

Guía de buenas prácticas para la impermeabilización de cubiertas planas con sistemas líquidos aplicados por proyección en caliente



*Guía de buenas prácticas para
la impermeabilización de cubiertas
planas con sistemas líquidos aplicados
por proyección en caliente* es un
proyecto de AIFIm con la colaboración
de AISLA, ANEDI, GAMA Y GRACO.



Asociación Ibérica de
Fabricantes de
Impermeabilización

info@aifim.es
<https://aifim.es/>

Primera edición: enero 2026

ISBN: 978-84-09-76856-1

Páginas: 106

Formato: la publicación está disponible para descarga en el sitio web de la asociación.

Todos los derechos de esta publicación están reservados y pertenecen a la asociación AIFIm, a sus miembros asociados, socios colaboradores y al resto de entidades que la han apoyado.

Los participantes en la elaboración de esta publicación han hecho un gran esfuerzo para asegurar que la información contenida sea correcta y precisa, pero no aceptan responsabilidad alguna por errores o perjuicios que pudiera originar su uso y aplicación.

La guía se ha elaborado para su utilización por técnicos con capacidad para evaluar su contenido y cada lector asume la responsabilidad del uso de la información contenida en la publicación.

Ninguna parte de esta guía puede reproducirse o distribuirse de ninguna forma ni por ningún medio sin la autorización por escrito de los autores.

CARTA DE LA PRESIDENTA

Es un orgullo para mí, como presidenta de AIFIm, presentar la **Guía de buenas prácticas para la impermeabilización de cubiertas planas con sistemas líquidos aplicados por proyección en caliente**, elaborada por la Comisión Técnica de la Asociación.



La Guía de buenas prácticas para la impermeabilización de cubiertas planas con sistemas líquidos aplicados por proyección en caliente nace del compromiso de nuestros asociados con la calidad y la durabilidad en la edificación, y busca ofrecer al sector herramientas claras para una correcta ejecución de la impermeabilización en cubiertas planas, una parte esencial de la envolvente del edificio.

La experiencia acumulada por los asociados, fabricantes y expertos que han contribuido a esta guía pone de manifiesto la importancia de la elección de productos de alta calidad, de una buena planificación, diseño y aplicación de los sistemas de impermeabilización. Cuando no se ejecuta correctamente, una cubierta puede comprometer no solo la protección frente al agua, sino también el confort interior, el rendimiento energético e incluso la vida útil del edificio.

El objetivo de esta guía es acompañar a técnicos proyectistas, instaladores y promotores en la toma de decisiones, recogiendo recomendaciones prácticas que ayuden a prevenir errores, reducir patologías y garantizar soluciones eficaces y duraderas.

Desde AIFIm, queremos seguir impulsando la profesionalización del sector, fomentando la colaboración entre todos los agentes de la cadena de valor. Esta guía es una muestra más de ese esfuerzo colectivo por construir con mayor criterio técnico, eficiencia y responsabilidad.

Chus Barroso



ÍNDICE DE CONTENIDO

Carta de la presidenta	3
1. Introducción: objeto y campo de aplicación	7
2. Términos, definiciones y abreviaturas	9
3. Descripción del sistema	13
4. Normativa y marcado CE	17
5. Propiedades	21
6. Maquinaria y equipos para la aplicación en caliente de sistemas de poliuretano y poliurea	25
7. Proceso de puesta en obra	33
8. Control en obra. Inspección y pruebas	53
9. Patologías	59
10. Uso y mantenimiento de la cubierta	75
11. Algunos aspectos sobre la seguridad contra incendio de cubiertas con impermeabilización líquida	79
12. Bibliografía	85
ANEXO I. Seguridad y salud	86
ANEXO II. Partidas de obra	96
ANEXO III. Sostenibilidad	100



1. INTRODUCCIÓN: OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

La inversión necesaria para impermeabilizar una cubierta no representa más de un 1% del presupuesto de ejecución del edificio, sin embargo, la falta de estanquidad genera el 25% de los siniestros. Invertir en sistemas de impermeabilización seguros y duraderos es una garantía de éxito.

El presente documento establece una serie de recomendaciones para garantizar la adecuada aplicación en caliente de los sistemas de impermeabilización líquida de base poliuretano y poliurea, así como su posterior control en la obra.

El objetivo principal de esta guía es ayudar al especialista instalador o aplicador a realizar un trabajo seguro y de calidad en la impermeabilización de cubiertas. También pretende facilitar la labor de control de calidad al responsable de la obra, a la dirección facultativa y al constructor.

En la guía se describen las tecnologías disponibles, sus propiedades, la maquinaria y equipos necesarios para una adecuada proyección y su control en obra.

Finalmente, esta guía pretende promocionar este tipo de soluciones, que se empezaron a desarrollar en los años 80 en Estados Unidos y que están cada vez más presentes en el mercado español, en multitud de usos y aplicaciones (industria, piscinas, aparcamientos, obra civil, edificación, automoción, etc.)



Bodegas Williams Humbert en Jerez de la Frontera (Cádiz)



2. TÉRMINOS, DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

Cubierta plana: como describe el CTE en su DB HS1, Tabla 2.9 entendemos por cubierta plana, para soluciones autoprotegidas, aquella con una pendiente de hasta un 15% (8.53 °).

Uso	Tipo	Protección	Pendiente en %
Transitables	Peatones	Solado fijo	1-5
		Solado flotante	1-5
	Vehículos	Capa de rodadura	1-5
No transitables		Grava	1-5
		Lámina autoprotegida	1-15
Ajardinadas		Tierra vegetal	1-5

Poliuretano: polímero elastomérico, formado por la reacción de un di o poli-isocianato con un poliol.

Poliurea: polímero elastomérico formado por la reacción de un di o poli-isocianato con una poliamina.

Poliurea híbrida: polímero elastomérico formado por la reacción de un di o poli-isocianato con una mezcla de poliaminas y polioles.



Cubierta impermeabilizada con poliurea

Marcado CE: declaración de conformidad que indica que un producto cumple las exigencias esenciales establecidas por la legislación europea, en particular el Reglamento de Productos de Construcción (RPC o *CPR*, en inglés), cuya voluntad es crear un mercado único de materiales de construcción. Actúa como un “pasaporte técnico”, permitiendo la libre circulación de estos productos dentro del espacio económico europeo al garantizar una evaluación técnica común y reconocida.

ISO: isocianato. Es un grupo funcional que se presenta en algunos compuestos orgánicos. Su estructura general es $-N=C=O$, es decir, posee un átomo de carbono que simultáneamente forma parte de un grupo imino y de un grupo carbonilo. Cuando una sustancia química presenta dos grupos isocianatos se denomina diisocianato. Los diisocianatos son compuestos fundamentales en la síntesis de poliuretano.

RES: Resina. Prepolímero líquido de alta viscosidad, que reacciona con el componente ISO para formar una matriz sólida de poliuretano o poliurea.

EOTA (*European Organisation for Technical Assessment*): asociación europea de organismos de evaluación técnica para productos de construcción establecida en virtud del Reglamento de Productos de Construcción (RPC o *CPR*, en inglés).



Rehabilitación de cubierta plana industrial con placas fotovoltaicas

ETE (Evaluación Técnica Europea), ETA (*European Technical Assessment*). Evaluación documentada de las prestaciones de un producto de construcción en cuanto a sus características esenciales, con arreglo al correspondiente Documento de Evaluación Europeo (DEE)/*European Assessment Document* (EAD). Es un documento que permite a productos innovadores o no cubiertos por normas armonizadas obtener el marcado CE y comercializarse en toda Europa.

TAB (*Technical Assessment Body*): Organismo de Evaluación Técnica (OET). Entidad autorizada, bajo el Reglamento de Productos de Construcción (RPC o *CPR*, en inglés) y la *European Organisation for Technical Assessment (EOTA)*, para emitir Evaluaciones Técnicas Europeas (ETE).

EPI: Equipo de Protección Individual.

Aceite DOTP: dioctil tereftalato, aceite que funciona como plastificante.

FDS: Ficha de Datos de Seguridad. También llamada *SDS (Safety Data Sheet)*, antiguamente conocida como *MSDS (Material Safety Data Sheet)*.

DAP: Declaración Ambiental de Producto, también conocida como *EPD* por sus siglas en inglés, *Environmental Product Declaration*. Es un documento estandarizado y verificable que proporciona información cuantitativa y fiable sobre el desempeño ambiental de un producto, material o servicio a lo largo de todo su ciclo de vida.

ACV: Análisis de Ciclo de Vida (o *LCA-Life Cycle Assessment* en inglés) es un método sistemático que permite evaluar las cargas ambientales asociadas con un producto o proceso.

PCG: Potencial de Calentamiento Global (*GWP*, en inglés *Global Warming Potential*). Es un indicador que mide el impacto que tiene un producto sobre el cambio climático a través de la emisión de gases de efecto invernadero a lo largo de todo su ciclo de vida. También se lo conoce como “huella de carbono”.

HWD y NHWD (*Hazardous and Non Hazardous Waste Disposal*): Residuos generados (peligrosos y no peligrosos) a lo largo del ciclo de vida del producto.

PCOT (o POCP, *Photochemical Ozone Creation Potential*): Potencial de Creación de Ozono Troposférico. Es un indicador que mide el impacto ambiental de un producto en cuanto a su contribución a la formación de ozono en la troposfera.

NOx: óxidos de nitrógeno. Son una familia de gases tóxicos compuestos principalmente por óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO₂). Se forman cuando el nitrógeno y el oxígeno se combinan durante la combustión a altas temperaturas.

COV: Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC, en inglés *Volatile Organic Compounds*). Son hidrocarburos que se presentan en estado gaseoso a temperatura ambiente o que son muy volátiles a dicha temperatura. Pueden contribuir a la contaminación del aire y algunos están asociados con efectos negativos para la salud humana y el medio ambiente.

REACH (*Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals*): Reglamento (CE) n.º 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos. Su objetivo es proteger la salud humana y el medio ambiente, así como fomentar la competitividad de la industria química de la UE.

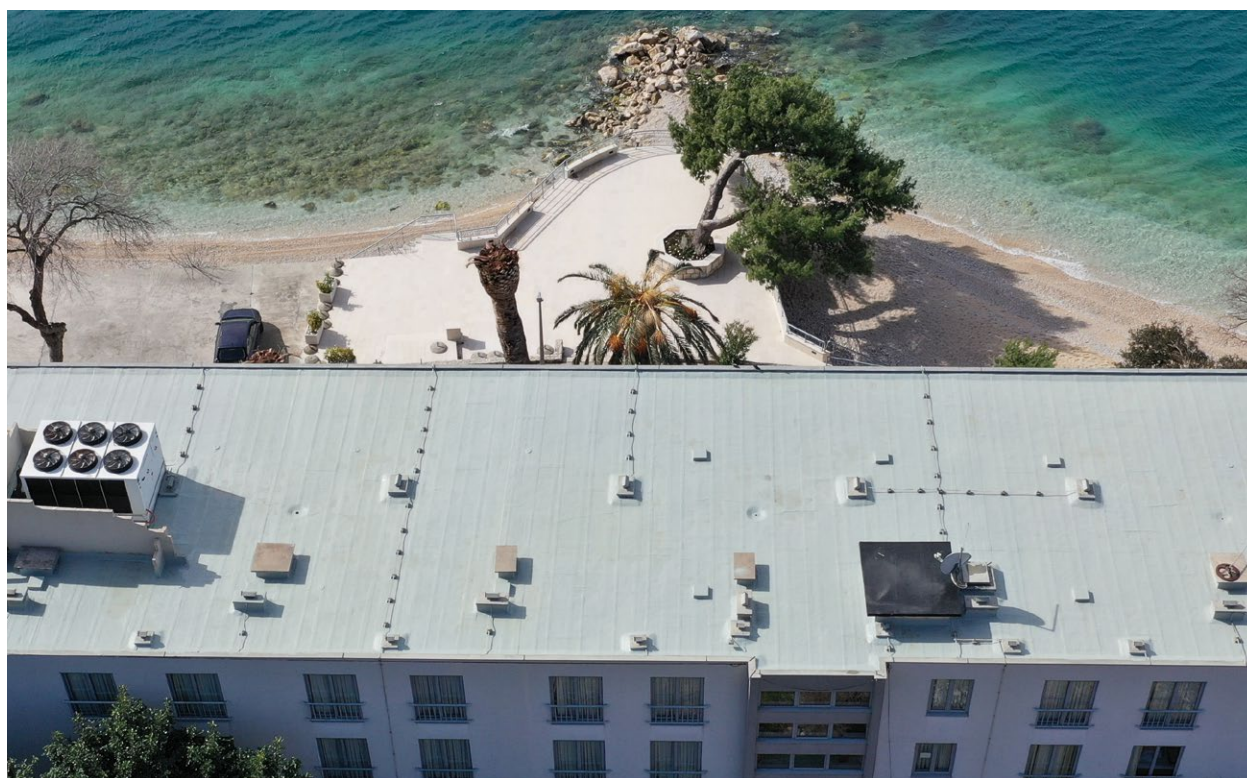
SRI (*Solar Reflectance Index*): Índice de Reflectancia Solar, indicador que mide la capacidad de una superficie para reflejar la radiación solar.



3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

En este primer módulo de la guía trabajaremos los sistemas basados en poliuretano y poliurea de dos componentes aplicados en caliente; haremos referencia a ellos bajo la denominación “sistema/sistemas” a lo largo del documento.

El sistema es un tipo de membrana altamente versátil y duradera que se utiliza ampliamente en aplicaciones de impermeabilización y protección. Se genera tras la reacción química (rápida y auto catalítica) entre dos componentes (un isocianato y una amina o resina), lo que resulta en un producto de alto rendimiento que ofrece propiedades únicas. Cuando se aplican como membrana impermeable, estos sistemas (poliuretano/ poliurea) forman una capa continua, sin solapes, elástica y resistente que se adhiere totalmente a la mayoría de soportes mediante imprimaciones específicas y que se adapta a cualquier geometría, por irregular que sea, facilitando notablemente el tratamiento y remate de puntos singulares.



Cubierta impermeabilizada con poliurea en caliente. Croacia (2020)

Esta capa tiene una excelente resistencia al agua y al vapor, lo que la convierte en una opción ideal para impermeabilizar y proteger edificios y estructuras contra la humedad.

Hay una enorme variedad de posibles formulaciones que se pueden utilizar para obtener las propiedades deseadas, por lo que es vital la selección y dosificación de las materias primas.

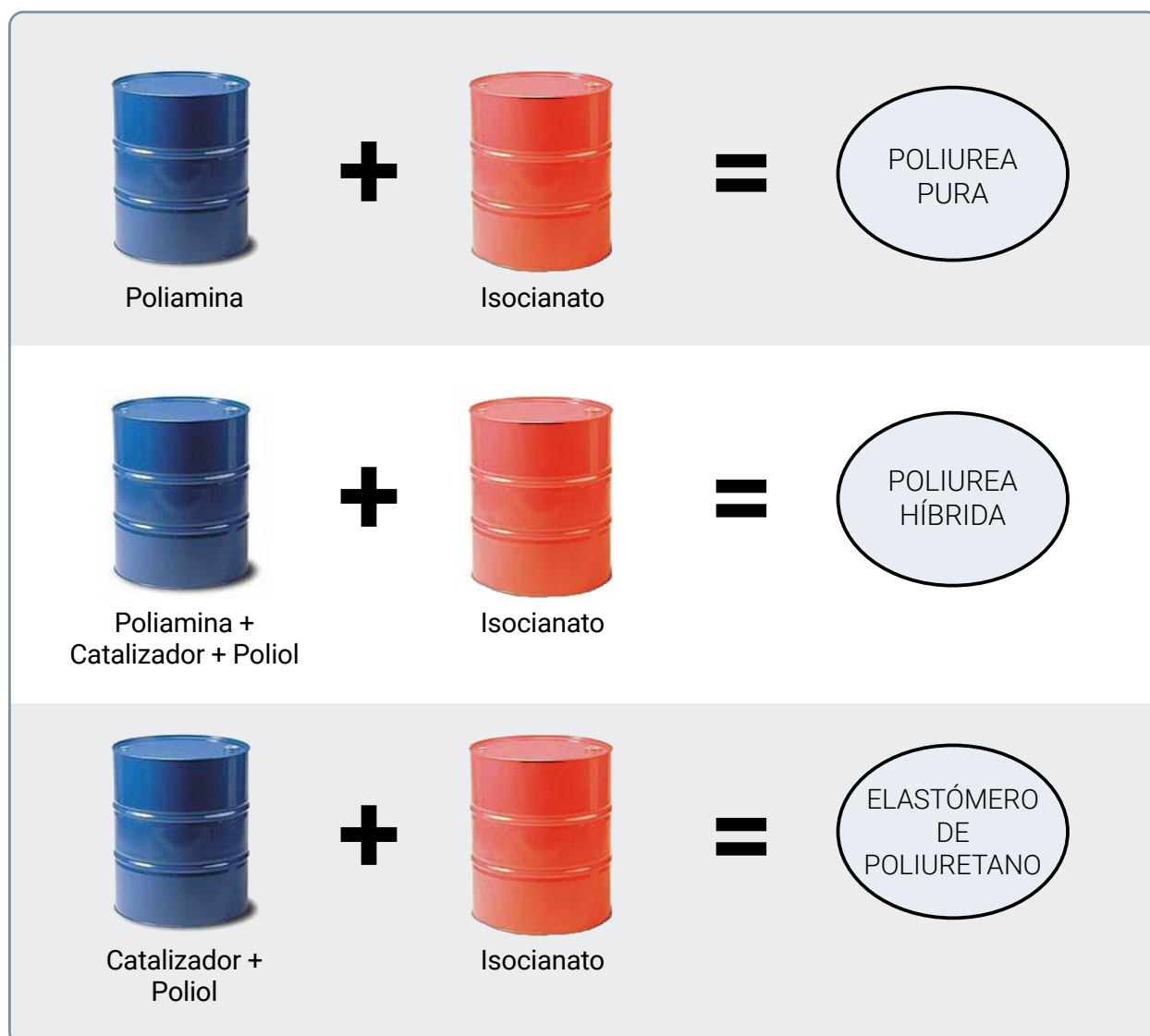
Estos sistemas (poliuretano/poliurea) ofrecen una serie de beneficios para la impermeabilización:

- Es extremadamente duradera y resistente a la abrasión, lo que la hace adecuada para su uso en superficies expuestas con altos requerimientos mecánicos y químicos.
- Es altamente elástica, lo que le permite resistir la dilatación y contracción por cambios de temperatura sin agrietarse ni desprenderse.
- Tiene un tiempo de curado rápido y se puede aplicar en un amplio rango de temperaturas y en diferentes condiciones climáticas. Esto permite una instalación más rápida y eficiente en comparación con otros sistemas de impermeabilización, con una rápida entrada en servicio de la superficie tratada.

Estos sistemas (poliuretano/poliurea) se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones de impermeabilización, incluyendo cubiertas, cimientos, tanques de almacenamiento, puentes, piscinas, túneles y revestimientos de contención de líquidos, entre otros. También se puede aplicar en diferentes sustratos y antiguos recubrimientos que aún conservan buena adherencia al soporte. Éste ha de ser preparado de forma conveniente, verificando la ausencia de presión negativa y las condiciones higrotérmicas, con la imprimación adecuada en cada caso.



Cubierta impermeabilizada con poliurea



Actualmente existen en el mercado tres tipos de revestimientos basados en estos sistemas:

- Poliurea pura (poliamina + isocianato).
- Poliurea híbrida (poliamina + isocianato + poliol + catalizador).
- Elastómero de poliuretano “de aplicación en caliente” (isocianato + poliol + catalizador).

Esta adición de catalizador y poliol confiere unas características diferentes al producto final por lo que, en función del tipo de aplicación y uso, se optará por uno u otro.

La formulación de cualquiera de estos tres tipos de sistemas puede tener base aromática (la más habitual) o alifática (con mayor estabilidad al cambio de color por efecto de los rayos UV). Esta última se utiliza menos al tener un coste superior.



4. NORMATIVA Y MARCADO CE

4.1. NORMATIVA DE PRODUCTO

El Reglamento (UE) 2024/3110, adoptado el 27 de noviembre de 2024 y publicado en el Diario Oficial de la Unión Europea el 18 de diciembre de 2024, establece normas armonizadas para la comercialización de productos de construcción y sustituye al anterior Reglamento (UE) n.º 305/2011.

El reglamento entró en vigor el 7 de enero de 2025, aunque muchas de las disposiciones serán aplicables de manera escalonada.

Este nuevo reglamento introduce cambios significativos en el sistema de marcado CE para los productos de construcción, con el objetivo de modernizar y adaptar las normativas a los desafíos actuales, como la sostenibilidad y la digitalización.

El marcado CE tiene como objetivo garantizar que los productos de construcción sean seguros, facilitar su comercialización en toda la UE además de proteger tanto a consumidores como a fabricantes.

El Mercado CE es un instrumento de armonización en el ámbito de la UE y favorece una mayor transparencia al mercado. Es de carácter obligatorio para los productos y soluciones siempre que exista una norma europea armonizada en aquel ámbito, aprobada y en vigor.

Si para un determinado tipo de aplicación no existe una norma armonizada, alternativamente se puede obtener un marcado CE, de forma voluntaria a través de la llamada vía EOTA. En este caso la solución se evalúa según una EAD (Documento de Evaluación Europeo- *European Assessment Document*) a través de un TAB (Organismo de Evaluación Técnica- *Technical Assessment Body*). En España hay tres organismos notificados reconocidos por EOTA (TAB), el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc - CSIC), TECNALIA y el Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña (ITeC).

En el caso concreto de la impermeabilización de cubiertas con resinas aplicadas en forma líquida, actualmente no existe ninguna norma europea armonizada. El marcado CE de un sistema impermeabilizante (imprimación, membrana y acabado alifático) para cubiertas basadas en estos sistemas se puede obtener de forma voluntaria siguiendo los requerimientos de la EAD 030350-00-0402 (antigua ETAG 005) "*Liquid applied roof waterproofing kits*". Si la solución impermeabilizante cumple con los requisitos de la EAD, el TAB emite un documento ETE (Evaluación Técnica Europea).

Remitimos, para ampliar información, a su Anexo I (tablas A1.1-A1.5), que incluye un conjunto de categorías relacionadas con el uso de estas soluciones como: vida útil (W1 a W3), zona climática (M,S), cargas de uso (P1-P4), pendiente de la cubierta (S1-S4) y temperatura de la superficie. Estas categorías ayudan a evaluar el rendimiento y la adecuación según las condiciones de uso específicas.

AIFIm recomienda que todas las obras de impermeabilización de cubiertas que se hagan en España con sistemas de impermeabilización líquidos, para garantizar la calidad y la durabilidad de la aplicación, cumplan al menos estos requerimientos (además de las normativas obligatorias recogidas en el CTE, punto 3.2):

- Sistema aprobado por un ETE preferentemente emitido por un TAB español. (Vida útil W3, 25 años y zona climática severa, S).
- Dotación mínima de la membrana principal de 2 kg/m² ó 2 mm.



Rehabilitación de cubierta plana industrial en puerto marítimo

4.2. NORMATIVA DE DISEÑO

El Código Técnico de la Edificación (CTE) en su Documento Básico DB-HS 1 “Protección frente a la humedad” recoge cuándo es necesaria una capa de impermeabilización.

Este Documento Básico no recoge específicamente las impermeabilizaciones líquidas, salvo lo comentado en el apartado 2.4.3.3 que dice:

Cuando se disponga una capa de impermeabilización, ésta debe aplicarse y fijarse de acuerdo con las condiciones para cada tipo de material constitutivo de la misma.

Asimismo, en su Documento Básico DB-SI2 “Propagación exterior” recoge la exigencia de reacción al fuego exterior, indicando en 2) Cubiertas, que debe pertenecer a la clase B_{ROOF}(t1).

4.3. NORMATIVA DE RECEPCIÓN EN OBRA

El Código Técnico de la Edificación (CTE) en su artículo 7.2. “Control de recepción en obra de productos, equipos y sistemas” recoge la documentación exigible a cualquier material. En el caso particular de estos sistemas (poliuretano y poliurea) serían los siguientes:

- En todos los casos: Ficha Técnica del producto y Ficha de Datos de Seguridad del producto.
- En caso de producto cubierto por la EAD 030350-00-0402: Declaración de Prestaciones (DdP) y Marcado CE del sistema.

4.4. NORMATIVA DE PUESTA EN OBRA

El Código Técnico de la Edificación (CTE) en su documento básico DB-HS 1 “Protección frente a la humedad” recoge en su punto 5.2 el control de la ejecución, que dice:

5.2 Control de la ejecución

- 1 *El control de la ejecución de las obras se realizará de acuerdo con las especificaciones del proyecto, sus anejos y modificaciones autorizados por el director de obra y las instrucciones del director de la ejecución de la obra, conforme a lo indicado en el artículo 7.3 de la parte I del CTE y demás normativa vigente de aplicación.*
- 2 *Se comprobará que la ejecución de la obra se realiza de acuerdo con los controles y con la frecuencia de estos establecida en el pliego de condiciones del proyecto.*
- 3 *Cualquier modificación que pueda introducirse durante la ejecución de la obra quedará en la documentación de la obra ejecutada sin que en ningún caso dejen de cumplirse las condiciones mínimas señaladas en este Documento Básico*



Proyección de una membrana de poliurea sobre chapa metálica



5. PROPIEDADES



Proyección de una membrana de poliurea sobre chapa metálica

Los sistemas de poliuretano y poliurea son un producto resultante de la reacción entre un isocianato y una resina en determinadas condiciones de presión y temperatura controladas que favorecen el proceso de condensación y reticulación del producto.

El isocianato, por su naturaleza, puede ser aromático o alifático:

- Aromático: para uso general, poca estabilidad del color y del aspecto estético a los rayos UV.
- Alifático: coste más elevado, óptima estabilidad a los rayos UV.

Como características generales de estos sistemas podemos destacar:

- Impermeabilización inmediata: reacción química instantánea, formación de piel inmediata.
- Excelente flexibilidad, incluso a bajas temperaturas (-40°C).
- Excelente resistencia mecánica y química.
- No necesita armadura de refuerzo.
- No genera cargas añadidas a la estructura portante.
- Sistema completamente adherido.
- Larga vida útil.
- Elevados rendimientos de instalación.
- Facilidad de resolución de puntos singulares.
- Perfecta adaptación a la geometría de la superficie.
- Versatilidad de usos.

Las distintas formulaciones permiten obtener un producto final con diferentes resistencias mecánicas para que puedan adaptarse a las condiciones particulares de cada proyecto.



6. MAQUINARIA Y EQUIPOS PARA LA APLICACIÓN EN CALIENTE DE SISTEMAS DE POLIURETANO Y POLIUREA

Estos sistemas son productos de dos componentes que se deben mezclar en las proporciones adecuadas según las indicaciones del fabricante.

Es necesario utilizar equipos de proyección de alta presión y temperatura controlada para una aplicación uniforme sobre la superficie.

La aplicación requiere una configuración completa del sistema que está integrado por las bombas de trasiego, los sistemas de dosificación y calefacción, las mangueras calefactadas y la pistola.

Todos los componentes deben seleccionarse correctamente para ajustarse a los requisitos de la aplicación en caudal (2-10 l/minuto), temperatura (65-80°C) y presión (150-240 bar).

La formación y cualificación de los trabajadores, suministrada por el fabricante o distribuidor de la máquina, es otro elemento clave para la aplicación exitosa tanto en el uso del equipo como en los diferentes tipos de aplicaciones.

6.1. CARACTERÍSTICAS Y DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS

Estos han de ser capaces de:

- Dosificar y mezclar los productos químicos con la proporción correcta.
- Producir y mantener la presión de trabajo requerida.
- Alcanzar suficiente aumento de la temperatura (ΔT) para calentar los productos químicos a la temperatura y presión de caudal requeridos por la aplicación.
- Proporcionar el caudal deseado a la presión requerida.

Equipos de las marcas GAMA y GRACO



6.1.1. Sistemas de dosificación

En el mercado se pueden encontrar equipos neumáticos, eléctricos o hidráulicos, de relación fija en su mayoría, para la aplicación de los sistemas de impermeabilización líquida; para lograr un resultado óptimo es importante seleccionar el más adecuado.

Se debe montar un filtro deshumidificador en la tapa del bidón ISO para evitar la entrada de aire húmedo dentro del tambor. La humedad es perjudicial para el isocianato y provoca alteraciones y cristalizaciones que pueden crear graves problemas en la aplicación y en el producto instalado. La exposición puede provocar la polimerización parcial de los isocianatos, lo que dará como resultado la formación de cristales pequeños, duros y abrasivos que permanecen suspendidos en el fluido. Al final se forma una película en la superficie y los isocianatos comienzan a gelificarse, aumentando la viscosidad.

En los sistemas de relación fija, las bombas de desplazamiento positivo están unidas físicamente para garantizar un desplazamiento idéntico y sincronizado que proporcione ambos productos en relación 1:1. La energía que acciona estas bombas puede ser neumática, eléctrica o hidráulica.

Los sistemas de relación variable, menos frecuentes para este tipo de aplicación, pueden ser mecánicos o electrónicos.

6.1.2. Sistemas de accesorios

Además de lo descrito anteriormente, es importante destacar el uso de otros elementos para la aplicación del sistema de impermeabilización.

6.1.2.1. Calentadores de fluidos

Son el elemento clave de la aplicación para conseguir incrementar la temperatura de los sistemas hasta el nivel necesario. Hay tres versiones principales de los sistemas de calefacción:

- Calentador de masa.
- Inmersión (calefacción de contacto directo).
- Híbrido.

6.1.2.2. Mangueras calefactadas de los sistemas de pulverización

Su función es mantener estable la temperatura suministrada por los calentadores internos del dosificador hasta el punto terminal donde se conecta la pistola.

A excepción del momento inicial en el que es necesario aumentar la temperatura con respecto a la temperatura ambiental, las mangueras ya no tendrán que calentar los dos fluidos y elevar aún más su temperatura, sino sólo mantenerla constante en el tiempo.



Mangueras calefactadas

Las mangueras son de bajo voltaje (24 V) y llevan en su parte terminal un sensor de temperatura, conectado a uno de los dos tubos, capaz de transferir la información a la unidad principal. El dosificador generalmente viene con una serie de controles de temperatura para permitir al operario manejar fácilmente esta variable tan importante.

Es necesario poder ajustar de forma diferente las temperaturas de la resina y del isocianato. La unidad avisa al aplicador cuando las dos temperaturas establecidas han alcanzado el valor especificado en la ficha técnica, gracias a la retroalimentación de los sensores de temperatura dentro de los dos calentadores y en el extremo del tubo calentado. Sólo en ese momento el operario tendrá la garantía de poder pulverizar los dos fluidos a la temperatura correcta para permitir una correcta reacción.

Se garantiza la posibilidad de calentar los dos fluidos de forma diferenciada para compensar cualquier diferencia de viscosidad: al aumentar la temperatura en una línea, la viscosidad del fluido contenido en ella disminuirá proporcionalmente.

Las mangueras de fluido están siempre codificadas por colores para diferenciar el circuito ISO/endurecedor del circuito RES/resina. Asimismo, los accesorios incorporan roscas y diámetros específicos y no intercambiables, diseñados para impedir conexiones erróneas. Una conexión incorrecta puede provocar contaminación cruzada de materiales, daños irreversibles en la manguera y afecciones graves en el conjunto del sistema.

Durante la fase operativa es necesario desenrollar toda la longitud de los tubos calefactados. Nunca se ha de aplicar utilizando una manguera enrollada o torcida pues se crea una acumulación desigual de calor que puede causar fallos en la manguera y lesiones graves, incluida la eyección de fluido.

La manguera debe estar adecuadamente apoyada para evitar tensiones excesivas por peso, dobleces, bordes cortantes o tensiones provocadas por el roce en los bordes de la cubierta.

Hay que asegurar también que la protección general de las tuberías esté intacta y sea continua, previendo una protección adicional en caso de tener que operar en una obra compleja.

En general, los tubos calefactados, se componen de tramos de pares de tubos con longitudes determinadas, de modo que es posible ampliar la longitud total del conjunto de tubos añadiendo tramos posteriores, hasta alcanzar la longitud máxima gestionada por el dosificador. La operación de sumar o quitar tramos de manguera es siempre una operación delicada que debe realizarse en el taller y nunca en la obra, después de haber despresurizado y apagado adecuadamente todo el sistema, así como asegurarse de realizar la operación en el menor tiempo posible para limitar la exposición al aire del tubo de isocianato.

6.1.2.3. Bombas de trasiego

Éstas juegan un papel fundamental por ser las responsables de conducir suficiente material a la unidad dosificadora con la presión y el caudal adecuados.

Las tecnologías disponibles son: las bombas de doble diafragma y las bombas de pistón de doble efecto.

Estos sistemas de alimentación son el componente clave del sistema para transferir los productos químicos de los bidones a la máquina. Se requiere especial atención en la selección de la bomba para la aplicación que cumpla con la viscosidad y la temperatura de almacenamiento adecuada de los productos químicos.

Una bomba de trasiego mal seleccionada puede causar problemas importantes en la aplicación, por no suministrar a la máquina los productos químicos a la presión o el caudal adecuados.

Para asegurar el buen estado de la mezcla y la correcta transferencia, las bombas deben de poder instalarse en la tapa del bidón fácilmente. Además, este ha de ser estanco al aire y a la humedad para evitar cristalizaciones internas, especialmente de isocianato, ya que podrían producir atascos y descompensaciones en la relación de mezcla.

La posibilidad de aspirar el líquido hasta el nivel inferior es útil para no desperdiciar ni transferir la cantidad residual.

6.1.2.4. *Bandas calefactadas*

Son necesarias cuando los bidones han sido almacenados en un ambiente de baja temperatura.

En este caso la acción de precalentamiento de los fluidos dentro de los bidones puede ser muy útil para reducir la viscosidad y mejorar la transferencia de los productos químicos con las bombas de trasiego hacia la unidad dosificadora.



Bandas calefactadas

Estas bandas se aplicarán en la base de los bidones y su función es sólo elevar la temperatura general (5-10°C) a un nivel superior (15-20°C).

6.1.2.5. *Agitadores*

Es recomendable instalar un agitador neumático o eléctrico para uniformizar la temperatura de las resinas dentro del bidón de resina. También es aconsejable agitar el fluido para permitir una perfecta homogeneización de los pigmentos y la viscosidad.

Los isocianatos no necesitan agitación, ya que su viscosidad generalmente ya es baja y además no contienen pigmentaciones coloreadas.



6.1.2.6. Pistolas

Usar las herramientas adecuadas es clave para una correcta aplicación; una pistola de pulverización fiable permite garantizar la calidad de la instalación.

En el caso de estos sistemas solo pueden emplearse las pistolas de mezcla de choque.

Existen en el mercado pistolas de limpieza por aire y de limpieza mecánica.

Para su limpieza recomendamos disolventes como etoxipropanol, dimetilglicol y etilglicol.

Es necesario contar con un compresor de aire para el buen funcionamiento de las pistolas.

Se recomienda un compresor de entre 3 y 5,5 CV para máquinas no neumáticas, y 7,5 CV o más en máquinas neumáticas.

El compresor deberá proporcionar un caudal de aire seco continuo, contar con desecador y válvula de escape, para evitar picos de consumo en los arranques.

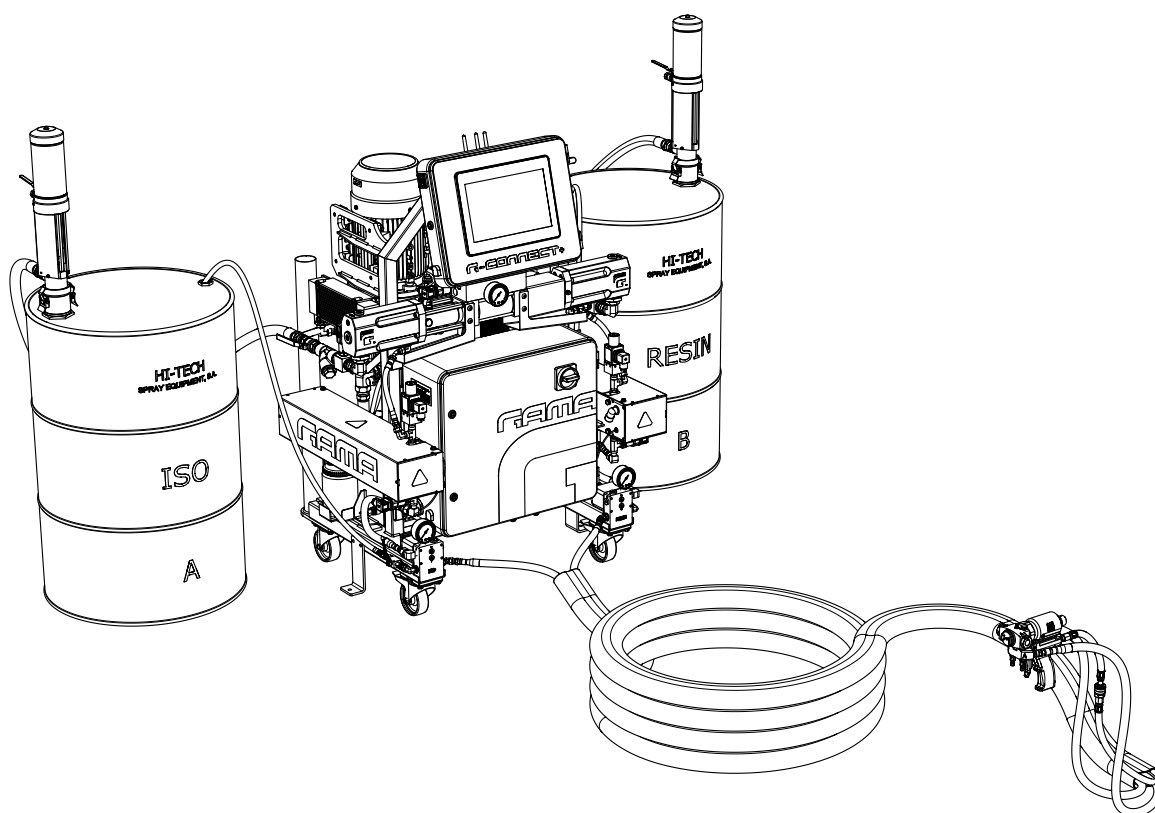


Proyección de la membrana de impermeabilización sobre chapa de panel sandwich

6.1.2.7. Sistemas de recirculación

Un sistema de recirculación siempre es una buena solución cuando es necesario uniformizar la temperatura de todo el sistema, especialmente en condiciones de funcionamiento críticas con temperaturas externas bajas.

Los bidones deben estar conectados con un sistema de tubos de retorno del dosificador para calentar uniformemente los productos en poco tiempo.



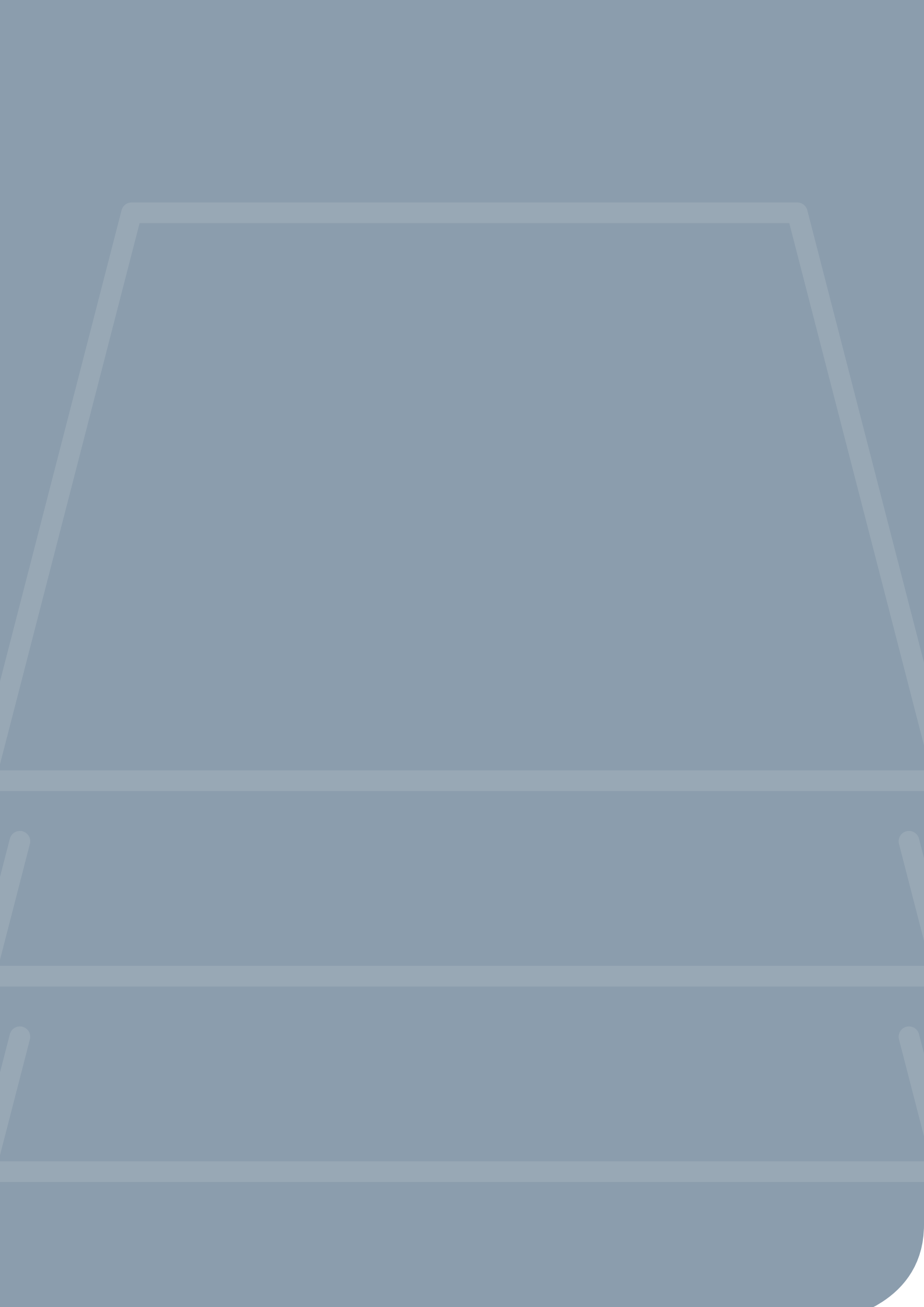
La recirculación debe activarse en momentos de pausas más o menos prolongadas en la propia fase de pulverización, con el único objetivo de mantener todo el sistema en movimiento y caliente.

6.2. PREPARACIÓN DE LA MÁQUINA PARA LA PROYECCIÓN

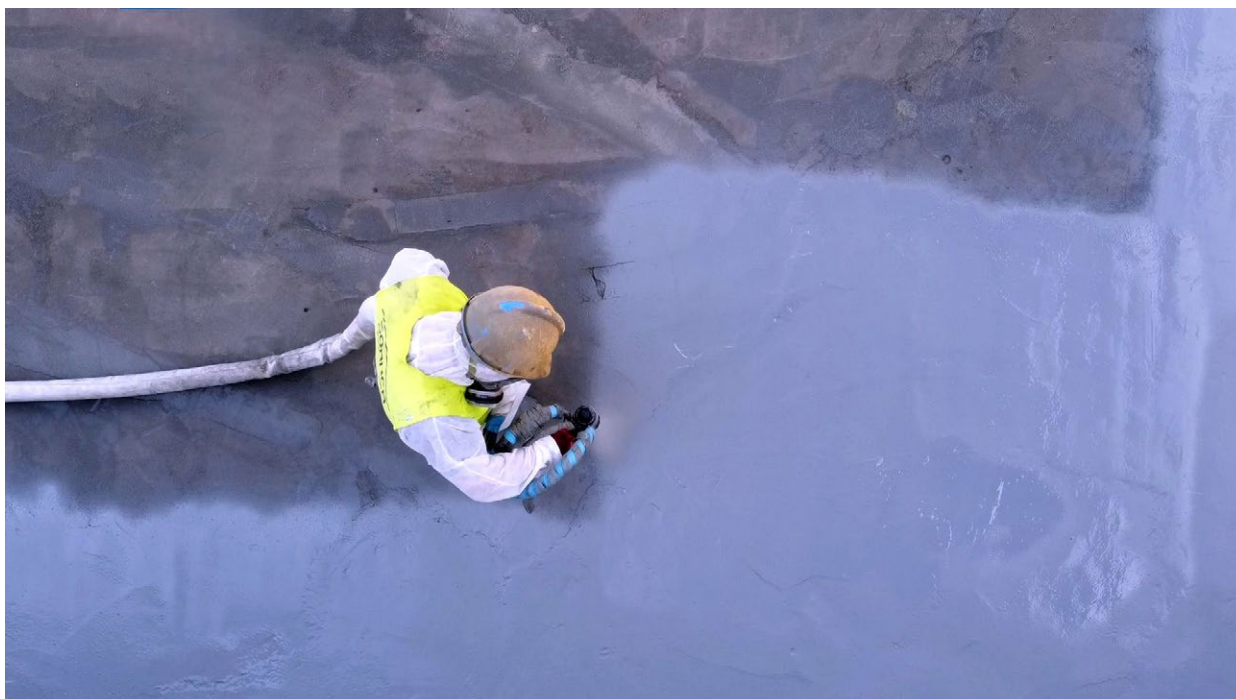
Se comienza seleccionando la temperatura de trabajo indicada por el fabricante y activando la calefacción de las mangueras. A continuación, se ensambla la pistola y se monta en las mangueras.

Se selecciona la temperatura de trabajo indicada por el fabricante y se activa la calefacción de los calentadores. Finalmente se ajusta la presión dinámica de trabajo, que nunca debe ser inferior a los 150 bar.

En el punto 7.3. de esta guía se desarrolla el proceso de proyección.



7. PROCESO DE PUESTA EN OBRA



**Impermeabilización de cubierta plana con membrana de poliurea pura.
Facultad de Psicología y Logopedia (UMA-Universidad de Málaga)**

El proceso de puesta en obra para la aplicación de estos sistemas en proyectos de impermeabilización de cubiertas, comienza con la preparación del soporte e imprimación, seguida de la proyección de la membrana y en caso de quedar a la intemperie, la aplicación de un acabado alifático.

Una correcta impermeabilización dependerá de muchos factores, como la buena calidad de los productos y su correcta aplicación. La preparación del soporte será fundamental para asegurar la adherencia y la durabilidad del sistema, garantizando el éxito y evitando costosas reparaciones.

Será necesario revisar siempre el estado del soporte sobre el que vamos a intervenir, verificando dos parámetros fundamentales:

- Las condiciones higrotérmicas del sustrato y del medio ambiente. Con esta revisión podremos descartar la presencia de condensaciones, rocío o humedad que puedan generar patologías que, a su vez, pongan en peligro la estanqueidad y adhesión de la lámina.
- Las condiciones mecánicas. Es muy importante saber qué cohesión presenta el soporte antes de empezar su impermeabilización.

Una vez realizada esta inspección procederemos a la preparación del soporte o sustrato, poniendo especial atención en el tratamiento de los puntos singulares según se detalla en el punto 7.2.

El soporte puede estar formado por los siguientes materiales: hormigón, mortero, metal, ladrillo, cerámica, gres, madera, geotextil, poliuretano, poliestireno, bitumen, fibrocemento, etc. Dependiendo del tipo de soporte tendremos mayor o menor dificultad a la hora de prepararlo.

7.1. PREPARACIÓN DEL SOPORTE E IMPRIMACIÓN

Los objetivos de este primer paso son: la creación de un anclaje mecánico, facilitar el anclaje químico adecuado y eliminar contaminantes y aplicaciones anteriores.

Gran parte del éxito del sistema radica en la correcta preparación del soporte, y que éste reúna las condiciones adecuadas. Se deben ejecutar pruebas de resistencia mecánica, al menos ensayos de pull-off, para verificar la adherencia por tracción.

El soporte debe ser cohesivo, no tener partículas sueltas, estar libre de fisuras o grietas y con una textura superficial regular; debe estar limpio, seco, sin aceites, grasas, lechadas superficiales u otros elementos o revestimientos anteriores que perjudiquen la adherencia.



Aplicación de una imprimación epoxi con rodillo sobre un soporte regularizado

La imprimación tiene varias funciones importantes:

- Aumentar la adherencia y la cohesión.
- Reducir el riesgo de que asciendan burbujas del sustrato a la membrana.
- Ayudar a regularizar el soporte y a proporcionar una superficie uniforme para las aplicaciones posteriores.
- Eliminar el polvo restante en el sustrato.
- Reducir el riesgo de desprendimiento y formación de ampollas en caso de que haya humedad residual en el soporte.
- Sellar la porosidad (se sabe que una imprimación ha sellado bien la porosidad del soporte cuando al curar tiene un aspecto brillante).



Preparación de soporte e imprimación de una cubierta de panel sandwich a dos aguas previa a la aplicación de la membrana de poliurea

AIFIm recomienda consultar al fabricante pues hay toda una serie de factores a tener en cuenta en la elección de la imprimación más adecuada: tipo de proyecto, requerimientos (expuesto o no, transitable), estado, composición y condiciones del soporte (seco, horizontal...), condiciones ambientales durante la aplicación, certificados requeridos, coste, sistema predefinido en proyecto, limitaciones en el uso de resinas con disolvente, etc.

A continuación, se detalla el procedimiento de preparación y la imprimación recomendado para cada tipo de soporte, que debe hacerse siempre siguiendo las especificaciones del fabricante.



Un sistema de impermeabilización líquida se compone de varias capas aplicadas de forma consecutiva

7.1.1. Soporte de hormigón/mortero

El soporte debe tener al menos 28 días de curado y una resistencia a compresión entre 15 y 40 MPa.

En este tipo de soporte el ensayo de pull-off ha de arrojar un valor $\geq 1,5$ MPa para sistemas con cargas de tráfico, y $\geq 0,8$ MPa para sistemas sin cargas de tráfico.

La temperatura del sustrato debe estar al menos 3°C por encima de la temperatura de punto de rocío.

Hay que adecuar las superficies que se van a impermeabilizar ejecutando las acciones correctoras necesarias: limpiando (polvo, suciedad, aceites, grasas, siliconas u otros contaminantes que pueden afectar a la adherencia de la membrana) y comprobando que no haya humedad (contenido de humedad residual $< 4\%$). También hay que comprobar que la temperatura es adecuada (entre los 3°C y los 35°C) y que el soporte es resistente y está cohesionado.

Una vez realizadas estas comprobaciones y, en caso de ser necesario, habrá que intervenir sobre el soporte con alguna de las siguientes actuaciones:

- Lijado o pulido: adecuado en el caso de nuevos sustratos sin tratamientos especiales de endurecimiento de superficie.

Se realiza con lijas de pulido rotativas (de carburo de silicio, óxido de aluminio o corindón de circonio). Es un método útil para eliminar de la superficie del hormigón toda clase de irregularidades, así como restos de sustancias producidas por un mal fraguado (lechada de cemento, áridos vistos, etc.). Con este método sólo se eliminan algunas micras del soporte.



Regularización del soporte (lijado)

- Repicado mecánico o escarificación: cuando encontramos superficies antiguas con partes friables no diseminadas por toda la superficie.
- Fresado: recomendado en sustratos antiguos que estén particularmente degradados o contaminados, donde sea necesario eliminar una capa continua y homogénea. Se realiza con una rueda dentada que permite eliminar varias capas del soporte más rápidamente.
- Proyección de granalla de acero. Este proceso genera muy poco polvo y tiene como ventaja que deja perfecta la superficie en el 99% de los sustratos.
- Diamantado de desbaste: es el sistema más versátil, de fácil manejo, y con poco margen de error. Tiene un mayor coste y también necesita una aspiración posterior para eliminar el polvo generado.
- Limpieza con agua a presión (>200 bar) si no se requiere perfilado mecánico agresivo.
- En soportes saturados de humedad es necesario aplicar una primera capa de un revestimiento resistente a presiones negativas.

Antes de aplicar la imprimación, se deben reparar los defectos que presente el soporte. Las coqueras, o zonas con falta de material, deberán rellenarse con resina epoxi mezclada con áridos de sílice en relación aproximada de 1:4, dependiendo de la temperatura ambiente, o con mortero de reparación tipo R3, según EN 1504-3.

Las fisuras existentes deberán ser abiertas con disco de diamante hasta una profundidad de 1 a 2 cm, aspirar el polvo generado y rellenar con masilla elástica de base poliuretano, previa a la imprimación de la superficie. Si las fisuras tienen desplazamiento, posteriormente se aplicará en toda su longitud una banda butílica autoadhesiva sobre un soporte previamente imprimado.

A continuación, se aplicará una capa de imprimación dependiendo de la porosidad e irregularidad del soporte.

En el caso de soportes con algo de humedad residual, se debe aplicar una primera mano de imprimación apta para superficies húmedas, a rodillo, y cuando haya curado, aplicar una segunda mano de imprimación mezclada con árido de sílice de 0,3-0,6 mm en relación de hasta 1:1,5, dependiendo de la temperatura ambiente, y aplicación mediante espátulado con una dotación de al menos 0,8 a 1 kg/m² de mezcla (resina y árido).

Este es uno de los posibles procedimientos para aplicación de resina epoxi base agua o resina epoxi especial para fondos húmedos.

También es común aplicar una primera mano sin árido, y después otra encima a rodillo sobre la que se espolvorearía la sílice para mejorar la adherencia de la membrana posterior. Pueden funcionar cualquiera de los dos sistemas, dependerá mucho del soporte y del criterio del instalador.



Poliurea aplicada sobre un soporte de hormigón imprimado

7.1.2. Soporte metálico

El método más adecuado de preparación física se decidirá en función del estado del metal.

Las superficies metálicas pueden requerir:

- Limpieza a chorro seco con sílice/ agua para eliminar grasas, cascarillas, óxido, corrosión, pintura, etc.
- Limpieza con disolvente (base cetona o isopropanol) para eliminar aceites y grasas
- Limpieza manual, mecánica, de llama, granallado o decapado
- Aplicación de pasivador anticorrosivo en estructuras metálicas expuestas

Se verificará que la tornillería de fijación de los paneles no está suelta, y en caso necesario se afianzará o sustituirá.

Posteriormente, se debe aplicar en todas las juntas entre paneles una banda butílica, como refuerzo para que la membrana pueda asumir los movimientos del soporte sin fracturarse.

Se aplicará la imprimación específica para metales antes de 8 horas desde el tratamiento de chorro de arena para evitar la oxidación de la superficie.

En el caso particular de un soporte de chapa de un panel sandwich la superficie debe ser preparada mediante limpieza con agua a presión y cepillado, con el fin de retirar la suciedad y partículas depositadas, dejando secar completamente.

Los óxidos se eliminarán con medios mecánicos, o aplicando dos manos de pasivador de corrosión de forma manual, con rodillo, brocha o airless.



Impermeabilización de cubierta metálica con poliurea

7.1.3. Soporte de lámina bituminosa

Se realizará una limpieza con aire a presión para eliminar suciedad y polvo.

Será necesario comprobar la adherencia de los solapes (en láminas y refuerzos perimetrales) y recalentar con soplete en caso necesario o aplicar sistemas bituminosos en frío.

La lámina debe estar adherida al soporte. Si existen áreas despegadas o abolsadas, se deben recortar y retirar, colocando una nueva pieza de igual tamaño adherida con la misma imprimación o soldándola con soplete, para regularizar la superficie.

En láminas bituminosas con autoprotección metálica se realizará una limpieza general de la superficie antes de aplicar la imprimación y si es posible se eliminará la película reflectante ya que, en muchos casos, el calor y la presión generados por la aplicación la arrancan.

En el caso de láminas bituminosas con autoprotección de gránulos minerales, se recomienda una limpieza exhaustiva por medios mecánicos o con aire a presión para eliminar el material suelto y aplicar una imprimación adecuada para conseguir una mejor consolidación de los gránulos.

Se recomienda el uso de imprimaciones base poliuretano o poliurea en caso de láminas envejecidas.

En situaciones donde se prevea que puede haber humedad por debajo de la lámina, por ejemplo, en aislamientos de lana mineral de cubierta Deck, también se debe aplicar una imprimación adecuada que aporte un mejor sellado del soporte y se recomienda la instalación de aireadores para facilitar la salida de la humedad interior.



Impermeabilización con poliurea sobre lámina bituminosa

7.1.4. Soporte de pavimento cerámico

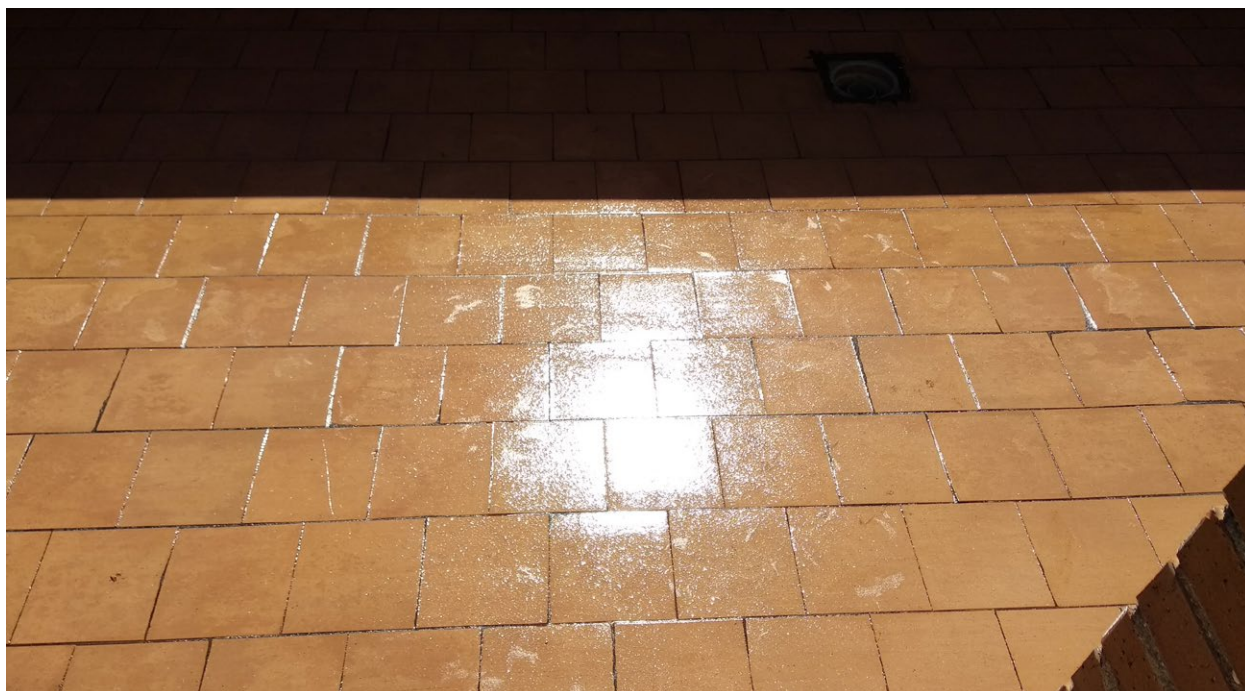
La preparación del soporte en este caso se realizará por desbastado/lijado suave (con disco de diamante o papel de lija de carburo de silicio) para abrir el poro de las piezas, limpiar y para eliminar la capa vitrificada de la baldosa.

Será necesario realizar un aspirado posterior para la eliminación de polvo y otros residuos.

Todas las baldosas deben estar bien adheridas, repasando la fijación de las que pudieran estar sueltas. Se recomienda realizar los pequeños arreglos y el relleno de juntas entre piezas con resina epoxi mezclada con áridos de sílice en relación aproximada de 1:4, dependiendo de la temperatura ambiente.

Finalmente será necesario limpiar y reparar las juntas de dilatación existentes, retirando el material sobrante, limpiando y rellenando con masilla de poliuretano.

Estas operaciones irán seguidas de la imprimación, preferiblemente especial para soportes de gres o poco porosos.



Preparación e imprimación de cubierta plana de acabado cerámico, antes de aplicar la poliurea

7.1.5. Soporte de fibrocemento

Antes de cualquier intervención sobre una cubierta de fibrocemento, es necesario descartar la presencia de amianto.

- Si la placa fue fabricada en España después de 2002, no contendrá amianto.
- Si la placa tiene grabada las iniciales “NT” (Nueva Tecnología), no contendrá amianto.
- En el resto de los casos, es probable que contenga amianto.

En caso de que la cubierta de fibrocemento sea sospechosa de contener amianto, será necesario conocer y aplicar la normativa nacional y autonómica de prevención de riesgos relacionados con el amianto.

En caso de confirmar que el fibrocemento de la cubierta está libre de amianto, se procederá de la siguiente forma:

- Verificar el estado del fibrocemento y su estructura portante, asegurando que está en buenas condiciones para soportar el peso de los trabajadores. Trabajar desde una cesta en caso contrario.
- Revisar piezas fisuradas o deterioradas, y sustituirlas en caso de ser necesario.
- En caso de presencia de suciedad, grasa o contaminantes que pueden afectar a la adherencia de la membrana, se realizará una limpieza mecánica, con detergente o con agua a presión.
- Se verificará que la tornillería de fijación de las placas de fibrocemento no está suelta, y en caso necesario se afianzará o sustituirá.
- Posteriormente, se debe aplicar en todas las juntas entre placas una banda butílica, como refuerzo para que la membrana pueda asumir los movimientos del soporte sin fisurarse.

7.2. TRATAMIENTO DE DETALLES Y PUNTOS SINGULARES

Antes de la aplicación de la membrana se deben tratar de manera específica ciertos elementos como juntas de dilatación, bases de anclaje, fijaciones mecánicas, sumideros, claraboyas, encuentros verticales, etc. El tratamiento de estos puntos debe hacerse siempre siguiendo las recomendaciones del fabricante.



Realización de imprimación armada con refuerzo de fibras en remate vertical sobre superficie existente

Algunas de las acciones a realizar sobre el soporte de los puntos singulares antes de la aplicación de la impermeabilización líquida son:

- Sellado de fisuras:
 - Fisuras inactivas (< 0,5 mm): relleno con imprimación epoxi cargada con sílice.
 - Fisuras activas (> 0,5 mm): aplicación de banda de refuerzo de butilo o geotextil adherido antes de la aplicación del sistema.
- Corrección de coqueras en hormigón: aplicación de mortero de cemento o epoxi tipo R3 según EN 1504-3, que garantiza la resistencia a la compresión ≥ 25 MPa.
- Los cambios de planos con paramentos o juntas estructurales deben realizarse redondeándose con un radio de curvatura o achaflanándose una medida análoga, según el sistema de impermeabilización, evitando así ángulos rectos o aristas.

En la tabla resumen, se establecen tipos de actuación también en otros tipos de soporte a modo resumen:

Soporte	Tipo de Actuación	Método
Hormigón	Reparación superficial	Lijado, pulido, granallado, fresado, escarificado mecánico
	Relleno de coqueras o fisuras	Masilla PU/mortero epoxi, mortero de cemento, resinas estructurales
	Limpieza final	Aspiración, lavado con agua a presión, detergentes neutros
Metal	Aumentar adherencia de la superficie	Chorro de arena, lijado mecánico, imprimación específica
	Abertura del poro superficial y limpieza	Disolvente base cetona, desengrasado con isopropanol
	Corrección de óxidos y corrosión	Cepillado mecánico, fosfatado químico, imprimación anticorrosiva
Cerámico	Relleno de zonas con piezas no adheridas	Mortero epoxi, adhesivo estructural
	Limpieza superficial	Lijado en seco, desbastado mecánico
Láminas asfálticas	Limpieza superficial	Agua a presión media, frotado mecánico con cepillo abrasivo
	Verificación de solapes	Recalentado con soplete, sellado con masilla bituminosa
Fibrocemento	Reparación de juntas, solapes y tornillería	Espuma PU/masilla PU, sellador elastomérico, banda butílica
	Limpieza superficial	Agua a presión media, detergente

Una vez realizada la preparación del soporte de remates verticales, son necesarias diferentes acciones de refuerzo juntamente con la imprimación en puntos singulares según las distintas tecnologías de la imprimación y el tipo de soporte explicadas en el punto 7.1.

El objetivo de resolver correctamente estos puntos singulares es:

- Reducir tensiones entre paramentos y materiales.
- Evitar aristas que puedan perforar la membrana a largo plazo.
- Relajar la acumulación de agua en estos puntos.
- Rebajar la cantidad de material a utilizar para garantizar su funcionalidad.

7.2.1 Remate vertical

Se aplicará en toda la longitud de los encuentros de paramentos horizontales con los verticales un cordón de masilla elástica de base poliuretano de unos 2 cm de diámetro a modo de media caña. Una vez curada, se ha de colocar encima una banda autoadhesiva de butilo o refuerzo de tejido de poliéster o fibra de vidrio, aplicada con la imprimación, para reforzar ese encuentro donde se generan mayores tensiones.

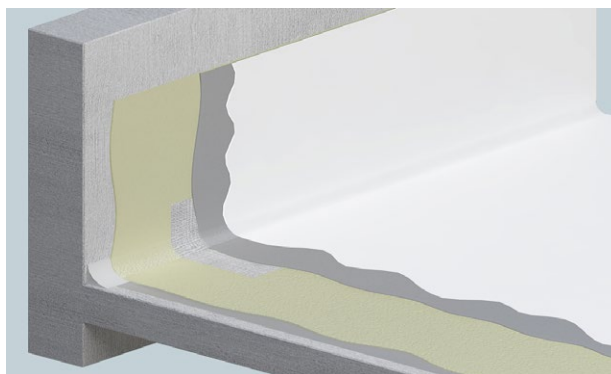
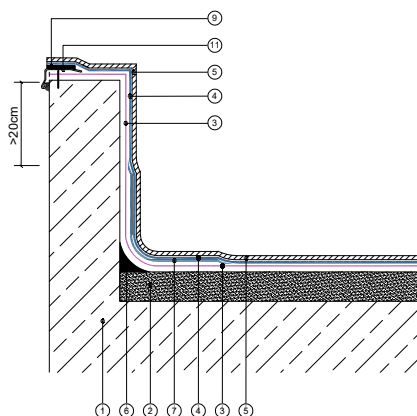


Realización de imprimación armada con refuerzo en remate vertical sobre superficie existente

A continuación, la membrana se proyectará de forma continua, siendo recomendable cubrir toda la altura del paramento vertical, hasta llegar a la albardilla de coronación. En cualquier caso, se debe proyectar la membrana hasta una altura de al menos 20 cm por encima de la cota de terminación de la cubierta según se establece en el punto 2.4.4.1.2 del DB HS1.

En caso de cubrir sólo parte del peto, se recomienda sellar el borde superior de la membrana con un perfil metálico fijado mecánicamente con tacos y sellado con masilla elástica de base poliuretano para evitar su descuelgue con el paso del tiempo.

Se recomienda también tener la precaución de realizar un corte horizontal en la pared de unos 5 mm de profundidad a una altura de unos 20 cm hasta donde se aplicará el sistema. El corte deberá sellarse con masilla de poliuretano para rematarlo correctamente.



7.2.2 Sumideros

El sumidero puede realizarse con 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.



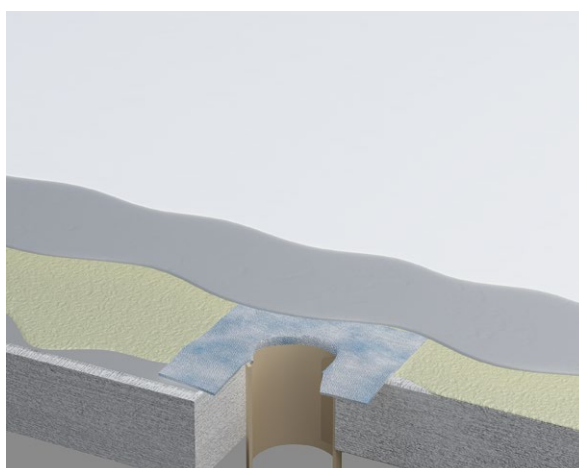
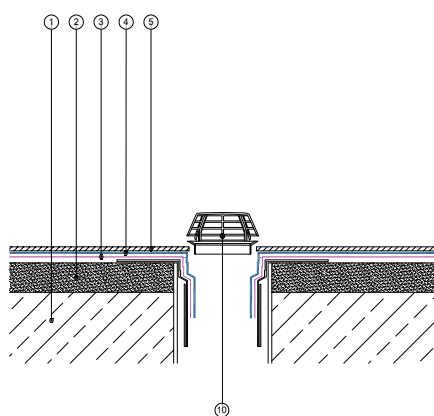
Sumidero prefabricado aplicado entre capas de poliuretano líquido

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.

El elemento que sirve de soporte de la impermeabilización debe rebajarse alrededor de los sumideros o en todo el perímetro de los canalones lo suficiente para que después de haberse dispuesto el impermeabilizante siga existiendo una pendiente adecuada en el sentido de la evacuación.

Para la preparación del desagüe se debe aplicar una imprimación según las características del soporte con el que se aplicará la pieza prefabricada según el diámetro de evacuación.

Una vez curado, se ha de proyectar la membrana cubriendo totalmente el ala del sumidero y facilitando la entrada de ésta en el interior de la cazoleta de recogida de aguas. Debe prolongarse 10 cm como mínimo en el interior de la bajante.



7.2.3 Junta de dilatación

La junta, una vez vaciada de todos los materiales, se rellenará con el fondo de junta (cilindro de espuma de polietileno) y después, hasta el borde de la junta, con la masilla de poliuretano monocomponente.

7.2.3.1 Junta con cinta de TPE

Sobre la masilla de poliuretano se colocará la cinta de TPE, de tamaño adecuado a la junta, se adherirá por la parte del geotextil a los bordes de la junta utilizando imprimación epoxídica o base poliuretano.

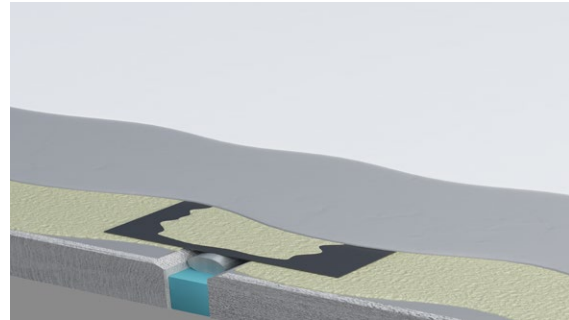
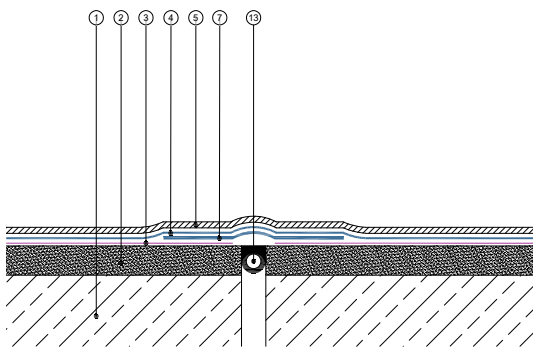
Para dar mayor seguridad al sistema de la junta se podrá colocar una banda de separación flotante (sin adherencia). Ello permitirá el libre movimiento de la junta, debajo de la membrana impermeabilizante, puesto que el TPE y las resinas de poliuretano o poliurea no se adhieren entre ellos.

Se procederá entonces a la aplicación de la membrana impermeabilizante líquida de poliurea o poliuretano sobre toda la superficie horizontal, cubriendo la junta.

7.2.3.2 Junta con banda de butilo

Sobre la junta preparada, se colocará una banda de butilo, de tamaño adecuado a la junta, haciendo forma de fuelle convexo (hacia arriba) y fijada a ambos lados de la junta.

Se procederá entonces a la aplicación de la membrana impermeabilizante líquida de poliurea o poliuretano sobre toda la superficie horizontal, cubriendo la junta.



7.3. PROYECCIÓN



Aplicador proyectando poliurea con sistema de respiración asistida

Antes de la aplicación de la membrana, la capa de imprimación debe haber curado y estar seca al tacto.

Se aconseja comprobar la previsión meteorológica (viento, lluvia, niebla) y las horas de luz natural.

Conviene preparar con antelación un plan de aplicación, detallando las labores que deberán realizar los equipos y cuando e incluir un plan de contingencia (mal tiempo, asistencia técnica en caso de problemas con equipos).

Tal y como se ha citado anteriormente, se debe montar un filtro deshumidificador en la tapa del bidón ISO para evitar la entrada de aire húmedo. La humedad provoca alteraciones y cristalizaciones que pueden generar problemas durante la aplicación y en el producto instalado.



Deshumidificador por adsorción

El objetivo es crear una membrana continua, con un espesor suficiente y homogéneo; AIFIm recomienda espesores mínimos de 2 mm en todos los puntos de la cubierta (consultar los ensayos de control de espesor incluidos en Cap. 8., puntos 8.2. y 8.3.2.)

Espesores superiores serán necesarios en cubiertas con mayores solicitaciones. En todo caso, es necesario consultar las recomendaciones del fabricante para cada producto concreto.

Se realizará una dosificación de prueba sobre una pieza de polietileno o sobre una superficie tratada con desencofrante para comprobar que la cantidad de producto dosificado, el abanico de proyección y la calidad de la mezcla son los adecuados para la aplicación.

Es igualmente importante comprobar con el caudal configurado, en base a un determinado número de capas cruzadas, qué espesor se obtiene, para calibrar cómo obtener el espesor deseado. El polietileno o la superficie con desencofrante permiten una verificación del espesor de la muestra con un calibre.



Aplicador proyectando poliurea con máscara completa con filtro

Durante toda la aplicación, si no se dispone de sistemas automáticos de detección de anomalías, es importante controlar los parámetros de presión y temperatura de la máquina para que respeten los valores definidos para la aplicación. En caso de anomalía es necesario suspender la instalación y solucionar el problema. Si el sistema está equipado con un control integrado, la máquina se detendrá automáticamente, pero, incluso en este caso, se deberá resolver el problema para continuar con la aplicación.

No se deben aplicar más de 3 mm en una aplicación cruzada. En caso de tener que aplicar espesores más altos, se recomienda hacerlo en múltiples secciones transversales con un corto tiempo de espera entre ellas.

Recomendamos:

1. Despejar el área de trabajo evitando peligros de tropiezos.
2. Proteger superficies cercanas.
3. Tratar primero detalles y puntos singulares.
4. Sujetar la pistola con firmeza.
5. Evitar gatillear continuamente.
6. Realizar movimientos largos y suaves completos de brazo, siempre paralelos a la superficie, a la misma velocidad, de forma continua y homogénea, sin detenerse en ningún punto.
7. Mantener una distancia constante a la superficie. Si nos acercamos se creará un recubrimiento de mayor espesor.
8. La posición de la pistola debe ser siempre perpendicular a la superficie; si la inclinamos hacia arriba o hacia abajo, el líquido no se deposita de modo uniforme sobre el soporte, resultando un espesor no uniforme.
9. Realizar barridos de lado a lado, con un 50% de solapamiento para evitar tener áreas de diferente cobertura.

A continuación, incluimos algunas precauciones a considerar durante la proyección:

- Controlar que las presiones estén equilibradas.
- Se recomienda activar el sistema de control de relación de mezcla si existiera.
- Controlar el consumo de los productos químicos para no trabajar sin uno de ellos (activar descontador de ciclos).
- Controlar la temperatura del producto.

Para la desconexión recomendamos consultar las instrucciones del fabricante de los equipos para conocer el método para la parada diaria y temporal (en caso de paradas superiores a 1 semana, será necesario sustituir los productos contenidos en la máquina y las mangueras por aceite plastificante de DOTP) así como el procedimiento de limpieza.

Para una limpieza minuciosa de toda la máquina recomendamos la utilización de cloruro de metileno. El percloroetileno es adecuado para cambios de material y como primer paso a la hibernación.

Se aconseja consultar siempre al proveedor del sistema para el adecuado mantenimiento de los equipos.

El Anexo I de esta guía incluye las principales normas de seguridad relacionadas con este punto.

7.4. ACABADO ALIFÁTICO

Este recubrimiento superficial tiene la función de mantener la estabilidad del color frente a la radiación UV. Puede realizarse con una película de resina de poliuretano alifático en disolvente (consumo mínimo de 0,25 kg/m², tiempo de curado entre 1 y 3 días) y/o poliaspártica o de altas prestaciones mecánicas.

7.5. RESBALADICIDAD

Para acabados antideslizantes se recomienda aplicar áridos poliméricos o de machaqueo.



8. CONTROL EN OBRA. INSPECCIÓN Y PRUEBAS

Durante el proceso de impermeabilización con estos sistemas (poliuretano/poliurea), es importante llevar a cabo una serie de controles, inspecciones y pruebas para garantizar la calidad y eficacia del sistema aplicado.

Estos se hacen antes de empezar a aplicar, después de una pausa, durante la aplicación y cuando la lámina está curada.

8.1. CONTROLES ANTES DE LA APLICACIÓN:

Antes de iniciar los trabajos de aplicación de la impermeabilización líquida, será necesario realizar las siguientes comprobaciones:

- Condiciones ambientales:
 - Temperatura del soporte: entre 5°C y 35°C.
 - Humedad relativa: $\leq 85\%$.
 - Punto de rocío: Diferencia mínima de 3°C entre la temperatura ambiente y la del soporte.
- Estado del soporte:
 - Cohesión del soporte: $\geq 1,5$ MPa para superficies transitables y $\geq 0,8$ MPa para otras aplicaciones.
 - Tratamiento de detalles y puntos singulares.
 - Limpieza de la superficie y ausencia de contaminantes, partículas y materiales sueltos.
 - Imprimación correctamente curada (según especificaciones del fabricante).
- Equipos de aplicación:
 - Presión de la bomba y temperatura de los componentes.
 - Verificación de mangueras, boquillas y caudal de aplicación.

8.2. CONTROLES DURANTE LA APLICACIÓN:

Es recomendable establecer pautas de control mientras se proyecta:

- Temperatura y presión de la máquina:
 - Control cada 30 minutos para evitar variaciones que afecten la mezcla.
 - Rango recomendado: Temperatura de proyección entre 60-80°C y presión ≥ 150 bar (según especificaciones del fabricante).

- Control del espesor aplicado:
 - Medición en zonas representativas tras cada capa.
 - Verificar el espesor mínimo recomendado dependiendo de la aplicación.
- Supervisión de la continuidad de la membrana:
 - Inspección visual de defectos durante la aplicación.
 - Uso de luces rasantes para detectar burbujas o irregularidades.

8.3 CONTROLES DESPUÉS DE LA APLICACIÓN:

Tras la aplicación del sistema completo, es importante realizar los siguientes controles para garantizar la calidad del producto y su correcta instalación:

- Inspección visual.
- Control del espesor.
- Prueba de adherencia.
- Control de dureza.
- Prueba de estanqueidad.

8.3.1. Inspección visual:

Una vez aplicada la membrana, se recomienda realizar una inspección visual exhaustiva para detectar posibles defectos o áreas no recubiertas correctamente. Se deben buscar indicios de burbujas, porosidades, fisuras, desprendimientos u otros problemas visibles que puedan comprometer la calidad del sistema.

8.3.2. Control del espesor:

El espesor final de la membrana es un factor crítico, ya que influye en su capacidad de impermeabilización y resistencia. La medición del espesor final de la membrana puede hacerse con métodos destructivos o no destructivos:

- a) Método no destructivo: utilizando medidores de espesor electrónicos, basados en ultrasonido (soporte de hormigón), corrientes de Foucault y medidores magnéticos (soportes metálicos).
- b) Método destructivo: cortando dos lados de un triángulo equilátero de la membrana en obra, midiendo espesor y posteriormente reparando la zona afectada.

También se puede preparar una muestra paralelamente en condiciones similares. No siempre es fácil si la adherencia es muy grande, por lo que es necesario planificarlo antes.

8.3.3. Prueba de adherencia:

La adherencia de la membrana a la superficie es fundamental para su eficacia, por ello se debe realizar esta prueba para verificar que el sistema se adhiere correctamente al sustrato.

La prueba puede realizarse mediante ensayos de tracción (método destructivo: prueba pull-off).

Método: Ensayo de tracción directa según norma EN 1542.

Procedimiento:

- Se adhieren discos metálicos con adhesivo epoxi.
- Se aplica tracción hasta fallo.
- Criterio de aceptación: a consultar para los diferentes soportes.

Ej.: $\geq 1,5$ MPa para superficies transitables y $\geq 0,8$ MPa para otras aplicaciones, siempre en el caso de soportes de hormigón (según norma UNE 1504-2).

8.3.4. Control de dureza (D Shore):

La dureza del producto se verificará de acuerdo con la norma ASTM D2240 y deberá cumplir con la dureza especificada en la hoja de datos técnicos del producto ± 5 puntos. De esta manera se puede comprobar que la relación de producto aplicada es la adecuada.

Este control se realiza antes de empezar a aplicar o después de una pausa aplicando una muestra sobre lámina de polietileno.



Cubierta plana impermeabilizada con poliurea sobre soporte de hormigón imprimado

8.3.5. Prueba de estanqueidad:

La membrana se aplica con el objetivo de lograr una impermeabilización eficiente, por lo tanto, es recomendable realizar pruebas de estanqueidad para asegurarse de que el sistema cumpla con los requisitos. Estas pruebas pueden variar dependiendo de la estructura y las condiciones específicas del proyecto, pero algunas opciones comunes incluyen pruebas de inundación según la Norma EN 1928 y pruebas de presión de agua.

Procedimiento:

- Llenado con agua a 5 cm de altura.
- Observación durante 24 a 48 horas.
- No debe haber filtraciones ni acumulaciones de agua bajo la membrana.

Se recomienda evitar hacer pruebas en secciones demasiado grandes.

Es importante destacar que estos son solo algunos de los controles, inspecciones y pruebas más comunes que se realizan en obras de impermeabilización con membranas líquidas. Cada proyecto puede tener requisitos específicos adicionales, por lo que es fundamental seguir las pautas y recomendaciones del fabricante del sistema utilizado.



Ensayo de inundación en cubierta plana impermeabilizada con poliurea



9. PATOLOGÍAS

Dedicamos la primera parte de este capítulo al estudio de la problemática causante de patologías en cubiertas con impermeabilización líquida aplicada en caliente.

Incluimos después una colección de fichas con imágenes e información complementaria sobre las causas, prevención, detección y corrección de dichas patologías.

9.1. SITUACIONES MÁS COMUNES

Las circunstancias más comunes que pueden provocar patologías en la impermeabilización líquida de poliuretano/poliurea son: la descompensación de la mezcla, la falta o exceso de presión, la temperatura y la imprimación.

9.1.1. Descompensación de la mezcla

Mezclar los sistemas de impermeabilización líquida en su correcta proporción es fundamental para garantizar una correcta reacción química y la formación de la membrana.

Para garantizar la relación de mezcla correcta, es importante almacenar los sistemas de impermeabilización en condiciones óptimas. Los fabricantes especifican de forma clara en sus hojas técnicas este tipo de factores (temperatura, humedad) conscientes de que cualquier alteración puede provocar un deterioro de la mezcla, dando como resultado un producto gomoso, sin curar, con inconsistencias o mala adherencia.

Es recomendable proteger el componente isocianato con nitrógeno o aire seco, manteniendo una capa sobre su superficie que inhiba la contaminación por humedad atmosférica.

El frío o un largo tiempo de almacenamiento pueden ocasionar una separación de compuestos del componente resina, por lo que es importante agitarlo antes de su uso. De no hacerlo, la bomba transferirá los componentes en una proporción incorrecta.

Además, es importante realizar un correcto mantenimiento de la máquina, revisando bombas, juntas, mangueras y pistola para evitar obstrucciones.

9.1.2. Falta o exceso de presión

Una correcta presión de proyección de los productos garantiza una buena mezcla y una homogeneidad del producto final. Un exceso de presión puede generar espesores irregulares, mientras que la falta de presión puede dar lugar a mezclas pobres.

Patologías provocadas: delaminación, inconsistencia y espesor irregular.

9.1.3. Temperatura

Aquí podemos encontrarnos con varios problemas relacionados tanto con la temperatura del sistema a aplicar como de la superficie donde se aplica.

Por un lado, si no se alcanza la temperatura adecuada, la mezcla puede verse comprometida.

A baja temperatura la viscosidad del material aumenta, dificultando el bombeo. También el isocianato puede crear cristales que obstruirán los filtros y válvulas.

En el caso contrario, por exceso de temperatura durante largos periodos de tiempo, disminuye la reactividad del isocianato y aumenta la viscosidad de la resina, debido a reacciones secundarias que comienzan a temperaturas elevadas; en este caso el aumento de viscosidad es irreversible.

Tanto la temperatura del sustrato como la temperatura ambiente influyen en la correcta formación de la membrana del sistema de impermeabilización.

9.1.4. Imprimación

Este es el factor más importante a la hora de realizar una correcta impermeabilización de la cubierta. Se debe imprimir para asegurar la adhesión adecuada del sistema.

Es importante recordar que cada soporte requiere una imprimación específica. Además, no se debe olvidar que la impermeabilización líquida se ha de aplicar sobre la imprimación dentro de un intervalo de tiempo específico (ventana de adherencia), ya que de no hacerse así no se adherirá correctamente.

Patologías provocadas: delaminación y ampollas.

9.2. FICHAS DE PATOLOGÍAS

Vemos ahora en detalle algunas patologías, sus causas y cómo solucionarlas.

PIN-HOLES

Riesgo: Medio

Tipo: Funcional

Los *pin-holes* o micro poros son pequeños cráteres que se forman en el producto durante el proceso de secado, provocando un problema estético y funcional, ya que comprometen la estanqueidad de la cubierta y su resistencia.

Causas

- Nula o insuficiente imprimación.
- Aire ocluido bajo la membrana que se expande por calor.
- Mezcla rebajada con disolvente.
- Exceso de carga en cada pasada.
- Presencia de aire en el interior del producto líquido antes de aplicar, por no haber sido agitado a bajas revoluciones y con un agitador tipo cesta.
- Humedad residual en el sustrato o presencia de condensación superficial.

Detección / Comprobaciones

- Verificar que no se ha excedido la ventana de adherencia de la imprimación o de la capa inferior.
- Verificar que no se trata de irregularidad en superficie por mala aplicación.
- Verificar si afecta a todas las pasadas o a la última.
- Inspección visual con luces rasantes o aplicación de tintas penetrantes para detectar poros no visibles a simple vista.

Prevención

- Agitar siempre el producto a bajas revoluciones y con un cabezal del tipo "cesta".
- Preparar correctamente el soporte para dejarlo lo más liso posible. Evitar siempre grietas, coqueras y otras irregularidades.
- Comprobar que la temperatura del soporte esté $\geq 3^{\circ}\text{C}$ por encima del punto de rocío.
- Medir y registrar condiciones termohigrométricas antes de proyectar.
- Imprimir correctamente toda la superficie, en una o varias capas, para que la planimetría del soporte sea máxima.

Solución / Tratamiento

- Lijado de toda la superficie afectada hasta el soporte.
- Aspirado y limpieza con disolvente de la superficie.
- Aplicación de imprimación.
- Aplicación de activador o lijado suave en solape con el sistema (poliuretano y poliurea) existente.
- Aplicación del sistema (poliuretano y poliurea).



OJOS DE PEZ

Riesgo: Alto

Tipo: Estético

Los ojos de pez son marcas redondas y cerradas con aspecto de depresión en el tratamiento. Se trata de una alteración superficial que no atraviesa la membrana. Normalmente muestran un pequeño punto sin poro en el centro, de ahí el nombre de ojo de pez.

Causas

- Presencia de contaminantes en la superficie (aceites, grasas o siliconas).
- Contaminación cruzada durante el almacenamiento o manipulación de herramientas.
- Restos de agentes desmoldeantes, ceras o productos de limpieza mal aclarados.
- Mezcla rebajada con disolvente.

Detección / Comprobaciones

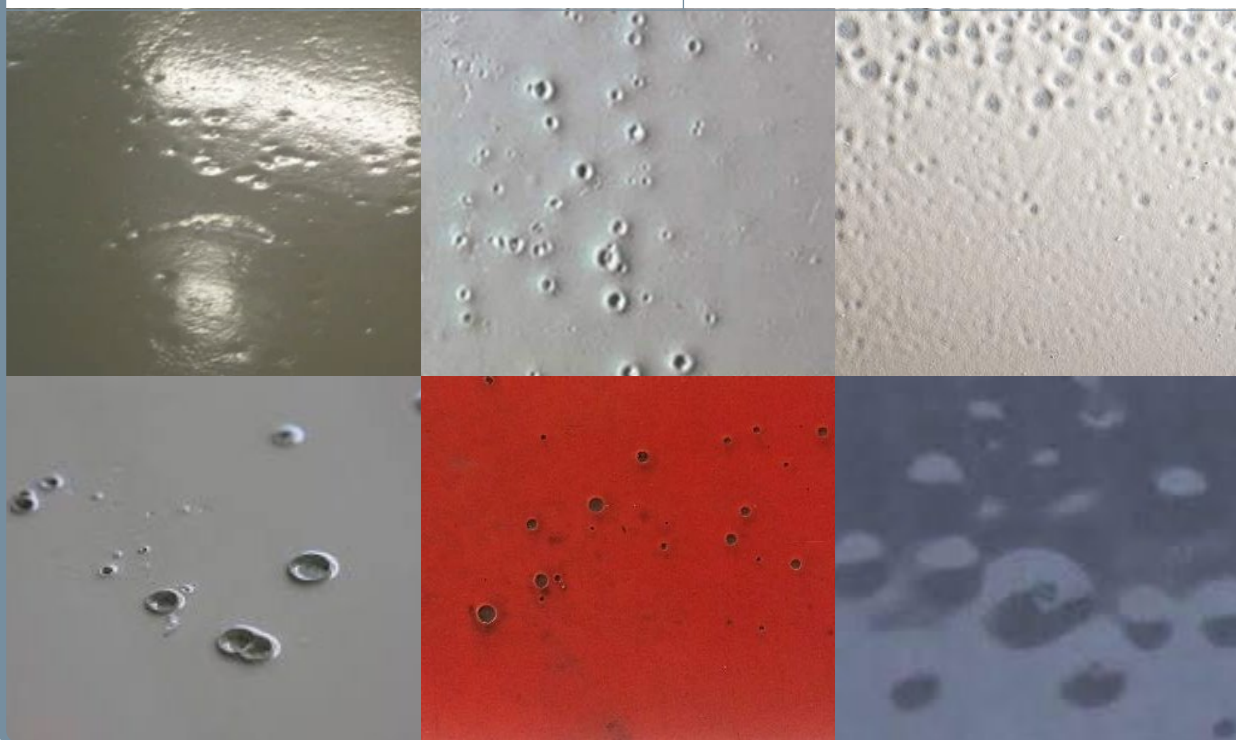
- Para diferenciar de *pin-holes*, los ojos de pez no traspasan la membrana. Es solo superficial.

Prevención

- Comprobar la limpieza total del soporte con agua a presión o disolvente apropiado.
- No manipular el soporte imprimado con manos desnudas ni herramientas contaminadas.
- Evitar la utilización de disolventes no recomendados o incompatibles.

Solución / Tratamiento

- Si el defecto es superficial, bastará con un lijado moderado hasta capa sana.
- Si el defecto es más profundo, lijado de toda la superficie afectada.
- Aspirado y limpieza con disolvente de la superficie.
- Aplicación de imprimación.
- Aplicación de activador o lijado suave en solape con el sistema existente.
- Aplicación del sistema.



PIEL DE NARANJA

Riesgo: Alto

Tipo: Estético

Se trata de un acabado rugoso en la superficie. Hay que tener en cuenta que este acabado no le confiere propiedades antideslizantes. No confundir con un acabado antideslizante.

Causas

- Mala regulación de presión, caudal y abanico de proyección.
- Baja temperatura de proyectado del sistema.
- Imprimación fresca.
- Exceso de carga por pasada.
- Temperatura ambiental/soporte baja.
- Proyectado a distancia alejada.
- Proyección en capas demasiado finas con una pistola mal regulada o sucia.

Detección / Comprobaciones

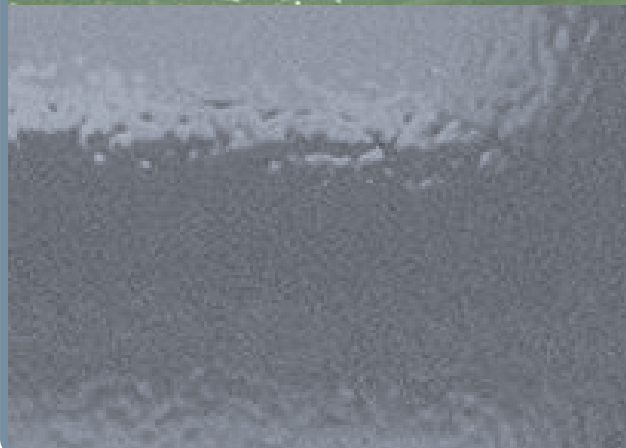
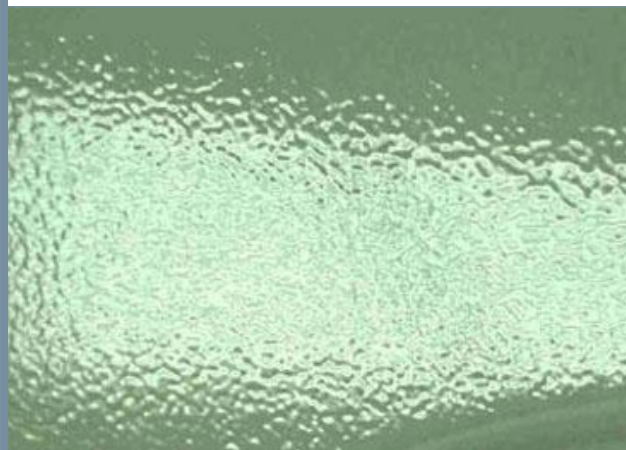
- Solo se trata de un defecto estético. No compromete la capacidad impermeabilizante del sistema.

Prevención

- Verificar presiones y temperaturas de máquina antes y durante la aplicación.
- Mantener siempre una distancia y velocidad de proyección constantes y adecuadas.
- No aplicar si la imprimación no ha curado completamente.

Solución / Tratamiento

- Si no compromete el acabado, dejarlo como está. Se trata de una cuestión estética.
- Si compromete el acabado posterior, lijar, aspirar, limpiar con disolvente, aplicar activador y aplicar el sistema.



AMPOLLAS Y DELAMINACIÓN

Riesgo: Medio

Tipo: Funcional

Con las ampollas, se despegla la membrana del soporte completamente o entre capas. Aparece una primera grieta que si se abre se observa que está despegado.

Causas

- Falta de limpieza del soporte o entre capas.
- Baja resistencia mecánica del soporte.
- Restos de desencofrantes o curadores.
- Falta de imprimación.
- Imprimación expuesta a UV.
- Humedad en el soporte o entre capas.
- Contaminación con grasas y/o aceites.
- Defecto en la relación de mezcla.
- Salpicaduras del componente ISO.
- Cámara de mezcla incorrecta o sucia.

Detección / Comprobaciones

- Inspección visual.
- Se abre la grieta y se separan las capas.
- Ensayo de tracción directa (EN 1542)

Prevención

- Correcta preparación del sustrato.
- Controlar humedad del soporte.
- Comprobar la máquina de proyección y revisar temperaturas, presiones, relación de mezcla, etc.
- Respetar tiempos de curado de imprimaciones.
- Comprobar el correcto funcionamiento del desecante del compresor.

Solución / Tratamiento

- Cortar la ampolla y dejar respirar.
- Eliminar totalmente las capas desprendidas. No parchear sobre membrana despegada.
- Lijado de la zona afectada hasta el soporte.
- Aspirado y limpieza con disolvente de la superficie.
- Aplicación de imprimación
- Aplicación de activador o lijado suave en solape con el sistema existente.
- Aplicación del sistema.



MANCHAS CLARAS (NUBES/BLUSHING)

Riesgo: Bajo

Tipo: Estético

Las manchas claras, nubes, o *Blushing*, son unas manchas lechosas o blancas que también puede aparecer como defectos en su brillo. No afectan a la funcionalidad, pero pueden comprometer la adherencia de la capa de acabado.

Causas

- Alta humedad ambiental o en el soporte.
- Baja temperatura del soporte (> 3°C por encima del punto de rocío).
- Contacto con agua en el momento de aplicación.
- Aplicación en capas excesivamente gruesas en condiciones de alta humedad.
- Mezcla rebajada con disolvente.

Detección / Comprobaciones

- Comprobar que tan solo se trata de una mancha superficial.

Prevención

- Verificar condiciones higrotérmicas del sustrato
- Asegurar una buena ventilación del área de trabajo.
- Medir y registrar la humedad relativa ambiental (<85%) antes de proyectar.
- No aplicar con lluvia, niebla o riesgo de condensación.

Solución / Tratamiento

- Lijado superficial.
- Aspirado y limpieza con disolvente de la superficie.
- Aplicación de activador o lijado suave en solape con el sistema existente.
- Aplicación de imprimación
- Aplicación del sistema.



FALTA DE SECADO

Riesgo: Bajo

Tipo: Funcional

La falta de secado se aprecia porque, pasado un tiempo, la membrana mantiene tack, continúa pegajosa.

🔧 Causas

- Temperatura ambiental o de soporte muy baja.
- Temperatura de máquina baja.
- Descompensación de la relación de mezcla.
- Contaminación de los componentes: ISO cristalizado, o resina sin agitar.

🔍 Detección / Comprobaciones

- Pasados unos minutos sigue teniendo tack.
- Realizar ensayo de dureza Shore al día siguiente para verificar curado.
- Comprobar consumo de producto y ciclos de mezcla si la máquina lo permite.

⚠️ Prevención

- Asegurar temperaturas y presiones de máquina.
- Agitar la resina antes de la aplicación.
- Comprobar el filtro desecante del ISO.
- No aplicar nuevo producto sobre una zona sin reticulación completa.

💡 Solución / Tratamiento

- Retirada del sistema por medios mecánicos y raspado con espátula.
- Aspirado y limpieza con disolvente de la superficie.
- Aplicación de imprimación.
- Aplicación del sistema (poliuretano y poliurea).



VARIACIÓN DE COLOR (AMARILLO)

Riesgo: Medio

Tipo: Estético

Con el amarilleo, se aprecia que pasado un tiempo la membrana presenta una tonalidad amarillenta o color café. Si la poliurea es aromática y queda expuesta, necesita una terminación de protección contra los UV. Es estético, no funcional.

⚙️ Causas

- Ausencia o degradación de la protección alifática en poliureas aromáticas expuestas a la radiación UV.

🔍 Detección / Comprobaciones

- Si la exposición no ha sido muy prolongada y no está completamente amarilla, no es necesario hacer ninguna comprobación ni tratamiento.
- Puede determinarse con una variación de E en la escala del color amarillo pudiendo alcanzar un valor mayor de 4.

⚠️ Prevención

- Aplicar un acabado alifático protector en todas las superficies expuestas a luz solar.
- Controlar el espesor y cobertura de la protección alifática.
- Realizar inspecciones periódicas del acabado superficial (cada 3 años).

🔧 Solución / Tratamiento

- Lijado superficial.
- Aspirado y limpieza con disolvente de la superficie.
- Aplicación de imprimación.
- Aplicación de acabado alifático.



BURBUJAS

Riesgo: Medio

Tipo: Estético

Si la membrana presenta burbujas en su interior, puede llegar a provocar *pin-holes*, ojos de pez y delaminaciones.

Causas

- Carga excesiva por capa.
- Movimiento a baja velocidad de la pistola.
- Poca distancia de proyectado.
- Falta de imprimación.
- Humedad residual en el sustrato, por debajo de la imprimación o en coqueras mal selladas.
- Aplicación a baja temperatura.
- Aplicación en condiciones ambientales cercanas al punto de rocío.
- Aire en la mezcla.

Detección / Comprobaciones

- Inspección visual con luz rasante para evidenciar microburbujeo no perceptible frontalmente.
- Cortes de comprobación en zonas dudosas para verificar si la burbuja es superficial o atraviesa toda la membrana.
- Se debe comprobar si se compromete la estanqueidad del sistema.

Prevención

- Comprobar temperatura y humedad del soporte.
- Agitar siempre el producto a bajas revoluciones y con un cabezal del tipo "cesta".
- Usar imprimaciones adecuadas para soportes húmedos si procede.

Solución / Tratamiento

- Si las burbujas comprometen la continuidad de la membrana o su adhesión, es obligatorio retirar el área afectada hasta el soporte.
- Lijado de toda la superficie afectada hasta el soporte.
- Aspirado y limpieza con disolvente de la superficie.
- Aplicación de activador o lijado suave en solape con el sistema existente.
- Aplicación de imprimación.
- Aplicación del sistema (poliuretano/poliurea).



FISURAS

Riesgo: Medio

Tipo: Funcional

Una fisura es una grieta que aparece en la membrana tras su aplicación.

Causas

- Movimientos estructurales o tensión excesiva en puntos críticos.
- Tratamiento incorrecto del soporte.
- Mal puenteo de fisuras en soporte.
- Aplicación a baja temperatura.
- Tratamiento de fisuras/grietas activas con sistemas muy rígidos.
- Falta de banda de refuerzo (butílica o geotextil) en juntas o fisuras activas.
- Inexistencia de juntas de dilatación en el soporte cuando son necesarias.
- Espesor de aplicación insuficiente.

Detección / Comprobaciones

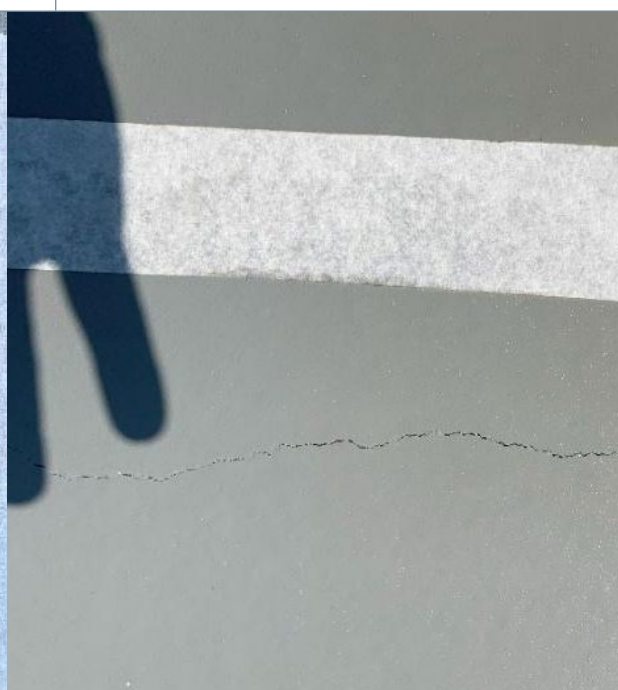
- Inspección visual
- Se debe comprobar si se compromete la estanqueidad del sistema.

Prevención

- Evaluar el tipo de fisura (activa/inactiva) antes de aplicar.
- En juntas de dilatación, aplicar banda elástica adherida (butilo o geotextil).
- En fisuras inactivas, rellenar con imprimación epoxi o masilla de PU antes de aplicar la membrana.
- Asegurar que el sistema (poliuretano/poliurea) se proyecta con un espesor suficiente y continuo.

Solución / Tratamiento

- Abrir la grieta con disco de corte en forma de cola de milano.
- Aspirado y limpieza con disolvente de la superficie.
- Puenteo correcto de fisuras con masilla de poliuretano antes de imprimación o banda butílica tras imprimación.
- Aplicación del sistema (poliuretano/poliurea).



LEVANTADO DEL ACABADO

Riesgo: Medio

Tipo: Estético

Sucede cuando el acabado superficial (*top coat*) presenta grietas o se levanta en zonas. No afecta a la impermeabilización, pero presenta defectos estéticos y puede derivar en pérdida de protección UV o resbaladizidad.

🔧 Causas

- Superficie de membrana sucia o húmeda.
- Dotación por capa incorrecta (muy gruesa o muy fina o irregular).
- Superación de la ventana de adherencia entre el sistema (poliuretano/poliurea) y la capa de protección.
- Capa de protección aplicada con temperaturas por debajo de 5°C.
- Agua estancada.
- Grandes movimientos (diferencia de elongaciones).

🔍 Detección / Comprobaciones

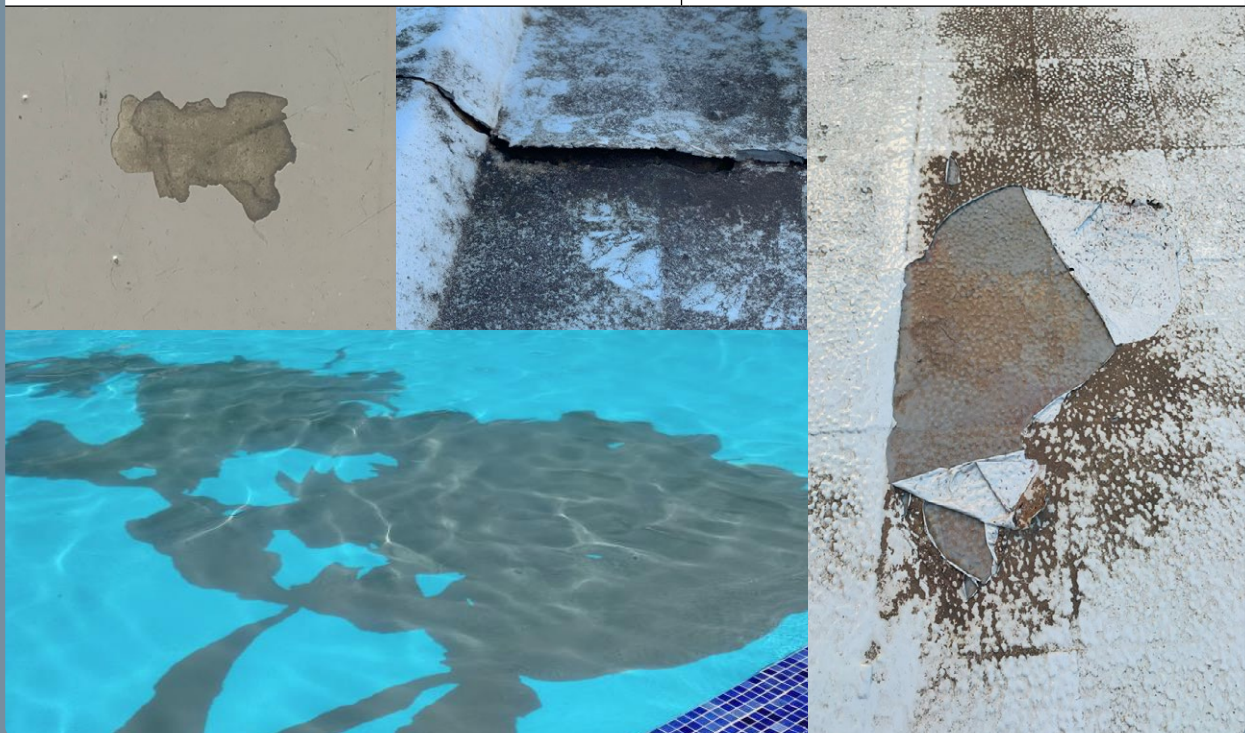
- Se debe comprobar la adherencia en toda la superficie, no solo en zonas visiblemente afectadas.
- Comprobar que no se producen estancamientos o charcos.

⚠️ Prevención

- Aplicar el acabado alifático respetando la ventana de adherencia.
- Asegurar limpieza y secado completo de la superficie del sistema (poliuretano/poliurea) antes del acabado.
- Verificar condiciones ambientales: temperatura >5°C, sin humedad superficial ni previsión de lluvia.
- Aplicar la cantidad y el número de capas recomendadas por el fabricante.

🔧 Solución / Tratamiento

- Lijado de la capa de acabado afectada hasta llegar a la membrana.
- Aspirado y limpieza con disolvente de la superficie.
- Aplicación de imprimación.
- Aplicación de la capa de terminación alifática.



FALTA DE ESPESOR

Riesgo: Bajo

Tipo: Funcional

En ocasiones se detecta un menor espesor aplicado del prescrito en el proyecto, en algunas áreas determinadas o en toda la aplicación.

⚙️ Causas

- Control deficiente del número de capas y del caudal de aplicación.
- Técnica de aplicación inadecuada: pistola demasiado alejada o movimiento demasiado rápido.
- Falta de ajuste de parámetros de presión o temperatura.

🔍 Detección / Comprobaciones

- Medición mediante ensayos no destructivos: ultrasonidos, corrientes de Foucault o magnéticos.
- Medición mediante ensayos destructivos en zonas estratégicas.
- Preparación de probetas de control.
- Control de consumos.

⚠️ Prevención

- Calibrar el equipo antes de cada jornada, y realizar una prueba sobre una lámina.
- Controlar temperatura y presión de la máquina durante toda la aplicación.
- Controlar consumos.

💡 Solución / Tratamiento

- Lijado de la superficie circundante para generar perfil de anclaje.
- Limpieza con disolvente isopropílico.
- Aplicación de una nueva capa del sistema (poliuretano/poliurea) respetando los espesores mínimos.



DESGASTE FUNCIONAL

Riesgo: Bajo

Tipo: Funcional

El desgaste prematuro se puede presentar en aquellas aplicaciones sometidas a abrasión, productos químicos o radiación UV intensa.

⚙️ Causas

- Exposición a agentes químicos agresivos, tráfico intenso o radiación UV.
- Uso de sistema no adecuado al tipo de solicitud.
- Espesor inicial insuficiente de la membrana.
- Ausencia de capa alifática de refuerzo en superficies con tránsito intenso.
- Uso de acabados inadecuados o no resistentes a agentes químicos.

🔍 Detección / Comprobaciones

- Inspección visual
- Ensayos de resistencia a la abrasión.
- Control de dureza para detectar degradación superficial.

⚠️ Prevención

- Seleccionar el sistema adecuado según el tipo de uso.
- Aplicar protección superficial en superficies expuestas a UV o tráfico.
- Cumplir la dotación mínima de 2 kg/m² y garantizar espesores adecuados.
- Establecer plan de mantenimiento con inspección anual y limpieza periódica.

💡 Solución / Tratamiento

- Limpieza mecánica de la superficie con chorro de agua a presión o lijado.
- Aplicación de imprimación
- Aplicación de capa de refuerzo con sistema (poliuretano/poliurea) adicional.
- En caso de exposición UV, añadir una capa de protección con poliuretano alifático.



Mantenimiento y reparación de defectos

Los sistemas de poliuretano y poliurea están diseñados para ofrecer una impermeabilización continua y duradera, pero pueden requerir intervenciones en caso de defectos generados durante la aplicación, daños mecánicos o envejecimiento prematuro. Para garantizar la funcionalidad del sistema a lo largo del tiempo, es fundamental establecer un protocolo de inspección, detección y reparación de desperfectos.

Procedimiento general de reparación

Independientemente del tipo de defecto, todas las reparaciones deben seguir los siguientes pasos generales:

- Identificación del área afectada mediante inspección visual o ensayos.
- Retirada de la parte de la lámina afectada o defectuosa.
- Preparación del sustrato mediante lijado, fresado o granallado para garantizar la adherencia.
- Limpieza exhaustiva con aire comprimido y disolventes compatibles.
- Aplicación de imprimación si es necesario según el tipo de soporte, garantizando un solape suficiente con la lámina existente.
- Reparación con estos sistemas (poliuretano/poliurea), asegurando la compatibilidad química con el sistema existente.
- Verificación posterior, midiendo espesores y realizando pruebas de adherencia o estanqueidad según el caso.



10. USO Y MANTENIMIENTO DE LA CUBIERTA

Las cubiertas impermeabilizadas con sistemas líquidos aplicados en caliente ofrecen una solución duradera y altamente adherente frente a la humedad.

No obstante, su exposición constante a factores externos requiere una **inspección y un plan de mantenimiento periódico** para detectar fallos, preservar su integridad funcional y alargar su vida útil. Un programa de mantenimiento permite detectar daños menores antes de que se conviertan en fallos importantes, evitando filtraciones, pérdidas térmicas y costes mayores de reparación.



Tribuna del estadio de la Cerámica en Villarreal (Castellón de la Plana). Imagen cedida por ANEDI

Recomendamos realizar visitas preferentemente al comenzar la primavera y el otoño, y en aquellas situaciones en que se hayan producido lluvias fuertes, tormentas o cuando se haya realizado cualquier actuación en la cubierta.

Recomendamos realizar mantenimiento preventivo una vez al año; indicamos a continuación algunas operaciones a llevar a cabo en los distintos elementos:

- Inspección anual por un experto.
- Limpieza y eliminación de hojas secas, vegetación no propia del sistema y otros materiales; uso de agua y detergentes neutros no agresivos. Evitar disolventes o productos químicos incompatibles.
- Verificación de los sistemas de drenaje y eliminación de posibles residuos.
- Al menos cada 3 años se ha de comprobar el buen estado de la membrana reparando los defectos detectados, así como el de los elementos de albañilería relacionados con el sistema, aleros, petos, etc.
- Reparación de los deterioros producidos por esfuerzos dinámicos ajenos a la funcionalidad de la cubierta (como los ocasionados por obras realizadas en la cubierta).
- Mantenimiento de las instalaciones sobre cubierta (limpieza, verificación de potencia, conexiones, etc.). Se deben prever accesos a las mismas, evitando que se pueda dañar la impermeabilización durante los trabajos.

La conservación y mantenimiento, así como la rehabilitación de la cubierta, deben ser siempre realizadas por personal cualificado, siguiendo todas las recomendaciones de seguridad.

Se ha de garantizar que sólo accede a la cubierta personal autorizado y formado en seguridad, empleando los EPI adecuados y extremando la precaución en condiciones de lluvia, hielo o calor extremo.

Finalmente recomendamos documentar todas las inspecciones mediante fichas técnicas y fotografías y mantener actualizado un plano de la cubierta con las incidencias y puntos críticos señalados.

Para llevar a cabo cualquier tipo de actuación de mantenimiento de manera segura, garantizando tanto la integridad del trabajador como la de la propia cubierta es recomendable, prever la incorporación de pasillos técnicos con el acabado antideslizante que facilite el tránsito de los equipos.

Asimismo, desde AIFIm recomendamos siempre el empleo de sistemas homologados que garanticen la seguridad del trabajador durante cualquier tipo de trabajo en altura.



11. ALGUNOS ASPECTOS SOBRE LA SEGURIDAD CONTRA INCENDIO DE CUBIERTAS CON IMPERMEABILIZACIÓN LÍQUIDA

11.1. SISTEMAS TIPO CON CLASIFICACIÓN $B_{\text{ROOF}}(t1)$ EN FUNCIÓN DEL COMPORTAMIENTO AL FUEGO EXTERIOR

En la actualidad, existen diferentes normativas que regulan la seguridad frente a incendios en los edificios, tanto a nivel estatal como autonómico y municipal. Con carácter general, la normativa de referencia a nivel nacional es el Código Técnico de la Edificación, y más concretamente, su Documento Básico DB SI “Seguridad en caso de incendio”, así como el Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales, RSCIEI.

Un aspecto fundamental para la protección frente al fuego de nuestras cubiertas será el cumplimiento de los requisitos aplicables para fuego exterior requeridos por el CTE y el RSCIEI. Además, deberán tenerse en cuenta los requisitos mínimos de reacción al fuego aplicables a los diferentes productos de la cubierta, según los requisitos establecidos por el marcado CE de dichos productos.

11.2. EXIGENCIAS DE LA NORMATIVA ESPAÑOLA: CTE

El Código Técnico de la Edificación (CTE), dedica todo un apartado en su DB-SI (Seguridad en caso de incendio), donde se recogen todas las exigencias sobre la propagación de fuego, evacuación, detección y resistencia al fuego de las estructuras, con relación a la cubierta, y la propagación al fuego exterior.

El CTE, en su apartado 2.3 de la sección SI2 Propagación exterior, recoge la exigencia de reacción al fuego exterior, indicando en 2) Cubiertas, que debe pertenecer a la clase $B_{\text{ROOF}}(t1)$.

El requisito de $B_{\text{roof}}(t1)$ es del sistema de cubierta, entendido como la composición de los diferentes materiales colocados desde el soporte hasta el acabado. Esto es así, porque para su obtención se ensaya un sistema de cubierta completo y no un producto aislado, es decir, es un ensayo en condición final de uso.

El procedimiento para la clasificación del comportamiento al fuego exterior de las cubiertas está definido en la norma EN 13501-5; en ella se indica cómo interpretar el resultado obtenido del ensayo a fuego exterior para cada sistema de cubierta. El método de ensayo de fuego exterior queda definido en la norma CEN/TS 1187:2012. Estos ensayos son aplicables a sistemas de cubiertas.

Por otra parte, cada país europeo tiene sus propios requisitos normativos relativos a la seguridad frente a incendios en cubiertas, exigiendo diferentes clasificaciones al fuego exterior que están recogidas en su normativa nacional, y que pueden variar entre las clasificaciones a fuego exterior de tipo $B_{\text{roof}}(t1)$, $B_{\text{roof}}(t2)$, $B_{\text{roof}}(t3)$ y $B_{\text{roof}}(t4)$. En la mayoría del territorio europeo la clasificación al fuego exterior exigida a los sistemas de cubiertas es el $B_{\text{roof}}(t1)$. Exceptuando ciertos países donde varía: como sucede en Francia,

donde se requiere un $B_{\text{roof}}(t3)$, en Reino Unido e Irlanda, donde ha de ser $B_{\text{roof}}(t4)$, y los países nórdicos, Dinamarca, Noruega, Suecia y Finlandia, donde se exige el $B_{\text{roof}}(t2)$.

Los fabricantes asociados en AIFIm ofrecen múltiples soluciones testadas en laboratorios oficiales que garantizan el adecuado comportamiento al fuego del sistema de cubierta. AIFIm recomienda consultar siempre con los fabricantes sobre la clasificación de sus sistemas.

A continuación, se explica de una forma breve el método de ensayo definido por la norma CEN/TS 1187:2012, para lograr una clasificación al fuego $B_{\text{roof}}(t1)$, anteriormente expuesto.

11.3. METODOLOGÍA DE ENSAYO CON ANTORCHA ARDIENDO

El ensayo consiste en aplicar una antorcha ardiendo formada por lana de madera dentro de una cesta metálica, colocada sobre la superficie externa de la probeta de dimensiones 1,8 m x 0,8 m. La inclinación de la cubierta puede ensayarse a 0°, 15° y/o 45°.



Ensayo con antorcha ardiendo

El resultado del ensayo es la media de analizar los resultados obtenidos sobre un número de cuatro muestras, las cuales tienen diferentes tipos de juntas, de entre las posibles configuraciones:

- Tipo 1: Junta central en la capa superior paralela a la pendiente de la cubierta.
- Tipo 2: Junta en la capa superior a 90° con respecto a la pendiente de la cubierta y a una distancia de 100 mm desde el borde inferior de la cesta.

- Tipo 3: No se requieren juntas en ninguna de las capas impermeabilizantes. Cuando sea de aplicación se debe colocar una junta central en aislamiento, paralela a la pendiente de la cubierta
- Tipo 4: Junta central en la capa impermeabilizante, paralela a la pendiente, próxima al aislamiento.
- Tipo 5: Junta central en la capa impermeabilizante, paralela a la pendiente, próxima al aislamiento.

Para las juntas tipo 1, 2, 4 y 5 no se requieren juntas en ninguna otra capa, incluido el aislamiento.

11.4. MEDIDAS DURANTE EL ENSAYO

Se coloca la cesta con la lana de madera a 650 mm del borde inferior y centrada, es la ignición de la cesta la que marca el comienzo del ensayo, que tiene una duración de 60 minutos. Se toman los tiempos en los que las llamas, si se producen, alcanzan las distancias de 100 mm, 300 mm, 500 mm (hacia arriba y hacia abajo) y 750 mm (hacia arriba). Pasados los primeros 30 minutos, se extinguen todas las llamas superficiales que pueda haber y pasados los 60 minutos, se procede a desmontar la muestra para comprobar la longitud del daño interior.

11.5. CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN

1. Propagación del fuego interior y exterior.
2. Longitud quemada máxima interior y exterior.
3. Aparición de gotas o escorias incandescentes que penetren en la estructura de la cubierta.
4. Producción y área de las aberturas que atraviesan la muestra (reverso de la muestra).
5. Propagación de fuego lateral.
6. Radio máximo de propagación del fuego (cubierta plana).
7. Combustión incandescente interior (ver UNE-EN 13501-5).

11.6. CLASIFICACIÓN ENSAYO DE PROPAGACIÓN AL FUEGO PARA CUBIERTA EXTERIOR:

- $B_{\text{roof}}(t_1)$. Cumple con todos los valores de los criterios descritos en la norma UNE-EN 13501-5.
- $F_{\text{roof}}(t_1)$. No cumple con alguno de los criterios descritos anteriormente.

11.7. REQUISITOS A LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN QUE FORMAN LOS SISTEMAS DE CUBIERTA

En cuanto a la clasificación al fuego de cada capa de la cubierta, ésta vendrá definida por los requisitos que cada norma armonizada de marcado CE o documento de evaluación técnica europea (ETE) defina para cada material, debiendo cumplir con la clasificación exigida para cada tipo.

Es importante conocer que el hecho de que los componentes individuales de una cubierta pertenezcan a la clase E no implica que el comportamiento en caso de incendio del sistema de cubierta sea desfavorable. Por ello, es necesario conocer el sistema de referencia o escenario incendio de cada clasificación. Por ello, es imprescindible identificar el escenario de incendio de referencia asociado a cada clasificación. Así, por ejemplo, la Euroclase E se determina conforme a la norma de clasificación UNE-EN 13501-1, cuyo marco

de evaluación se vincula al inicio y desarrollo de un incendio en el interior de un recinto (habitación). Las condiciones de un incendio en una habitación y en una cubierta son muy diferentes, por tanto, asociar un comportamiento desfavorable basándose en una clasificación generada a través de la UNE-EN 13501-1 como por ejemplo una euroclase E, no es correcto. Para las cubiertas, hay que utilizar los métodos de ensayo correspondientes según muestra la norma UNE-EN 13501-5, siendo en nuestro país el método 1, llamado habitualmente $B_{\text{roof}}(t1)$.

11.8. CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES

Los fabricantes de cualquier producto de construcción que disponga del marcado CE tendrán especificado en sus DOP (Declaración de prestaciones) esa reacción al fuego y el método de ensayo utilizado, por lo que es de suma importancia que siempre se solicite este documento junto con la ficha técnica del producto.



12. BIBLIOGRAFÍA

- Curso Poliurea (AISLA). Madrid y Barcelona, Marzo 2019.
- EAD 030350-00-0402 “Liquid applied roof waterproofing kits”.
- Código de buenas prácticas de la aplicación de poliurea. PDA Europe 2014.
- Introduction to polyurea for the applicator&contractor. PDA Europe 2024.

ANEXO I

SEGURIDAD Y SALUD

En este anexo se abordan las precauciones y medidas de seguridad necesarias cuando se trabaja con sistemas de impermeabilización aplicados en caliente, haciendo énfasis en la protección personal, el entorno de trabajo y la manipulación de los componentes químicos.

Sin pretender ser exhaustivos, deseamos concienciar de que la aplicación, por conllevar riesgos, ha de realizarse en condiciones de seguridad y tomando las precauciones debidas.

Los trabajadores deben recibir formación sobre los peligros de los productos químicos, el uso correcto de los EPI, procedimientos de emergencia y prácticas seguras de trabajo.

Antes de comenzar, se han de consultar las etiquetas y la Ficha de Datos de Seguridad (FDS), también llamada SDS (*Safety Data Sheet*), antiguamente conocida como MSDS (*Material Safety Data Sheet*). Seguir siempre las instrucciones y adoptar las medidas de protección que se describen. Esto aplica también a los disolventes empleados en la limpieza de equipos.

Poliurea pura: Componente

Resina

Lote:

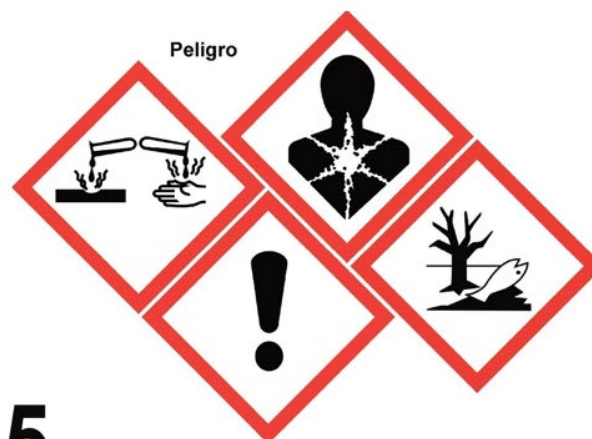
Cont.kg:

Color:

Fecha de fabricación:

H302 - Nocivo en caso de ingestión. H314 - Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves. H373 - Puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas. H411- Tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

P260 - No respirar el polvo/el humo/el gas/la niebla/los vapores/el aerosol. P273 - Evitar su liberación al medio ambiente. P280 - Llevar guantes/ropa de protección/equipo de protección para los ojos/máscara de protección P303+P361+P353 - EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (o el pelo): Quitar inmediatamente toda la ropa contaminada. Enjuagar la piel con agua [o ducharse]. P304+P340 - EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración. P310 - Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGIA/médico



content VOC (2004/42/EC) g/L:

UN: 2735

Poliurea: Componente Isocianato

Lote:

Cont.kg:

Color:

Fecha de fabricación:

H315 - Provoca irritación cutánea. H317 - Puede provocar una reacción alérgica en la piel. H319 - Provoca irritación ocular grave. H334 - Puede provocar síntomas de alergia o asma o dificultades respiratorias en caso de inhalación. H335 - Puede irritar las vías respiratorias. H351 - Se sospecha que provoca cáncer. H373 - Puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas.

P201 - Solicitar instrucciones especiales antes del uso. P260 - No respirar el polvo/el humo/el gas/la niebla/los vapores/el aerosol. P264 - Lavarse las manos concienzudamente tras la manipulación. P280 - Llevar guantes/ropa de protección/equipo de protección para los ojos/máscara de protección P304+P340 - EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración. P342+P311 - En caso de síntomas respiratorios: Llamar a un CENTRO DE TOXICOLOGIA/médico



content VOC (2004/42/EC) g/L:

Ejemplo de información sobre seguridad de los productos

Los materiales deben almacenarse en contenedores bien cerrados, lejos de la humedad y fuentes de ignición.

Se deben seguir normativas locales para la eliminación de residuos peligrosos y los envases vacíos deben tratarse con las mismas precauciones que los llenos.

1. FORMACIÓN ESPECÍFICA PARA TRABAJADORES QUE UTILIZAN DIISOCIANATOS.

Para garantizar el uso seguro de los diisocianatos por parte de los profesionales y evitar sus efectos como sensibilizador respiratorio y cutáneo (Reglamento CE 1272/2008), el 4 de agosto de 2020 se publicó una restricción sobre los diisocianatos en el marco de REACH que contiene obligaciones para proveedores, importadores, formuladores y usuarios.

Por ello, desde el pasado 24 de febrero de 2022 los productos que contienen al menos un 0.1% de diisocianatos muestran la siguiente leyenda: *“a partir del 24 de agosto de 2023 es obligatorio tener la formación adecuada para proceder a un uso industrial o profesional”*.

Para obtener esta formación adecuada, ISOPA y ALIPA han desarrollado unos cursos on-line que incluyen una evaluación final y proporcionan un certificado personal e intransferible con una validez de 5 años. Estos cursos deben ser atendidos y superados por cada uno de los trabajadores individuales que puedan tener contacto con diisocianatos en su trabajo.

Para más información:

<https://www.aisla.org/cursos-online-de-isopa-y-alipa-sobre-el-uso-seguro-de-los-diisocianatos/>

2. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPI)



Operario equipado adecuadamente con EPI

Se ha de utilizar siempre el equipo de protección individual adecuado cuando se proyecte, cuando se manipulen productos o equipos y cuando el trabajador esté dentro del área de trabajo. El equipo de protección individual ayuda a prevenir lesiones como intoxicación, reacciones alérgicas, quemaduras o daños oculares. Dichos dispositivos de protección incluyen, entre otros:

- Protección respiratoria: un respirador apropiado con suministro de aire limpio.



Equipos de suministro de aire

- Protección ocular: gafas de seguridad o máscara facial completa durante la proyección y al realizar trabajos de mantenimiento y limpieza de los equipos en carga.
- Protección de la piel: guantes impermeables a productos químicos, ropa protectora y protección para los pies, siguiendo las recomendaciones del fabricante o el organismo regulador local.

La siguiente tabla incluye los puntos fuertes de cada tipo de protección:

EPI	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Capucha 	Comodidad y confort	Limitación de movimiento
Máscara completa 	Facilidad de movimiento	No válida para todas las personas Mantener un sistema de control de ajuste y sellado correctos
Media máscara con filtros 		La media máscara no es adecuada para proyección: sólo para labores auxiliares o de inspección. Programa de renovación de filtros.



Mono resistente a productos químicos



Cubrecazado



Nitrilo



Butilo



Neopreno



PVC

Guantes de protección frente a productos químicos

Recomendamos tener disponible en el lugar de trabajo un kit de emergencia que podría incluir: botiquín de primeros auxilios, extintor, guantes adecuados, mono protector, máscara, trapos industriales absorbentes, solución lavaojos, solución de neutralización en caso de vertido de diisocianato, trapos de limpieza, bolsas de basura y contenedor de desechos.

Incluimos a continuación los principales peligros y riesgos asociados a la aplicación en caliente de estos productos.

a) Peligro de presencia de diisocianato

La pulverización de materiales que contienen diisocianatos puede crear nieblas, vapores y partículas peligrosas. Lea las advertencias del fabricante y la ficha de datos de seguridad (FDS) para conocer los peligros y precauciones especiales relacionados con los diisocianatos.

Evite inhalar nieblas, vapores y micropartículas de diisocianatos instalando suficiente ventilación en el área de trabajo. Cada trabajador dentro del área de trabajo debe contar con un EPI de protección respiratoria, protección ocular y protección de la piel.

El diisocianato se puede clasificar como sensibilizante, irritante y/o tóxico. Si se superan los límites de exposición laboral, el diisocianato puede causar irritación en la piel y en el sistema respiratorio; si esta exposición se mantiene puede producirse sensibilización, lo que impedirá seguir trabajando al operario sensibilizado al componente.

El diisocianato no es corrosivo, pero sí reacciona con la humedad, formando CO₂, que podría dar lugar a un aumento de presión.

Hay que mantener los componentes (diisocianato y resina) separados: la contaminación cruzada puede endurecer el material en las líneas de fluidos, provocando lesiones o daños graves al equipo. Para evitarla, no intercambie nunca las piezas del componente diisocianato y del componente resina.

b) Peligro de inhalación de vapor o contacto con fluidos tóxicos

Los componentes del sistema pueden causar lesiones graves o la muerte si entran en contacto con los ojos o la piel, se inhalan o se ingieren; por ello:

- Lea la ficha de datos de seguridad (FDS) para manipular los sistemas y conocer los peligros específicos que plantean los fluidos que está utilizando, incluidos los efectos de la exposición a largo plazo.
- Durante las operaciones de proyección o mantenimiento del equipo, o cuando se encuentre en el área de trabajo, mantenga siempre esta área bien ventilada y use siempre el EPI adecuado (consultar el manual del fabricante).
- Almacene los fluidos peligrosos en contenedores aprobados y deséchelos de acuerdo con las pautas aplicables.



Aplicador de impermeabilización líquida en cubierta plana, equipado con los EPI de protección

c) Riesgo de descarga eléctrica

El equipo debe estar puesto a tierra. Una conexión a tierra inadecuada, una inicialización o un uso inadecuado del sistema pueden provocar una descarga eléctrica.

La instalación del equipo requiere acceso a piezas que pueden provocar descargas eléctricas u otras lesiones graves si el trabajo no se realiza con cuidado. Asegúrese de que la instalación cumpla con todas las normas de seguridad.

d) Peligros asociados a las pistolas y equipos de proyección

Enganche el bloqueo del émbolo cada vez que deje de proyectar para evitar un arranque accidental.

El uso de la máquina de proyección ha de realizarse por personal cualificado y capacitado para ello, asegurando que se conserva en buenas condiciones. Se recomienda consultar los manuales de usuario de estos equipos para que los ajustes de presión y temperatura se realicen de forma correcta.

El manejo de equipos de proyección de alta presión entraña ciertos riesgos. Recuerde:

- No apuntar a nadie con la pistola.
- No poner el dedo sobre la punta de la pistola.
- No intentar taponar una fuga.
- Comprobar siempre la presión antes de desmontar la pistola u otras piezas.

e) Peligro de inyección en la piel

El líquido a alta presión de la pistola, las fugas de la manguera o las piezas rotas pueden perforar la piel. Las lesiones pueden tener la apariencia de simples cortes, pero en realidad son lesiones graves que pueden resultar en amputaciones y requerir cirugía inmediata.

- Siempre bloquee la pistola cuando no esté proyectando.
- Nunca apunte con la pistola a nadie ni a ninguna parte de su cuerpo.
- No coloque la mano sobre la boquilla de la pistola.
- No detenga ni desvíe las fugas con la mano, el cuerpo, guantes o un trapo.
- Siga el procedimiento de alivio de presión cada vez que deje de proyectar y antes de limpiar, revisar o reparar el equipo.
- Apriete todas las conexiones de fluido antes de usar el equipo.
- Revise las mangueras y accesorios diariamente. Reemplace inmediatamente las piezas desgastadas o dañadas.

f) Riesgo de incendio y explosión

Los vapores inflamables, como los producidos por pinturas y disolventes, en el área de trabajo pueden explotar o inflamarse. Para prevenir incendios y explosiones:

- Utilice el equipo sólo en áreas bien ventiladas.
- Elimine todas las fuentes de incendio, como pilotos, cigarrillos, linternas y cubiertas de plástico (peligro de arcos eléctricos estáticos).
- Mantenga el área de trabajo libre de materiales de desecho, incluidos solventes, trapos o líquidos inflamables.
- No conecte ni desconecte cables de alimentación ni encienda o apague interruptores de alimentación o luces en presencia de vapores inflamables.
- Conecte a tierra todos los equipos en el área de trabajo. Consulte las instrucciones de conexión a tierra.
- Utilice únicamente mangueras conectadas a tierra.
- Mantenga la pistola firme.
- Si experimenta una descarga estática o siente un shock, deje de usar el equipo inmediatamente. No utilice este equipo hasta que el problema haya sido identificado y corregido.
- Mantenga un extintor de incendios en funcionamiento en el área de trabajo.

g) Peligro de expansión térmica

Los fluidos sometidos a calor en espacios confinados, incluidas las mangueras, pueden generar un rápido aumento de presión debido a la expansión térmica; la sobrepresurización puede provocar fallos en el equipo o lesiones graves.

- Abra una válvula para aliviar la expansión del fluido durante el calentamiento.
- Reemplace las mangueras de manera preventiva a intervalos regulares dependiendo de las condiciones de trabajo.

h) Peligro por piezas de aluminio presurizadas

El uso de fluidos incompatibles con el aluminio en equipos presurizados puede provocar reacciones químicas graves y fallos del equipo. El incumplimiento de esta advertencia podría provocar la muerte, lesiones graves o daños a la propiedad.

- No utilice 1,1,1-tricloroetano, cloruro de metileno, otros disolventes de hidrocarburos halogenados ni líquidos que contengan dichos disolventes.

i) Peligro por uso inadecuado del equipo

- No abandone el área de trabajo mientras el equipo esté funcionando o bajo presión. Apague todo el equipo y siga el procedimiento de alivio de presión del manual cuando el equipo no esté en uso.
- No exceda la presión o temperatura máxima de trabajo de la pieza con la clasificación más baja.
- Utilice fluidos y solventes compatibles con las partes húmedas del equipo. Consulte los datos técnicos en todos los manuales de los equipos. Lea las advertencias del fabricante de fluidos y solventes.
- Revisar el equipo diariamente. Repare o reemplace inmediatamente las piezas desgastadas o dañadas únicamente con piezas originales del fabricante.
- No altere ni modifique el equipo.
- Dirija las mangueras y los cables lejos de áreas de mucho tráfico, bordes afilados, piezas móviles y superficies calientes.
- No retuerza ni doble excesivamente las mangueras ni utilice mangueras para tirar del equipo.

j) Peligro por piezas en movimiento

- No opere el equipo sin guardas o cubiertas.
- Antes de realizar el mantenimiento del equipo o para controlarlo o moverlo, siga el procedimiento de alivio de presión.
- Apague la fuente de alimentación o el suministro de aire.

k) Peligro de quemaduras

Para evitar quemaduras graves, durante la operación, no toque el equipo o el líquido cuando esté caliente; espere hasta que se haya enfriado.

Actuaciones en caso de accidente:

Es fundamental actuar con rapidez y comunicar cualquier incidente para mejorar la seguridad en el futuro; la seguridad es responsabilidad de todos.

Si ha inhalado vapor, salga y respire aire fresco. Solicite una evaluación de su función pulmonar.

En caso de contacto de algún líquido, componente o disolvente con:

- la piel: quítese la ropa contaminada, limpie directamente con aceite vegetal o con agua abundante y jabón durante media hora;
- los ojos: fuerce la apertura de los párpados y enjuague con agua tibia abundante durante 15 minutos mínimo.

Si la exposición o el contacto han sido intensos, diríjase al centro de salud y lleve consigo la ficha de datos de seguridad (FDS).

ANEXO II

PARTIDAS DE OBRA

Este anexo incluye las descripciones de las partidas de obra correspondientes a cuatro tipos de soporte: hormigón, cerámico, metálico y superficie bituminosa.

Se trata de partidas de carácter genérico, que servirán como base para la redacción definitiva en el momento de su incorporación a la especificación del proyecto, sin detallar consumos.

1. IMPERMEABILIZACIÓN CON POLIUREA/POLIURETANO SOBRE HORMIGÓN

Suministro y colocación de sistema de impermeabilización mediante membrana líquida bicomponente de poliurea o poliuretano, proyectada en caliente con maquinaria de alta presión, con un consumo aproximado de XX kg/m², y marcado CE a través de una Evaluación Técnica Europea (ETE) según la EAD 030350-00-0402. Incluye preparación previa del soporte de hormigón mediante limpieza mecánica y aspirado o limpieza con agua a presión, según convenga, eliminación de polvo y contaminantes, sellado de fisuras y regularización del soporte con resinas epoxi o mortero. Incluye parte proporcional de: encuentros con paramentos elevando la impermeabilización 20 cm en la vertical y encuentros con sumideros. Aplicación de imprimación específica para soporte de hormigón. Proyección de la membrana impermeabilizante de poliurea o poliuretano hasta alcanzar un espesor medio de XX mm (mínimo 2 mm). Ejecución del acabado de protección UV transitable o no transitable según convenga. Incluye suministro de materiales, aplicación, medios auxiliares (equipos de proyección específicos, compresores, calentadores, equipos de ventilación y accesos seguros), EPI completos y gestión adecuada de residuos peligrosos. Los trabajos se medirán en proyección horizontal, la superficie realmente ejecutada según especificaciones de proyecto, desde las caras interiores de los antepechos o petos perimetrales que la limitan.

2. IMPERMEABILIZACIÓN CON POLIUREA/POLIURETANO SOBRE PAVIMENTO CERÁMICO:

Suministro y colocación de sistema de impermeabilización mediante membrana líquida bicomponente de poliurea o poliuretano, proyectada en caliente con maquinaria de alta presión, con un consumo aproximado de XX kg/m², y marcado CE a través de una Evaluación Técnica Europea (ETE) según la EAD 030350-00-0402. Incluye preparación de la superficie mediante desbastado o lijado suave y aspirado. Reparación del soporte y sellado de fisuras con resinas epoxi o mortero. Incluye parte proporcional de: encuentros con paramentos elevando la impermeabilización 20 cm en la vertical y encuentros con sumideros. Aplicación de imprimación específica para soporte cerámico. Proyección de la membrana impermeabilizante de poliurea o poliuretano hasta alcanzar un espesor medio de XX mm (mínimo 2 mm). Ejecución del acabado de protección UV transitable o no transitable según convenga. Incluye suministro de materiales, aplicación, medios auxiliares (equipos de proyección específicos, compresores, calentadores, equipos de ventilación y accesos seguros), EPI completos y gestión adecuada de residuos peligrosos. Los trabajos se medirán en proyección horizontal, la superficie realmente ejecutada según especificaciones de proyecto, desde las caras interiores de los antepechos o petos perimetrales que la limitan.

3. IMPERMEABILIZACIÓN CON POLIUREA/POLIURETANO SOBRE SOPORTE METÁLICO:

Suministro y colocación de sistema de impermeabilización mediante membrana líquida bicomponente de poliurea o poliuretano, proyectada en caliente con maquinaria de alta presión, con un consumo aproximado de XX kg/m², y marcado CE a través de una Evaluación Técnica Europea (ETE) según la EAD 030350-00-0402. Incluye preparación previa del soporte metálico mediante limpieza mecánica, desengrase, eliminación de óxidos. Incluye parte proporcional de: encuentros con paramentos elevando la impermeabilización 20 cm en la vertical y encuentros con sumideros. Aplicación de imprimación anticorrosiva y/o puente de adherencia específica para metal. Proyección de la membrana impermeabilizante de poliurea o poliuretano hasta alcanzar un espesor medio de XX mm (mínimo 2 mm). Ejecución del acabado de protección UV transitable o no transitable según convenga. Incluye suministro de materiales, aplicación, medios auxiliares (equipos de proyección específicos, compresores, calentadores, equipos de ventilación y accesos seguros), EPI completos y gestión adecuada de residuos peligrosos. Los trabajos se medirán en proyección horizontal, la superficie realmente ejecutada según especificaciones de proyecto, desde las caras interiores de los antepechos o petos perimetrales que la limitan.

4. IMPERMEABILIZACIÓN CON POLIUREA/POLIURETANO SOBRE LÁMINA BITUMINOSA:

Suministro y colocación de sistema de impermeabilización mediante membrana líquida bicomponente de poliurea o poliuretano, proyectada en caliente con maquinaria de alta presión, con un consumo aproximado de XX kg/m², y marcado CE a través de una Evaluación Técnica Europea (ETE) según la EAD 030350-00-0402. Incluye preparación del soporte mediante limpieza profunda con agua a presión, revisión de la adherencia y tratamiento de la superficie bituminosa. Incluye parte proporcional de: encuentros con paramentos elevando la impermeabilización 20 cm en la vertical y encuentros con sumideros. Aplicación de imprimación específica para soportes bituminosos. Proyección de la membrana impermeabilizante de poliurea o poliuretano hasta alcanzar un espesor medio de XX mm (mínimo 2 mm). Ejecución del acabado de protección UV transitable o no transitable según convenga. Incluye suministro de materiales, aplicación, medios auxiliares (equipos de proyección específicos, compresores, calentadores, equipos de ventilación y accesos seguros), EPI completos y gestión adecuada de residuos peligrosos. Los trabajos se medirán en proyección horizontal, la superficie realmente ejecutada según especificaciones de proyecto, desde las caras interiores de los antepechos o petos perimetrales que la limitan.

ANEXO III

SOSTENIBILIDAD

1. IMPACTO AMBIENTAL

Para conocer cuáles son los impactos ambientales de una membrana líquida, debemos referirnos a su Declaración Ambiental de Producto. Una Declaración Ambiental de Producto (DAP), también conocida como EPD (por sus siglas en inglés, *Environmental Product Declaration*), es un documento estandarizado y verificable que proporciona información cuantitativa y fiable sobre el desempeño ambiental de un producto, material o servicio a lo largo de todo su ciclo de vida. Está basada en normas internacionales como la ISO 14025 y la EN 15804, especialmente relevantes en el sector de la construcción.

Una DAP para un material de construcción ofrece datos detallados en varios apartados clave:

- Descripción del producto y su aplicación: incluye el nombre, características técnicas y uso previsto del material.
- Análisis de Ciclo de Vida (ACV): contempla todas las fases desde la extracción de materias primas, producción, distribución, uso, hasta su reciclaje o disposición final. Evalúa indicadores ambientales en cada etapa, como consumo de energía, uso de recursos renovables y no renovables, agua, generación de residuos y emisiones de gases contaminantes (por ejemplo, huella de carbono).
- Resultados del ACV: muestra de manera cuantificada el impacto potencial en categorías como cambio climático, agotamiento de recursos, acidificación, eutrofización, etc., lo que permite comparar la sostenibilidad de diferentes productos.
- Otra información relevante: puede incluir datos sobre sustancias peligrosas, capacidad de reciclado, certificaciones ambientales del fabricante y directrices para la gestión del fin de vida útil del material.
- Verificación independiente: toda la información incluida está verificada por una tercera parte, lo que da garantía de credibilidad y transparencia.

Las DAPs son documentos informativos. Cabe destacar que porque un producto tenga una DAP no significa que sea un producto beneficioso para el medio ambiente. Para sacar conclusiones hay que analizar los impactos ambientales que se declaran en la DAP y leer la información relevante aportada.

Dentro de los impactos ambientales de las DAPs, se pueden destacar los siguientes:

- **Potencial de Calentamiento Global (PCG o GWP, en inglés *Global Warming Potential*):** mide el impacto que tiene un producto sobre el cambio climático a través de la emisión de gases de efecto invernadero a lo largo de todo su ciclo de vida. Los gases recogidos son: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC), hexafluoruro de azufre (SF₆), trifluoruro de nitrógeno (NF₃). Este indicador se expresa en kilogramos de dióxido de carbono equivalente (kg CO₂ eq.), lo que permite comparar el efecto de distintos gases en relación con el CO₂, que es el gas de referencia principal para el calentamiento global. En la práctica, al PCG también se lo conoce como “huella de carbono” y el valor recogido en las fases A1-A3 (A1: extracción de materias primas, A2: transporte; A3: fabricación), se toma como la huella de carbono de dicho producto.
- **Residuos peligrosos y no peligrosos generados (HWD y NHWD, en inglés *Hazardous and Non Hazardous Waste Disposal*):** se refieren a la gestión de residuos generados a lo largo del ciclo de vida del producto expresado en kg. En concreto, en la fase A5 de instalación, los indicadores HWD y NHWD reflejan los residuos que se van a generar en la obra por la utilización de estos productos.

Las poliureas de aplicación en caliente están envasadas en bidones metálicos de gran formato, lo que permite reducir el número de residuos en obra.

- **Potencial de creación de ozono troposférico (PCOT o POCP, por sus siglas en inglés *Photochemical Ozone Creation Potential*):** mide el impacto ambiental de un producto en cuanto a su contribución a la formación de ozono en la troposfera (la parte baja de la atmósfera, cerca de la superficie terrestre). Este ozono es un contaminante secundario que se forma por reacciones fotoquímicas entre los óxidos de nitrógeno (NOx) y los compuestos orgánicos volátiles (COV) en presencia de la luz solar. En la DAP, este indicador expresa cuántas sustancias químicas con potencial de formar ozono troposférico emite un producto a lo largo de su ciclo de vida. Se presenta normalmente en términos equivalentes, como kilogramos de etileno equivalente (kg C₂H₄ eq.), para poder así comparar el efecto de distintos compuestos. El ozono troposférico no sólo es perjudicial para el medio ambiente, también afecta a la salud humana causando problemas respiratorios e irritaciones. En las membranas líquidas, el valor reflejado en POCP en la fase A5 de construcción indica de forma indirecta los COVs liberados durante su aplicación.

2. IMPACTO EN LA SALUD

Los compuestos orgánicos volátiles (COVs o VOCs por sus siglas en inglés *Volatile Organic compounds*) son sustancias químicas que contienen carbono y que se caracterizan por evaporarse fácilmente a temperatura ambiente, convirtiéndose en vapores o gases.

Además de su impacto ambiental indirecto por la formación de ozono troposférico antes mencionado, los COVs también pueden ser perjudiciales para la salud. Su exposición puede provocar dolor de cabeza, mareos, tos, entre otros efectos y algunos compuestos se consideran potencialmente cancerígenos.

La información referente a estos compuestos orgánicos, puede ser consultada en el apartado 15 de la ficha de seguridad del producto.

Es recomendable seleccionar productos con bajo contenido en COVs, bien demostrado mediante ensayos certificados de terceros sobre sus emisiones en el tiempo o por el contenido teórico indicado en su hoja de seguridad.

Todas las sustancias químicas que estén contenidas en los productos deben ser registradas, evaluadas, autorizadas y restringidas en su caso. Están reguladas bajo REACH (*Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals*), Reglamento (CE) n.º 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo.

El objetivo principal es proteger la salud humana y el medio ambiente. Para cumplir con REACH los fabricantes deberán:

- Registrar las sustancias químicas si se usan en más de 1 t/ año.
- Comprobar que no contienen sustancias restringidas.
- Identificar si el producto contiene sustancias extremadamente preocupantes (SVHC) por encima del 0.1% en peso.
- Incluir estos aspectos en la ficha de seguridad.

NOTA:

Para ampliar información sobre aspectos relacionados con la salud de las personas recomendamos consultar el Anexo I de esta guía (Seguridad y Salud).



La aplicación de estos sistemas ha de realizarse siempre en condiciones de seguridad

3. CONTRIBUCIÓN A LAS CERTIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

La cubierta ajardinada es un sistema que permite cubrir el edificio con vegetación viva. Las membranas líquidas pueden ser utilizadas como base para este tipo de cubiertas, lo que permite integrar vegetación en entornos urbanos.

Para asegurar la durabilidad y la estanqueidad de la membrana impermeabilizante a lo largo del tiempo en cubiertas verdes, se requiere una carga de uso P4 (según EAD para la impermeabilización de cubiertas 030350-00-0402, apartado 2.2.11.) y el certificado de resistencia a la penetración de las raíces, según norma europea EN-13948.

En cubiertas con impermeabilización expuesta un aspecto destacable es el índice de reflectancia (SRI), que indica cuánta radiación solar refleja una superficie. Este indicador es fundamental en cubiertas, tiene un impacto directo en la eficiencia energética del edificio, ya que, al reducirse la absorción de calor, disminuye la necesidad de utilizar sistemas de climatización artificial, contribuyendo a un menor consumo energético del edificio. En el caso de las membranas líquidas, algunos productos ofrecen esta alta reflectancia. Este valor puede ser consultado en la ficha técnica del producto.

Tanto la instalación de cubiertas ajardinadas como de alta reflectancia pueden contribuir a la obtención de puntos en las Certificaciones de Construcción Sostenible como LEED, BREEAM, Verde.



Síguenos en:



Contáctanos en:

info@aifim.es
<https://aifim.es>

ASOCIADOS



SOCIOS ADHERIDOS



COLABORADORES

