de escombros y materiales en zonas de circulación del personal.

- Barandillas de 90 cm de altura y redes de protección en perímetros y huecos de forjado.
- Se prohíbe lanzar cascotes directamente por las aberturas de fachadas o huecos interiores.
- Se prohíbe trabajar junto a los paramentos recién levantados antes de transcurridas 48 horas. Si existe un régimen de vientos fuertes incidiendo sobre ellos, pueden derrumbarse.
- Se tenderá cables de seguridad amarrados a los puntos fuertes de obra, de los que amarrar el fiador del cinturón de seguridad en las situaciones de riesgo de caída desde altura.

(Vertido de arcillas expandidas mediante balde)

- Se prohíbe cargar el cubo por encima de la carga máxima admisible de la grúa que lo sustenta.
- La apertura del cubo para vertido se ejecutará exclusivamente accionando la palanca para ello, con las manos protegidas con guantes impermeables.
- Se procurará no golpear con el cubo los paramentos verticales ni chimeneas de cubierta.
- Del cubo o cubilete penderán cabos de guía para ayuda a su correcta posición de vertido. Se prohíbe guiarlo o recibirlo directamente, en prevención de caídas por movimiento péndulas del cubo.
- Se revisará el buen estado de las viseras su protección contra caída de objetos, solucionándose los deterioros diariamente.

- Se dispondrán accesos fáciles y seguros para llegar a los lugares de trabajo.
- Limpieza de escombros y materiales en zonas de circulación del personal.
- Barandillas de 90 cm de altura y redes de protección en perímetros y huecos de forjado.
- Se prohíbe lanzar cascotes directamente por las aberturas de fachadas o huecos interiores.
- Se prohíbe trabajar junto a los paramentos recién levantados antes de transcurridas 48 horas. Si existe un régimen de vientos fuertes incidiendo sobre ellos, pueden derrumbarse.
- Se tenderá cables de seguridad amarrados a los puntos fuertes de obra, de los que se amarran el fiador del cinturón de seguridad en las situaciones de riesgo de caída desde altura.

PROTECCIONES PERSONALES RECOMENDADAS:

- Casco de polietileno (preferiblemente con barbuquejo)
- Botas de seguridad.
- Guantes de impermeabilizados y de cuero.
- Cinturón de seguridad, clase A y C.
- Mascarilla de filtro mecánico.
- Botas de goma con puntera reforzada antideslizantes.
- Ropa de trabajo.

- Trajes impermeables para tiempo lluvioso.
- Gafas de seguridad antiproyecciones.

ACTIVIDAD: RELLENO DE PENDIENTES CON MORTERO DE CEMENTO

RIESGOS MÁS COMUNES:

- Caídas del personal mismo nivel.
- Caídas del personal y/u objetos a distinto nivel.
- Golpes y cortes contra objetos.
- Pisadas sobre objetos punzantes.
- Las derivadas de trabajos sobre suelos húmedos o mojados.
- Dermatitis por contacto con el cemento.
- Partículas en los ojos. (salpicaduras)
- Sobreesfuerzos.
- Los inherentes al propio trabajo a ejecutar.
- Otros.

MEDIDAS PREVENTIVAS: (Vertido de hormigón mediante cubo)

- Se prohíbe cargar el cubo por encima de la carga máxima admisible de la grúa que lo sustenta.
- La apertura del cubo para vertido se ejecutará exclusivamente accionando la palanca para ello, con las manos protegidas con guantes impermeables.

- Se procurará no golpear con el cubo los paramentos verticales ni chimeneas de cubierta.
- Del cubo o cubilite penderán cabos de guía para ayudar a su correcta posición de vertido. Se prohíbe guiarlo o recibirlo directamente, en prevención de caídas por movimiento pendular del cubo.
- Se revisará el buen estado de las viseras, su protección contra caída de objetos, solucionándose los deterioros diariamente.
- Se dispondrán accesos fáciles y seguros para llegar a los lugares de trabajo.
- Se prohíbe concentrar cargas de mortero en un solo punto. El vertido se realizará extendiendo el mortero con suavidad sin descargas bruscas y en superficies amplias.
- Limpieza de escombros y materiales en zonas de circulación del personal.
- Barandillas de 90 cm de altura y redes de protección en perímetros y huecos de forjado.
- Se prohíbe lanzar cascotes directamente por las aberturas de fachadas o huecos interiores.
- Se prohíbe trabajar junto a los paramentos recién levantados antes de transcurridas 48 horas. Si existe un régimen de vientos fuertes incidiendo sobre ellos, pueden derrumbarse.
- Se tenderá cables de seguridad amarrados a los puntos fuertes de obra, de los que amarrar el fiador del cinturón de seguridad en las situaciones de riesgo de caídas desde altura.

PROTECCIONES PERSONALES RECOMENDADAS:

- Casco de polietileno (preferiblemente con barbuquejo)
- Botas de seguridad.
- Guantes impermeabilizados y de P.V.C. o goma.
- Cinturón de seguridad, clase A y C
- Botas de goma con puntera reforzada antideslizantes.
- Ropa de trabajo.
- Trajes impermeables para tiempo lluvioso.
- Gafas de seguridad antipartículas y gotas.

ACTIVIDAD: EJECUCIÓN CAPA DE REGULARIZACIÓN

RIESGOS MÁS COMUNES:

- Caídas del personal mismo nivel.
- Caídas del personal y/u objetos a distinto nivel.
- Golpes y cortes contra objetos.
- Pisadas sobre objetos punzantes.
- Las derivadas de trabajos sobre suelos húmedos o mojados.
- Dermatitis por contacto con el cemento.
- Partículas en los ojos. (salpicaduras)

- Sobreesfuerzos.
- Los inherentes al propio trabajo a ejecutar.
- Otros.

MEDIDAS PREVENTIVAS: (Vertido de hormigón mediante cubo)

- Se prohíbe cargar el cubo por encima de la carga máxima admisible de la grúa que lo sustenta.
- La apertura del cubo para vertido se ejecutará exclusivamente accionando la palanca para ello, con las manos protegidas con guantes impermeables.
- Se procurará no golpear con el cubo los paramentos verticales ni chimeneas de cubierta.
- Del cubo o cubilite penderán cabos de guía para ayudar a su correcta posición de vertido. Se prohíbe guiarlo o recibirlo directamente, en prevención de caídas por movimiento pendular del cubo.
- Se revisará el buen estado de las viseras, su protección contra caída de objetos, solucionándose los deterioros diariamente.
- Se dispondrán accesos fáciles y seguros para llegar a los lugares de trabajo.
- Se prohíbe concentrar cargas de mortero en un solo punto. El vertido se realizará extendiendo el mortero con suavidad sin descargas bruscas y en superficies amplias.
- Limpieza de escombros y materiales en zonas de circulación del personal.

- Barandillas de 90 cm de altura y redes de protección en perímetros y huecos de forjado.
- Se prohíbe lanzar cascotes directamente por las aberturas de fachadas o huecos interiores.
- Se prohíbe trabajar junto a los paramentos recién levantados antes de transcurridas 48 horas. Si existe un régimen de vientos fuertes incidiendo sobre ellos, pueden derrumbarse.
- Se tenderá cables de seguridad amarrados a los puntos fuertes de obra, de los que amarrar el fiador del cinturón de seguridad en las situaciones de riesgo de caídas desde altura.

PROTECCIONES PERSONALES RECOMENDADAS:

- Casco de polietileno (preferiblemente con barbuquejo)
- Botas de seguridad.
- Guantes impermeabilizados y de P.V.C. o goma.
- Cinturón de seguridad, clase A y C
- Botas de goma con puntera reforzada antideslizantes.
- Ropa de trabajo.
- Trajes impermeables para tiempo lluvioso.
- Gafas de seguridad antipartículas y gotas.

ACTIVIDAD: IMPERMEABILIZACIÓN MEDIANTE LÁMINAS ASFÁLTICAS

RIESGOS MÁS COMUNES:

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas de personal y/u material a distinto nivel.
- Quemaduras.
- Cortes.
- Inhalación de gases.
- Sobreesfuerzos.
- Los inherentes al propio trabajo a ejecutar.
- Otros.

MEDIDAS PREVENTIVAS:

- Limpieza de escombros y materiales en zonas de circulación de personal.
- Barandillas de 90 cm de altura y redes de protección en perímetros y huecos de forjado.
- Se prohíbe lanzar materiales u herramientas directamente por las aberturas de fachadas o huecos interiores.
- Se prohíbe trabajar junto a los paramentos recién levantados antes de transcurridas 48 horas. Si existe un régimen de vientos fuertes incidiendo sobre ellos, pueden derrumbarse.

- Se tenderá cables de seguridad amarrados a los puntos fuertes de obra, de los que amarrar el fiador del cinturón de seguridad en las situaciones de riesgo de caída desde altura.
- Huecos en forjado de pequeñas dimensiones deben de taparse con tablones ajustados al mismo.
- Los acopios de material se repartirán en cubierta, evitando las sobrecargas puntuales.
- Se prohíbe balancear las cargas suspendidas para su instalación en las plantas, en prevención del riesgo de caída al vacío.
- El material bituminoso se izará a las plantas sin romper los flejes (o envoltura de P.V.C.) con las que lo suministre el fabricante, para evitar los riesgos por derrame de la carga.
- Los rollos de lámina impermeabilizante sueltos se izarán apilados ordenadamente en el interior de plataformas de izar emplintadas, vigilando que no puedan caer las piezas por desplome durante el transporte.
- El material bituminoso paletizado transportado con grúa, se gobernará mediante cabos armados a la base de la plataforma de elevación. Nunca directamente con las manos, en prevención de golpes, atrapamientos o caídas al vacío por péndulo de la carga.
- Se prohíbe concentrar las cargas de material bituminoso sobre vanos. El acopio de palets, se realizará próximo a cada pilar para evitar las sobrecargas de la estructura en los lugares de menor resistencia.

- Los rollos de tela asfáltica se repartirán uniformemente, evitando sobrecargas, calzados para evitar que rueden y ordenados por zonas de trabajo.
- Los plásticos, cartón, papel y flejes, procedentes de los diversos empaquetados, se recogerán inmediatamente que se hayan abierto los paquetes, para su eliminación posterior, al igual que recortes y remechones de tela asfáltica que no se vaya a utilizar.
- Se deberá revisar semanalmente el estado de las mangueras de soldadura, evitando así escapes y explosiones por fuga de gas.
- Se deberá revisar semanalmente el soplete para evitar fallos en el mismo que puedan dar origen a explosiones por escapes de gas o mal funcionamiento del mismo.

PROTECCIONES PERSONALES RECOMENDABLES:

- Casco de polietileno (preferiblemente con barbuquejo).
- Botas de seguridad (fabricadas en cuero).
- Guantes de cuero impermeabilizados.
- Cinturón de seguridad, clase A y C.
- Ropa de trabajo.
- Trajes impermeables para tiempo lluvioso.
- Polainas de cuero.
- Mandiles de cuero.
- Mascarilla con filtro químico específico recambiable.

ACTIVIDAD: IMPERMEABILIZACIÓN MEDIANTE LÁMINAS SINTÉTICAS.

RIESGOS MÁS COMUNES:

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas de personal y/u material a distinto nivel.
- Contactos térmicos.
- Cortes.
- Inhalación de gases.
- Electrocutión. Contactos con la energía eléctrica.
- Sobreesfuerzos.
- Los inherentes al propio trabajo a ejecutar.
- Otros.

MEDIDAS PREVENTIVAS:

- Limpieza de escombros y materiales en zonas de circulación de personal.
- Barandillas de 90 cm de altura y redes de protección en perímetros y huecos de forjado.
- Se prohíbe lanzar materiales u herramientas directamente por las aberturas de fachadas o huecos interiores.

- Se prohíbe trabajar junto a los paramentos recién levantados antes de transcurridas 48 horas. Si existe un régimen de vientos fuertes incidiendo sobre ellos, pueden derrumbarse.
- Se tenderá cables de seguridad amarrados a los puntos fuertes de obra, de los que amarrar el fiador del cinturón de seguridad en las situaciones de riesgo de caída desde altura.
- Huecos en forjado de pequeñas dimensiones deben de taparse con tabloncillos ajustados al mismo.
- Los acopios de material se repartirán en cubierta, evitando las sobrecargas puntuales.
- Se prohíbe balancear las cargas suspendidas para su instalación en las plantas, en prevención del riesgo de caída al vacío.
- El material se izará a las plantas sin romper los flejes (o envoltura de P.V.C.) con las que lo suministre el fabricante, para evitar los riesgos por derrame de la carga.
- Los rollos de lámina sueltos se izarán apilados ordenadamente en el interior de plataformas de izar emplintadas, vigilando que no puedan caer las piezas por desplome durante el transporte.
- El material impermeabilizante paletizado transportado con grúa, se gobernará mediante cabos armados a la base de la plataforma de elevación. Nunca directamente con las manos, en prevención de golpes, atrapamientos o caídas al vacío por péndulo de la carga.

- Se prohíbe concentrar las cargas de material bituminoso sobre vanos. El acopio de palets, se realizará próximo a cada pilar para evitar las sobrecargas de la estructura en los lugares de menor resistencia.
- Los rollos de lámina impermeabilizante se repartirán uniformemente, evitando sobrecargas, calzados para evitar que rueden y ordenados por zonas de trabajo.
- Los plásticos, cartón, papel y flejes, procedentes de los diversos empaquetados, se recogerán inmediatamente que se hayan abierto los paquetes, para su eliminación posterior, al igual que recortes y de lámina que no se vaya a utilizar.
- Los elementos utilizados para soldar (proporcionando calor) deberán estar cubiertos mediante carcasas protectoras eliminadoras del contacto directo con la energía eléctrica. Se prohíbe su funcionamiento sin carcasa o con deterioros importantes.
- Las herramientas de funcionamiento irregular o averiadas serán retiradas inmediatamente para su reparación.
- Las herramientas averiadas que no puedan ser retiradas se señalarán con carteles de aviso con la leyenda: "Herramienta averiada, no conectar".
- Sólo el personal autorizado será el encargado de la utilización de una determinada herramienta.
- Las herramientas que no sean de sustentación manual se apoyaran siempre sobre elementos nivelados y firmes.

PROTECCIONES PERSONALES RECOMENDABLES:

- Casco de polietileno (preferiblemente con barbuquejo).
- Botas de seguridad. (fabricadas en cuero)
- Guantes de cuero impermeabilizados.
- Cinturón de seguridad, clase A y C.
- Ropa de trabajo.
- Trajes impermeables para tiempo lluvioso.
- Mascarilla con filtro químico específico recambiable.

ACTIVIDAD: EJECUCIÓN BARRERA DE VAPOR PINTADA MEDIANTE EMULSIÓN ASFÁLTICA

RIESGOS MÁS COMUNES:

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Cortes con elementos punzantes.
- Caída de objetos a niveles inferiores.
- Sobreesfuerzos.
- Contactos térmicos.
- Incendios.

- Cuerpos extraños en los ojos (motas de pigmento).
- Los derivados de los trabajos realizados en atmósferas nocivas (intoxicaciones).
- Contacto con sustancias corrosivas.

MEDIDAS PREVENTIVAS:

- Limpieza de escombros y material en zonas de circulación del personal.
- Barandillas y redes de protección en perímetros y huecos de forjado.
- Huecos en forjado de pequeñas dimensiones deben de taparse con tabloncillos ajustados al mismo y clavados al forjado.
- Los acopios de material se repartirán en cubierta, evitando las sobrecargas puntuales.
- Se tenderá cables de seguridad amarrados a los puntos fuertes de obra, de los que amarrar el fiador del cinturón de seguridad en las situaciones de riesgo de caída desde altura.
- Las breas asfálticas y productos bituminosos, se almacenarán en lugares ventilados.
- Se prohíbe fumar o comer en las inmediaciones en las que se este utilizando emulsiones o breas asfálticas.
- Se prohíbe trabajar junto a los paramentos recién levantados antes de transcurridas 48 horas. Si existe un régimen de vientos fuertes incidiendo sobre ellos, pueden derrumbarse sobre el personal.

- Los calderotes de betún fundido se ubicarán en lugares estables y distantes de productos combustibles e inflamables.
- Se evitará el desborde de la caldereta manteniendo el nivel de producto 10 cm por debajo del borde.
- Se evitará la formación de atmósferas nocivas manteniéndose siempre ventilado el local donde se este trabajando.
- Se prohíbe realizar trabajos de soldadura y oxicorte en lugares próximos a los tajos en los que se empleen materiales bituminosos o asfálticos, para evitar el riesgo de explosión o de incendio.

PROTECCIONES PERSONALES RECOMENDADAS:

- Casco de polietileno.
- Botas de seguridad antideslizantes.
- Ropa de trabajo adecuada. (no inflamable)
- Cinturón de seguridad.
- Guantes de protección P.V.C.
- Guantes de cuero. (manipulación de betunes y asfaltos en caliente)
- Mascarilla con filtro químico específico recambiable.
- Gafas de seguridad (antipartículas y gotas).
- Polainas de cuero. (manipulación de betunes y asfaltos en caliente)
- Mandiles de cuero. (manipulación de betunes y asfaltos en caliente)

ACTIVIDAD: EJECUCIÓN IN SITU MEDIANTE PRODUCTOS SINTETICOS

RIESGOS MÁS COMUNES:

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Cortes con elementos punzantes.
- Caída de objetos a niveles inferiores.
- Sobreesfuerzos.
- Cuerpos extraños en los ojos (motas de pigmento)
- Los derivados de los trabajos realizados en atmósferas nocivas (intoxicaciones).
- Contacto con sustancias corrosivas.

MEDIDAS PREVENTIVAS:

- Limpieza de escombros y material en zonas de circulación del personal.
- Barandillas y redes de protección en perímetros y huecos de forjado.
- Huecos en forjado de pequeñas dimensiones deben de taparse con tabloncillos ajustados al mismo y clavados al forjado.
- Los acopios de material se repartirán en cubierta, evitando las sobrecargas puntuales.

- Se tenderá cables de seguridad amarrados a los puntos fuertes de obra, de los que amarrar el fiador del cinturón de seguridad en las situaciones de riesgo de caída desde altura.
- Los productos a utilizar, se almacenaran en lugares ventilados.
- Se instalará un extintor de polvo químico seco al lado de la puerta de acceso al almacén de productos sintéticos.
- Se prohíbe almacenar pinturas u otros productos susceptibles de emanar vapores inflamables con los recipientes mal o incompletamente cerrados, para evitar accidentes por generación de atmósferas tóxicas o explosivas.
- Se evitará la formación de atmósferas nocivas manteniéndose siempre ventilado el local donde se está trabajando.
- Se prohíbe realizar trabajos de soldadura y oxicorte en lugares próximos a los tajos en los que se empleen materiales inflamables, para evitar el riesgo de explosión o de incendio.
- Se prohíbe fumar o comer en las inmediaciones en las que se esté pintando con emulsión asfáltica.
- Se prohíbe trabajar junto a los paramentos recién levantados antes de transcurridas 48 horas. Si existe un régimen de vientos fuertes incidiendo sobre ellos, pueden derrumbarse sobre el personal.

PROTECCIONES PERSONALES RECOMENDADAS:

- Casco de polietileno.
- Botas de seguridad antideslizantes.

- Ropa de trabajo adecuada.
- Cinturón de seguridad.
- Guantes de P.V.C.
- Mascarilla con filtro químico específico recambiable.
- Gafas de seguridad (antipartículas y gotas).

ACTIVIDAD: COLOCACIÓN DE POLIESTIRENO EXTRUIDO.

RIESGOS MÁS COMUNES:

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas de personal y/u material a distinto nivel.
- Cortes.
- Sobreesfuerzos.
- Los inherentes al propio trabajo a ejecutar.
- Otros.

MEDIDAS PREVENTIVAS:

- Limpieza de escombros y materiales en zonas de circulación del personal.
- Barandillas de 90 cm de altura y redes de protección en perímetros y huecos de forjado.

- Se prohíbe lanzar materiales u herramientas directamente por las aberturas de fachadas o huecos interiores.
- Se prohíbe trabajar junto a los paramentos recién levantados antes de transcurridas 48 horas. Si existe un régimen de vientos fuertes incidiendo sobre ellos, pueden derrumbarse.
- Se tenderá cables de seguridad amarrados a los puntos fuertes de obra, de los que amarrar el fiador del cinturón de seguridad en las situaciones de riesgo de caída desde altura.
- Huecos en forjado de pequeñas dimensiones deben de taparse con tabloncillos ajustados al mismo.
- Se prohíbe balancear las cargas suspendidas para su instalación en las plantas, en prevención del riesgo de caída al vacío.
- Los paquetes se izarán a las plantas sin romper los flejes (o envoltura de P.V.C) con los que lo suministre el fabricante, para evitar los riesgos por derrame de la carga.
- El acopio de palets, se realizará próximo a cada pilar para evitar las sobrecargas de la estructura en los lugares de menor resistencia.
- Los plásticos, cartón, papel y flejes, procedentes de los diversos empaquetados, se recogerán inmediatamente que se hayan abierto los paquetes, para su eliminación posterior, al igual que recortes que no se vayan a utilizar.

PROTECCIONES PERSONALES RECOMENDABLES:

- Casco de polietileno (preferiblemente con barbuquejo)
- Botas de seguridad. (fabricadas en cuero)
- Guantes de cuero. (para corte del geotextil)
- Cinturón de seguridad, clase A y C.
- Ropa de trabajo.
- Trajes impermeables para tiempo lluvioso.
- Mascarilla con filtro químico específico recambiable.

ACTIVIDAD: EJECUCIÓN DE GEOTEXTIL COMO CAPA SEPARADORA.

RIESGOS MÁS COMUNES:

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas de personal y/u material a distinto nivel.
- Cortes.
- Sobreesfuerzos.
- Los inherentes al propio trabajo a ejecutar.
- Otros.

MEDIDAS PREVENTIVAS:

- Limpieza de escombros y materiales en zonas de circulación del personal.

- Barandillas de 90 cm de altura y redes de protección en perímetros y huecos de forjado.
- Se prohíbe lanzar materiales u herramientas directamente por las aberturas de fachadas o huecos interiores.
- Se prohíbe trabajar junto a los paramentos recién levantados antes de transcurridas 48 horas. Si existe un régimen de vientos fuertes incidiendo sobre ellos, pueden derrumbarse.
- Se tenderá cables de seguridad amarrados a los puntos fuertes de obra, de los que amarrar el fiador del cinturón de seguridad en las situaciones de riesgo de caída desde altura.
- Huecos en forjado de pequeñas dimensiones deben de taparse con tabloncillos ajustados al mismo.
- Los acopios de material se repartirán en cubierta, evitando las sobrecargas puntuales.
- Se prohíbe balancear las cargas suspendidas para su instalación en las plantas, en prevención del riesgo de caída al vacío.
- Los rollos de geotextil se izarán a las plantas sin romper los flejes (o envoltura de P.V.C.) con las que lo suministre el fabricante, para evitar los riesgos por derrame de la carga.
- Se prohíbe concentrar las cargas de material sobre vanos. El acopio de palets, se realizará próximo a cada pilar para evitar las sobrecargas de la estructura en los lugares de menor resistencia.

- Los rollos de geotextil se repartirán uniformemente, evitando sobrecargas, calzados para evitar que rueden y ordenados por zonas de trabajo.
- Los plásticos, cartón, papel y flejes, procedentes de los diversos empaquetados, se recogerán inmediatamente que se hayan abierto los paquetes, para su eliminación posterior, al igual que recortes y remechones de tela asfáltica que no se vaya a utilizar.

PROTECCIONES PERSONALES RECOMENDABLES:

- Casco de polietileno (preferiblemente con barbuquejo)
- Botas de seguridad. (fabricadas en cuero)
- Guantes de cuero. (para corte del geotextil)
- Cinturón de seguridad, clase A y C.
- Ropa de trabajo.
- Trajes impermeables para tiempo lluvioso.
- Mascarilla con filtro químico específico recambiable.

ACTIVIDAD: VERTIDO DE GRAVAS SOBRE CUBIERTA.

RIESGOS MÁS COMUNES:

- Caídas del personal mismo nivel.
- Caídas del personal, objetos o material a distinto nivel.
- Golpes y cortes contra objetos.

- Las derivadas de trabajos sobre suelos húmedos o mojados.
- Partículas en los ojos.
- Sobreesfuerzos.
- Los inherentes al propio trabajo a ejecutar.
- Otros.

MEDIDAS PREVENTIVAS: (Vertido de gravas mediante cubo)

- Se prohíbe cargar el cubo por encima de la carga máxima admisible de la grúa que lo sustenta.
- La apertura del cubo para vertido se ejecutará exclusivamente accionando la palanca para ello, con las manos protegidas con guantes impermeables.
- Se procurará no golpear con el cubo los paramentos verticales ni chimeneas de cubierta.
- Del cubo o cubilete penderán cabos de guía para ayuda a su correcta posición de vertido. Se prohíbe guiarlo o recibirlo directamente, en prevención de caídas por movimiento pendular del cubo.
- Se revisará el buen estado de las viseras su protección contra caída de objetos o material, solucionándose los deterioros diariamente.
- Se dispondrán accesos fáciles y seguros para llegar a los lugares de trabajo.
- Se prohíbe concentrar cargas de gravas en un solo punto. El vertido se realizará extendiendo las gravas con suavidad sin descargas bruscas y en superficies amplias.

- Barandillas de 90 cm de altura y redes de protección en perímetros y huecos de formado.
- Se prohíbe lanzar materiales, herramientas o cualquier otro objeto directamente por las aberturas de fachadas o huecos interiores.
- Se prohíbe trabajar junto a los paramentos recién levantados antes de transcurridas 48 horas. Si existe un régimen de vientos fuertes incidiendo sobre ellos, pueden derrumbarse.
- Se tenderá cables de seguridad amarrados a los puntos fuertes de obra, de los que amarrar el fiador del cinturón de seguridad en las situaciones de riesgo de caída desde altura.

PROTECCIONES PERSONALES RECOMENDABLES:

- Casco de polietileno (preferiblemente con barbuquejo)
- Botas de seguridad antideslizantes.
- Guantes de cuero impermeabilizados.
- Cinturón de seguridad, clase A y C.
- Ropa de trabajo.
- Trajes impermeables para tiempo lluvioso.
- Gafas antiimpactos.

ACTIVIDAD: EJECUCIÓN PROTECCIÓN PESADA DE PAVIMENTO FIJO.

RIESGOS MÁS COMUNES:

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Caída de objetos sobre las personas.
- Golpes contra objetos en las manos y pies.
- Cortes por el manejo de objetos y herramientas manuales.
- Proyecciones de partículas.
- Sobreesfuerzos.
- Otros.

MEDIDAS PREVENTIVAS:

- Limpieza de escombros y materiales en zonas de circulación del personal.
- Barandillas de 90 cm de altura y redes de protección en perímetros y huecos de forjado.
- Todos los huecos del forjado horizontal, permanecerán tapados con madera clavada durante la construcción de los tabiquillos de formación de las pendientes de los tableros.
- Los acopios de material se repartirán en cubierta, evitando las sobrecargas puntuales.
- Se prohíbe balancear las cargas suspendidas para su instalación en las plantas, en prevención del riesgo de caída al vacío.

- El material se izará a las plantas sin romper los flejes (o envoltura de P.V.C) con las que lo suministre el fabricante, para evitar los riesgos por derrame de la carga.
- El material suelto se izará apilado ordenadamente en el interior de plataformas de izar emplintadas, vigilando que no puedan caer las piezas por desplome durante el transporte.
- Los materiales paletizado se transportará con grúa, se gobernará mediante cabos armados a la base de la plataforma de elevación. Nunca directamente con las manos, en prevención de golpes, atrapamientos o caídas al vacío por péndulo de la carga.
- Se prohíbe concentrar las cargas de material sobre vanos. El acopio de palets, se realizará próximo a cada pilar para evitar las sobrecargas de la estructura en los lugares de menor resistencia.
- Se prohíbe lanzar cascotes directamente por las aberturas de fachadas o huecos interiores.
- Se prohíbe trabajar junto a los parmentos recién levantados antes de transcurridas 48 horas. Si existe un régimen de vientos fuertes incidiendo sobre ellos, pueden derrumbarse.
- Se tenderá cables de seguridad amarrados a los puntos fuertes de obra, de los que amarrar el fiador del cinturón de seguridad en las situaciones de riesgo de caída desde altura.
- Las herramientas manuales antes de ser usadas, se revisarán, desechándose las que no se encuentren en buen estado de conservación.

- Se mantendrán limpias de aceites, grasa y otras sustancias deslizantes.
- Para evitar caídas, cortes o riesgos analógicos, se colocarán en el portaherramientas o estantes adecuados.
- Durante su uso se evitará su depósito arbitrario por los suelos.
- Los trabajadores recibirán instrucciones correctas sobre el uso correcto de las herramientas que hayan de utilizar.
- Se debe evitar el levantamiento por parte del operario de cargas excesivas de material.

PROTECCIONES PERSONALES RECOMENDADAS:

- Casco de polietileno.
- Botas de seguridad.
- Guantes de P.V.C. o de goma.
- Guantes de cuero.
- Guantes con dediles metálicos para cortes con radial o sierra.
- Cinturón de seguridad, clase A y C.
- Botas de goma con puntera reforzada.
- Ropa de trabajo.
- Trajes para tiempo lluvioso.
- Gafas antiproyecciones.

ACTIVIDAD: EJECUCIÓN DE PROTECCIÓN PESADA MEDIANTE
PAVIMIENTO FLOTANTE.

RIESGOS MÁS COMUNES:

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Caída de objetos sobre las personas.
- Golpes contra objetos en las manos y pies.
- Cortes por el manejo de objetos y herramientas manuales.
- Dermatitis por contacto con el cemento.
- Proyecciones de partículas.
- Sobreesfuerzos.
- Otros.

MEDIDAS PREVENTIVAS:

- Limpieza de escombros y materiales en zonas de circulación del personal.
- Barandillas de 90 cm de altura y redes de protección en perímetros y huecos de forjado.
- Todos los huecos del forjado horizontal, permanecerán tapados con madera clavada durante la construcción de los tabiquillos de formación de las pendientes de los tableros.

- Los acopios de material se repartirán en cubierta, evitando las sobrecargas puntuales.
- Se prohíbe balancear las cargas suspendidas para su instalación en las plantas, en prevención del riesgo de caída al vacío.
- El material se izará a las plantas sin romper los flejes (o envoltura de P.V.C) con las que lo suministre el fabricante, para evitar los riesgos por derrame de la carga.
- El material suelto se izará apilado ordenadamente en el interior de plataformas de izar emplintadas, vigilando que no puedan caer las piezas por desplome durante el transporte.
- Los materiales paletizado se transportará con grúa, se gobernará mediante cabos armados a la base de la plataforma de elevación. Nunca directamente con las manos, en prevención de golpes, atrapamientos o caídas al vacío por péndulo de la carga.
- Se prohíbe concentrar las cargas de material sobre vanos. El acopio de palets, se realizará próximo a cada pilar para evitar las sobrecargas de las estructura en los lugares de menor resistencia.
- Se prohíbe lanzar cascotes directamente por las aberturas de fachadas o huecos interiores.
- Se prohíbe trabajar junto a los parmentos recién levantados antes de transcurridas 48 horas. Si existe un régimen de vientos fuertes incidiendo sobre ellos, pueden derrumbarse.

- Se tenderá cables de seguridad amarrados a los puntos fuertes de obra, de los que amarrar el fiador del cinturón de seguridad en las situaciones de riesgo de caída desde altura.
- Las herramientas manuales antes de ser usadas, se revisarán, desechándose las que no se encuentren en buen estado de conservación.
- Se mantendrán limpias de aceites, grasa y otras sustancias deslizantes.
- Para evitar caídas, cortes o riesgos analógicos, se colocarán en el portaherramientas o estantes adecuados.
- Durante su uso se evitará su depósito arbitrario por los suelos.
- Los trabajadores recibirán instrucciones correctas sobre el uso correcto de las herramientas que hayan de utilizar.
- Se debe evitar el levantamiento por parte del operario de cargas excesivas de material.

PROTECCIONES PERSONALES RECOMENDADAS:

- Casco de polietileno.
- Botas de seguridad.
- Guantes de P.V.C. o de goma.
- Guantes de cuero.
- Guantes con dediles metálicos para cortes con radial o sierra.
- Cinturón de seguridad, clase A y C.

- Botas de goma con puntera reforzada.
- Ropa de trabajo.
- Trajes para tiempo lluvioso.
- Gafas antiproyecciones.

7. Seguimiento de obra en fase de impermeabilización

7.1. Cubierta invertida con protección pesada.

Obra: Cubierta en Hogar del Jubilado. Alzira

Ayuntamiento de Alzira

Seguimiento de las distintas fases de ejecución de la impermeabilización de la cubierta del Hogar del Jubilado de Alzira.

La intervención consiste en la ejecución de una cubierta plana invertida no transitable con protección pesada de grava lavada. La impermeabilización se realiza mediante lámina de EPDM sin ningún tipo de sujeción adherida ni tampoco mecánica ya que el sistema estará lastrado por la capa superior de grava.

Los trabajos previos llevados a cabo en la obra consistieron en el levantamiento de la cubierta existente, de pavimento de rasilla cerámica colocada con mortero, hasta la impermeabilización existente, retirada de escombros y limpieza de la superficie.

- *Formación de pendientes*

Sobre la capa de impermeabilización antigua se realizan de nuevo las pendientes debido al cambio de la situación de las bajantes de agua.

Se ejecutan mediante hormigón celular, previa colocación de toques y banda perimetral de poliestireno expandido.



Foto 24 :Detalle de acabado de hormigón celular en sumidero. Se observa la banda perimetral ejecutada

- *Comprobaciones previas*

Previo a la ejecución se deben comprobar algunos puntos de la cubierta para que el resultado sea el óptimo, como:

- Revisar la cubierta por si hay algunos puntos defectuosos u objetos cortantes.
- La estructura de la cubierta debe ser lo suficientemente estable como para soportar las cargas temporales de instalación.
- El sustrato ha de estar limpio, liso, seco y sin asperezas, libre de cuerpos extraños, aceites, grasas o cualquier material que pueda dañar la membrana.
- Inspeccionar la envoltura y el rolo de caucho EPDM antes y durante la instalación.

Análisis y ejecución de las cubiertas planas, tipologías y evolución



Foto 25 En la imagen podemos observar a un operario comprobando la superficie de trabajo y limpiándola en las zonas donde hay suciedad



Foto 26 Cubierta totalmente revisada y preparada para comenzar con los trabajos de impermeabilización

- *Colocación de la impermeabilización*

Para la ejecución se tendrán presente los siguientes aspectos:

- Se dejará suficiente material para las uniones y los anclajes perimetrales.
- Se deberá dejar una porción holgada de membrana en los perímetros de la cubierta y elementos singulares.
- La membrana deberá ser posicionada sin tensiones.
- Antes de empezar a realizar las uniones o los anclajes, dejar que cada manta descanse unos 30 minutos. En condiciones atmosféricas frías se requiere un periodo mas largo de asentamiento.
- Los cortes deben realizarse limpios y rectos utilizando marcadores y tijeras.
- La altura de la impermeabilización debe ser superior al nivel que podría alcanzar el agua en el caso de que se atasquen los desagües o que la pendiente fuera insuficiente.
- Será conveniente prever una altura mínima de 150 mm en todas las entregas de la impermeabilización. Cuando una entrega sea igual o menor a 130 mm será preciso utilizar una barra de anclaje final.

Análisis y ejecución de las cubiertas planas, tipologías y evolución



Foto 27-28-29 : Extendido de la lámina de EPDM dejando suficiente lámina en el perímetro para los remates



Foto 28



Foto 29



Foto 30

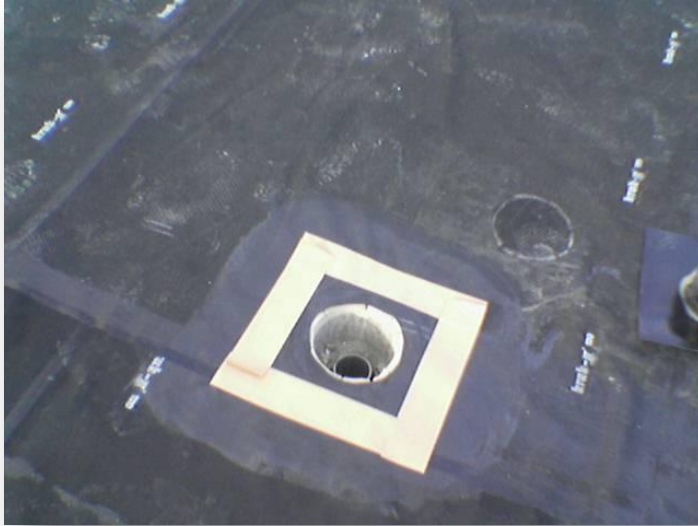
Análisis y ejecución de las cubiertas planas, tipologías y evolución



Fotos 30-31 : Lámina de EPDM extendida en toda la superficie de la cubierta



Foto 32 Remate perimetral de la lámina mediante perfilera metálica anclada mecánicamente al peto perimetral. Perfilera sellada mediante masilla de poliuretano



Fotos 33-34 Detalle de remate en sumidero con refuerzos colocados con adhesivo

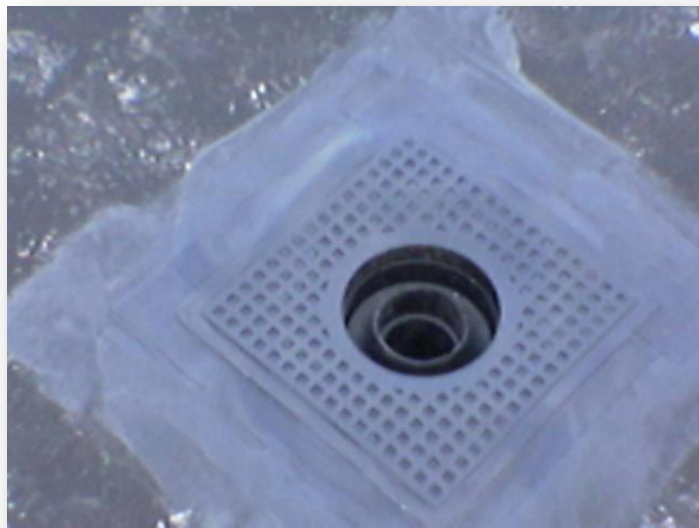


Foto 34

- *Prueba de estanqueidad*

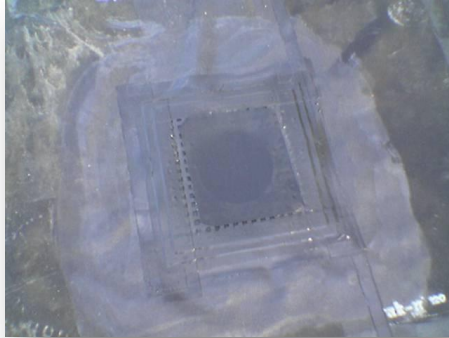


Foto 35 Detalle de sumidero tapado para prueba de estanqueidad



Foto 36 Lámina de agua sobre la cubierta para prueba de estanqueidad

- *Colocación del aislamiento y lámina geotextil*

Una vez extendida la lámina de EPDM y con todos los remates ejecutados y terminados, se colocan las placas de poliestireno extrusionado de 5 cm de espesor.



Foto 37 Colocación de paneles aislantes de poliestireno extruido, lámina de geotextil. Colocación inmediata de protección de grava para evitar que el viento se levante el aislamiento

- *Colocación y extendido de protección de grava*



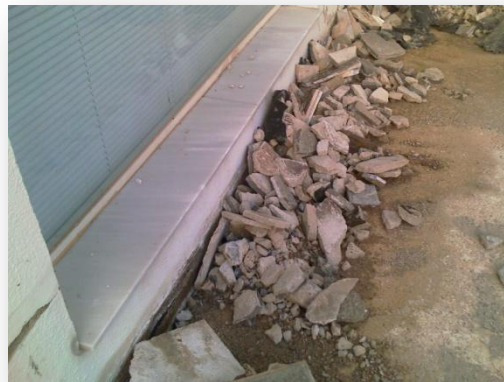
Foto 38 Extendido de capa de grava en sacas de 1m3 de capacidad. Sacas con dosificador inferior para facilitar el extendido mediante grúa.

7.2. Rehabilitación cubierta peatonal

Obra: Rehabilitación cubierta de parking en zona peatonal. Cullera

Intervención en cubierta de parking, zona de recreo comunitaria de edificio de viviendas. No se ejecutan la formación de pendientes porque están correctamente ejecutadas las existentes. Tampoco se coloca aislante térmico por ser una cubierta de parking.

Eliminación completa de pavimento de baldosas existente por medios mecánicos con retroexcavadora y transporte con camión volquete.



Análisis y ejecución de las cubiertas planas, tipologías y evolución



Fotos 39-40-41: Demolición del pavimento

Limpieza de superficie, e impermeabilización monocapa con lámina de betún modificado con fibra de poliéster LBM-40-FP adherida al soporte.



Análisis y ejecución de las cubiertas planas, tipologías y evolución



Fotos anteriores 42-43-44 Ejecución de encuentros y refuerzos en sumideros



Foto 46 Remate perimetral de la lámina con roza

Foto 47 Refuerzo en sumidero





Foto 48 Remate en farolas



Foto 49 Realización de muro perimetral sobre el que se inserta la lámina impermeabilizante para evitar que el agua penetre por el encuentro con el muro

Prueba de estanqueidad realizada inundando la cubierta por zonas según se van ejecutando para poder continuar con los trabajos. *Fotos siguientes 50-51-52*

Análisis y ejecución de las cubiertas planas, tipologías y evolución



Análisis y ejecución de las cubiertas planas, tipologías y evolución



Foto 53 Colocación de lámina geotextil de separación de lámina impermeabilizante y pavimento

Colocación de pavimento de baldosas de hormigón con pasta de agarre de mortero de cemento. *Fotos siguientes 54-55-56-57-58*



Análisis y ejecución de las cubiertas planas, tipologías y evolución



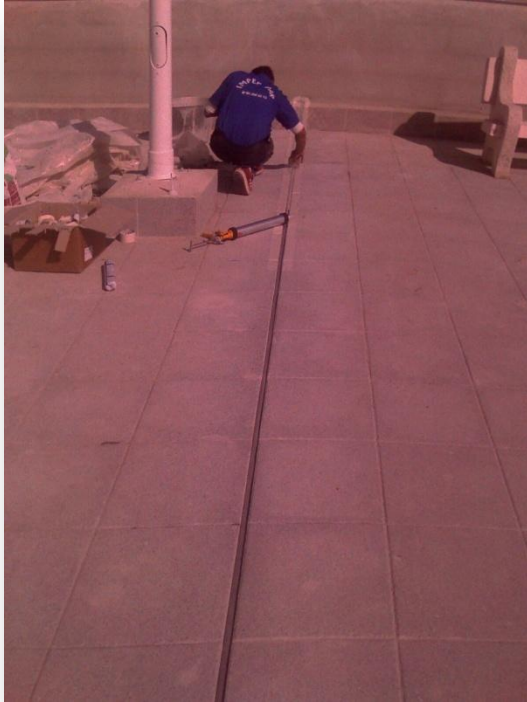


Foto 59 Relleno de junta de pavimento con masilla de poliuretano



Foto 60 Terminación del pavimento en su encuentro con las farolas. El pavimento protege la lámina de impermeablización

Bibliografía

COSCOLLANO Rodríguez. *Tratamiento de las humedades en los edificios*. Editorial Paraninfo, 2000

LÓPEZ CASTELLANOS, José. *Cubiertas y tejados. Manual práctico*. Editorial Progensa, 1996

MONJO CARRIO, Juan. *Patología de cerramientos y acabados arquitectónicos*. Editorial Munilla-Lería, 2000

DE CUSA, Juan. *Rehabilitación de viviendas I*. Grupo editorial Ceac,S.A., 1994

HEINRICH Schmitt / Andreas Heene. *Tratado de construcción*. Editorial Gustavo Gili S.A., 1998

GRUBAU, EDWARD, B. *Lesiones en los edificios 1 y 2*. Ediciones CEAC S.A., 1981

Materiales para la impermeabilización. Especificaciones técnicas. AENOR, 1998

ORTEGA ANDRADE, Francisco. *Humedades en la edificación*. Editorial Editan S.A., 1994

FERNÁNDEZ GARCÍA, David. *Proyectos y Materiales. Técnicas de la construcción*. Ediciones Daly S.L., 1994

DE LA PLAZA, Saturnino. *Naturación Urbana: Cubiertas ecológicas y mejora medioambiental*. Ed. Grupo Mundi Prensa, 1999

Código Técnico de la Edificación. DB HE “Ahorro Energético”, DB HS “Salubridad”

Grupo ASSA. Catálogo Aislamiento e impermeabilizaciones. 2011-06-14

Grupo Murali. Catálogo Aislamientos. 2011