



Asociación Ibérica de
Fabricantes de
Impermeabilización

Fijaciones para sistemas
de impermeabilización
de cubiertas planas

Guía técnica de recomendaciones para el diseño y cálculo

Con la colaboración del



CONSEJO GENERAL
DE LA ARQUITECTURA TÉCNICA
DE ESPAÑA



Fijaciones para sistemas de impermeabilización de cubiertas planas. Guía técnica de recomendaciones para el diseño y cálculo



A|FIm

Asociación Ibérica de
**Fabricantes de
Impermeabilización**

Fijaciones para sistemas de impermeabilización de cubiertas planas. Guía técnica de recomendaciones para el diseño y cálculo es un proyecto de AIFIm.



AIFIm, Asociación Ibérica de Fabricantes de Impermeabilización
C/ Tambre, 21, 2.º
28002 Madrid
info@aifim.es
<https://aifim.es>

Primera edición: octubre 2022

ISBN: 978-84-09-45032-9

Páginas: 52

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.



AIFIm nace en 2018 con la voluntad de potenciar la industria de la impermeabilización y con el claro objetivo de generar, desde nuestra comisión técnica de expertos, estudios y documentación de calidad, así como su difusión.

Por eso, para mí, como presidente de **AIFIm**, es un honor presentar la primera Guía Técnica elaborada con el conocimiento de los expertos del sector y que ayudará a asegurar la correcta implantación de los sistemas de impermeabilización anclados en la cubierta plana.

Esta guía pone de manifiesto la importancia de la correcta fijación de la impermeabilización para conseguir una puesta en obra de gran calidad que garantice la estanqueidad y seguridad de la cubierta plana y, por ende, de la edificación.

La estanqueidad de la cubierta es fundamental para garantizar la durabilidad de la estructura del edificio, así como para proteger los elementos que la contienen. Las funciones resultantes de una correcta aplicación de la impermeabilización son imprescindibles para una construcción sostenible, ya que la durabilidad va ligada siempre a un descenso del uso de los recursos. Además, los sistemas constructivos anclados permiten la recuperación de los productos que los componen, facilitando la separación de sus capas para su reciclaje al final de la vida útil del edificio.

Dentro del sector de la construcción, la edificación industrial abarca una extensa superficie en su implantación. Es por ello que la impermeabilización de sus cubiertas planas supone una parte importante de la construcción del edificio, ya que, a menudo, representa una superficie mayor que la del resto de la envolvente. Eso implica que estas grandes volúmenes, así como las cubiertas de gran superficie, son edificios tremendamente expuestos a acciones del viento. Éstas no sólo generan una presión en una única dirección, sino que son capaces de generar acciones incluso mayores, dentro y fuera del edificio, como presión interior o succión, en función de su morfología y su disposición en el territorio.

En esta guía, elaborada por y para profesionales, encontrarás de forma detallada cómo estas acciones afectan a la impermeabilización y las estrategias, en forma de fijación mecánica, para asegurar que la impermeabilización realice su trabajo: la estanqueidad, en las mejores condiciones posibles.

A handwritten signature in blue ink, which appears to be 'Paulo Oliveira'. The signature is fluid and cursive, written over a light grey background.

Paulo Oliveira
Presidente de **AIFIm**



A la hora de construir, tan importante es el qué (materiales instalamos) como el cómo (llevamos a cabo esta instalación). Por este motivo, no solo debemos prestar atención a la elección de los materiales, sino también a su correcta colocación, ya que de ella dependerá que cada parte del edificio cumpla su función, preservando la salud, la calidad y la seguridad del conjunto.

Además, los nuevos retos que debe de afrontar el sector, seriamente vinculados con la mitigación del cambio climático y la lucha contra el calentamiento global, nos hacen prestar especial atención a aspectos como la eficiencia energética y la sostenibilidad. Ya no se trata únicamente de construir, sino de hacerlo poniendo a las personas y al medio ambiente en el centro.

En el caso de las cubiertas, son elementos clave para reducir la demanda de energía. Una cubierta mal aislada es responsable del despilfarro de un 30% de la energía del edificio. Una cubierta mal impermeabilizada es responsable del deterioro del aislamiento, de la pérdida de eficiencia y de la aparición de patologías relacionadas con la humedad, que pueden contribuir al deterioro de la salud de sus ocupantes.

Los profesionales del sector deben contar con formación específica y especializada que les ayude realizar su trabajo con todas las garantías, contribuyendo a la larga y próspera vida de nuestros edificios y sus ocupantes. Y profesiones como la Arquitectura Técnica tienen la obligación y la vocación social de contribuir a esta mejora de los conocimientos entre los agentes, apoyando aquellas iniciativas y acciones que impulsen la transición hacia un sector de la construcción más social y respetuoso con su entorno.

La guía que tiene entre las manos pretende ser una herramienta práctica, un documento de referencia donde los agentes implicados en la instalación y fijación de los elementos de la cubierta puedan encontrar información técnica de calidad, que les facilite su trabajo. Con esta acción, se pretende destacar el valor de las profesiones, ya que de su buen desempeño dependerá la estabilidad y calidad del edificio, su larga vida y la salud de sus ocupantes. Desde el Consejo General de la Arquitectura Técnica de España, CGATE, agradecemos la oportunidad que nos han brindado y esperamos que nuestra aportación a la guía contribuya a facilitar y mejorar la labor de los profesionales del sector.

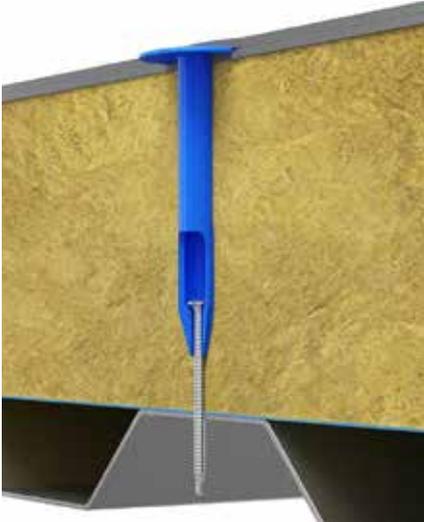


Alfredo Sanz Corma
Presidente del CGATE

ÍNDICE

1.- Objeto	9
2.- Tipología de fijaciones para la cubierta deck	11
2.1.- Clasificación en función del soporte.....	11
2.2.- Clasificación en función del elemento de fijación.....	12
2.3.- Clasificación en función del sistema de instalación de la membrana	13
3.- Normativa	15
3.1.- Normativa de homologación de elementos y sistemas.....	15
3.2.- Normativa de acciones de viento.....	17
3.3.- Otras normas complementarias, reglamentación y certificados.....	18
4.- Requisitos mínimos de las fijaciones en cubierta	19
5.- Cálculo de fijaciones en cubierta	23
5.1.- Cálculo de cargas de viento que actúan sobre la cubierta.....	23
5.2.- Cálculo del valor de diseño por puntos de fijación.....	24
5.3.- Cálculo del número de fijaciones necesario.....	25
6.- Fijaciones del aislamiento	27
6.1.- Aislamientos como el EPS, XPS, PIR, PUR (rígidos).....	27
6.2.- Lanas minerales (semirrígidos).....	29
6.3.- Aislamientos con láminas soldadas.....	29
7.- Puesta en obra	31
7.1.- Comprobaciones previas a la ejecución.....	31
7.2.- Comprobación de replanteo e interpretación de planos.....	31
7.3.- Comprobación de la ejecución.....	32
8.- Glosario. Términos y definiciones	35
ANEXO I: Rehabilitación. Ensayos de extracción <i>in situ</i>	37
ANEXO II: Ejemplos de cálculo de fijaciones en cubierta deck	41

1.- Objeto



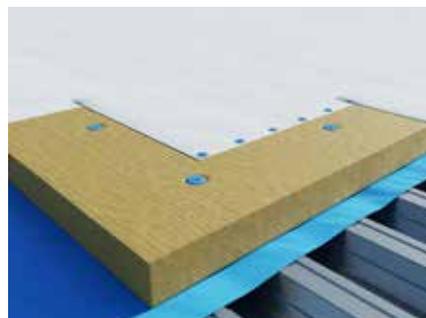
Esta publicación se ha creado con el objetivo de proporcionar a los técnicos de obra un conjunto de recomendaciones para el adecuado diseño y cálculo de fijaciones en cubiertas planas.

Pretende ser un documento de ayuda para los instaladores, contratistas, direcciones facultativas de obra, etc. de manera que puedan trabajar ofreciendo los mejores niveles de seguridad y calidad.

La guía recoge la tipología de fijaciones existente, la normativa de aplicación en sistemas de impermeabilización fijados mecánicamente y dos anexos relativos a ensayos y cálculos.

2.- Tipología de fijaciones para la cubierta deck

Una cubierta deck es una cubierta ligera, plana¹ y con un sistema de impermeabilización, formado por membranas impermeabilizantes fijadas mecánicamente sobre un soporte base (de chapa perfilada, hormigón o madera), con la existencia o no de aislamientos y otras membranas o láminas entre el soporte y la membrana impermeabilizante (por ejemplo: barreras acústicas, barreras de vapor, *densdecks* para aportar rigidez y/o protección frente al fuego en cubierta, etc.).



Las fijaciones de cubierta deck se pueden clasificar atendiendo a varios criterios, los más importantes son los siguientes:

2.1. Clasificación en función del soporte

Las fijaciones de cubierta deck se pueden instalar en diferentes soportes, para cada uno de ellos se recomienda un tipo de fijación específico:

- **Soporte metálico:** Las fijaciones para soporte metálico se caracterizan por tener una punta autoperforante o autorroscante tipo aguja que les permite perforar directamente pequeños espesores de acero.



Fijaciones para soporte metálico



Fijaciones para soporte de madera

- **Soporte de madera:** Las fijaciones para soportes de madera tienen un paso de rosca normalmente mayor que las anteriores, con el que se obtiene un mayor agarre sobre los soportes de madera.

- **Soporte de hormigón:** todas las fijaciones sobre hormigón necesitan un pretaladro. Existen fijaciones que son capaces de roscar directamente sobre el hormigón y otras que funcionan con la expansión de un taco plástico.



Fijaciones para soporte de hormigón

- **Soporte de hormigón ligero:** dependiendo de su densidad podrían llegar a instalarse las fijaciones sin taladro previo.

¹ CTE DB HS1 Tabla 2.9. Pendientes de cubiertas planas. CTE DB SE-AE Tabla D4. Cubiertas planas

NOTA: Existen una serie de fijaciones que pueden ser compatibles con varios soportes de los mencionados anteriormente.



Fijaciones compatibles con varios soportes

2.2. Clasificación en función del elemento de fijación.

Atendiendo a este criterio, las fijaciones pueden clasificarse en dos tipos:

- **Elemento de fijación metálico:** Estos sistemas de fijación están formados por una arandela o barra de reparto de esfuerzos en combinación con una fijación, todas ellas metálicas. Las arandelas de reparto tienen forma circular, ovalada o cuadrada, aunque también existen modelos con formas dentadas.



Elementos de fijación metálico



*Elemento de fijación metálico.
Fijación metálica.*

Estas arandelas, pueden tener un alojamiento cónico para esconder la cabeza de los tornillos o una base plana cuando se instalan sobre soportes rígidos. En estos sistemas de fijación es recomendable que las fijaciones dispongan de una rosca de seguridad bajo la cabeza que actúe como sistema de retención, para evitar que los tornillos punzonen las membranas en caso de tránsito de personas sobre la cubierta. En caso de no existir aislamiento o ser un aislamiento no deformable, se pueden instalar también fijaciones sin rosca de seguridad.

- **Elemento de fijación plástico/telescopico:** Estos sistemas de fijación están compuestos por una cánula plástica como elemento de fijación en combinación con una fijación metálica que une el sistema al soporte de la cubierta. El sistema telescópico evita el punzonamiento de la fijación sobre la membrana y añade rotura de puente térmico que mejora el comportamiento térmico de la cubierta del edificio.



*Elementos de fijación
plástico/telescopico.*

Las cánulas de plástico pueden fabricarse en varios materiales aunque los más comunes son poliamida (nylon) y polipropileno. Al igual que las arandelas metálicas se pueden fabricar con formas ovaladas redondas y con pinchos que mejoran la resistencia de los sistemas de fijación.

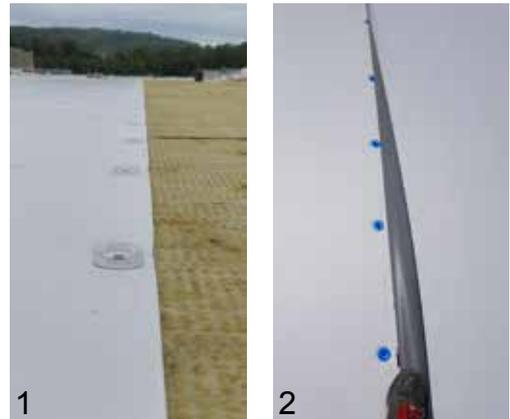


Elementos de fijación plásticos

2.3. Clasificación en función del sistema de instalación de la membrana:

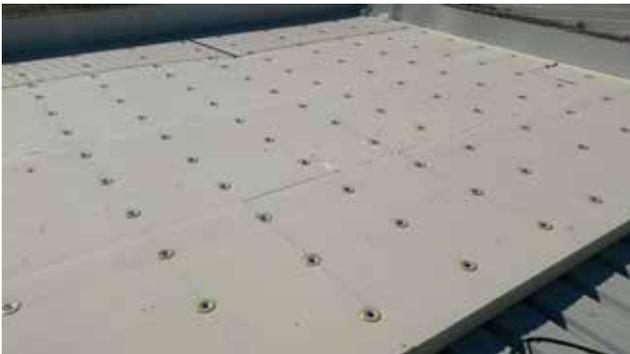
Atendiendo a este criterio existen dos tipos de fijaciones.

- **Sistema de fijación en solape:** Estas fijaciones se instalan en el extremo de la membrana de impermeabilización, una vez instaladas quedan cubiertas por la membrana adyacente que se suelda con la membrana anterior dejando el sistema de fijación cubierto e impermeabilizado.



Sistemas de fijación en solape

- **Sistema de fijación en campo o por inducción:** Estos sistemas de fijación se instalan sobre el aislamiento de la cubierta y se sueldan a la membrana mediante un sistema de inducción. En estos sistemas, el elemento de fijación es metálico y tiene un recubrimiento especial que le permite unirse por soldadura a la membrana cuando se le aplica una inducción electromagnética con una máquina diseñada a tal efecto.



Sistemas de fijación por inducción.

Los elementos de fijación se pueden equipar con una cánula plástica para que funcionen con el sistema telescópico.

El sistema mixto combina los dos anteriores en las distintas zonas de la cubierta



Sistemas de fijación por inducción con cánula plástica.

2. Tipología de fijaciones

Soporte		Sistema fijación	Sistema Telescópico	Tipología de fijación	Imagen	Apart. guía	
Elección tipología de fijación	Chapa	En solape	SI	Cánula plástica y tornillo			
			NO	Arandela metálica y tornillo/otros (ej. barras)			
			SI	Arandela metálica con cánula plástica + tornillo			
			NO	Arandela metálica + tornillo			
	Hormigón	Hormigón (ej: tipo C20/25)	En solape	SI	Cánula plástica y tornillo		
				NO	Arandela metálica y tornillo/otros (ej. barras)		
				NO	Otros		
				SI	Arandela metálica con cánula plástica + tornillo		
			Inducción	NO	Arandela metálica y tornillo/otros (ej. barras)		
				SI	Cánula plástica y tornillo		
		Hormigón ligero	En solape	NO	Arandela metálica y tornillo/otros (ej. barras)		
				SI	Arandela metálica con cánula plástica + tornillo		
			Inducción	NO	Arandela metálica + tornillo		
				SI	Cánula plástica y tornillo		
	Madera	En solape	NO	Arandela metálica y tornillo/otros (ej. barras)			
			SI	Arandela metálica con cánula plástica + tornillo			
		Inducción	NO	Arandela metálica + tornillo			
			SI	Cánula plástica y tornillo			

3.- Normativa

Para el uso de fijaciones en sistemas de impermeabilización fijados mecánicamente se ha de tener en cuenta normativa:

- de homologación de elementos y sistemas,
- de cálculo de las acciones de viento,
- complementaria, reglamentación y certificados.

3.1.- Normativa de homologación de elementos y sistemas

3.1.1.- Mercado CE: EAD 030351-00-0402 de 2019. Documento de Evaluación técnica europeo de sistemas de impermeabilización fijados mecánicamente.

En este documento se establecen unos ensayos y criterios individuales que debe cumplir cada uno de los elementos de la cubierta (membrana, aislamiento y fijaciones) para poder ser evaluados y obtener como resultado final el Mercado CE que autoriza el uso de los productos certificados en todos los mercados de la UE.

En el caso de las fijaciones, los ensayos que exige la norma son:

Carga axial de la fijación

Se determina siguiendo el ensayo definido en el apartado 2.2.3.1. de la norma. Con este ensayo se obtiene la resistencia característica de las fijaciones que se publica en el documento ETA de cada fabricante. Este valor es determinante también para para otros procesos como el *small scale testing*.

Resistencia a *unwinding* de la fijación

Se mide la resistencia de las fijaciones a desenroscado por efecto del viento. Se deben superar un número determinado de ciclos según el apartado 2.2.3.2. de la norma.

Resistencia mecánica de fijaciones plásticas

Sólo aplica a fijaciones con vaina de plástico. Se mide la resistencia de la manga de la arandela plástica frente al impacto.

Resistencia a la corrosión de las fijaciones metálicas

Según la norma, todos los elementos metálicos excepto los aceros inoxidable austeníticos, deben superar un ensayo de 15 ciclos Kesternich con una corrosión de superficie inferior al 15 %. En el caso de sistemas bituminosos bicapa se acepta una resistencia a la corrosión

de 2 ciclos con un 0 % de corrosión superficial o 7 ciclos con un 5 % de corrosión superficial.

Resistencia mecánica tras el envejecido de las fijaciones plásticas

El apartado 2.2.3.5 de la norma, define el método de envejecido y test de impacto a realizar a las fijaciones.

Ensayo a escala completa y ensayo a pequeña escala

Además de los ensayos individuales que se deben realizar a cada uno de los elementos de la cubierta, la EAD define la norma EN 16002 como método de ensayo para las pruebas de viento dirigidas a calcular el valor de la carga admisible de diseño W_{adm} que se emplea en los cálculos de fijaciones.

Un ensayo de viento, consiste en la elaboración de una maqueta de unas dimensiones predefinidas formadas por un sistema completo de cubierta:

- soporte de chapa, hormigón o madera,
- aislamiento,
- membrana y
- fijaciones.

Dicha maqueta se instala en un túnel de viento y es sometida a unos ciclos de succión creciente hasta el fallo del modelo. En el momento que se produce el fallo, se anota el valor resistente del ciclo anterior y tras aplicar un coeficiente de seguridad se obtiene el valor W_{adm} . Este valor W_{adm} es la resistencia de cada fijación en el sistema ensayado y se emplea directamente como valor de diseño en los estudios de fijaciones con la aprobación previa de los fabricantes de fijaciones y membranas intervinientes en el ensayo.

Este ensayo se denomina ensayo a escala completa y está definido en el anexo A1.1 de la normativa.

La norma también define lo que llama ensayos de pequeña escala cuyo objetivo es proporcionar las bases de interpolación para reducir el número de ensayos a escala completa siguiendo la siguiente expresión:

$$W_{adm, nc} = K \times W_{adm, oc}$$

Donde:

W_{adm} es la resistencia de cada fijación en el sistema ensayado (kN),

$W_{adm, nc}$ es la W_{adm} de la nueva combinación,

$W_{adm, oc}$ es la W_{adm} de la combinación original y

K: Es el factor de correlación entre la combinación original y la nueva combinación. ($0,5 < K < 1$).

Determinación del factor K:

El factor de correlación K se determina a partir de los ensayos de resistencia característica de los elementos individuales en la obtención de los documentos de marcado CE de los productos o realizando ensayos a pequeña escala de los elementos a sustituir. Con los valores característicos ya certificados, el factor de correlación K se calcula a partir de la expresión siguiente:

$$K = R_{nc} / R_{oc}$$

Donde:

R_{nc} es la resistencia de la nueva combinación.

R_{oc} es la resistencia de la combinación original.

Esta metodología permite, a partir de un ensayo a escala completa, cambiar aspectos como el elemento de soporte, el tipo o fabricante de las fijaciones, la técnica de solape o incluso el tipo de lámina, aunque este último cambio requiere de unos ensayos más extensos.

El sistema de impermeabilización y fijación ha de tener el ensayo EN 16002 recomendándose un valor mínimo de resistencia de 450 N para membranas sintéticas y de 350 N para láminas bituminosas.

El cálculo de fijaciones será realizado preferentemente en fase de proyecto teniendo en cuenta las recomendaciones del fabricante.

3.1.2.- UNE-CEN/TS 17659:2021. Directrices de diseño para sistemas de impermeabilización fijados mecánicamente.

3.2.- Normativa de acciones de viento

Las normativas de construcción tienen como objetivo definir las acciones que actúan sobre los edificios para poder dimensionar los elementos estructurales que aseguren la estabilidad durante su vida útil.

Las fijaciones son necesarias para resistir las solicitaciones de succión o presión negativa, ya que las que actúan como presión sobre el edificio son resistidas directamente por la estructura. De todas las acciones que actúan sobre un edificio, la única que genera un efecto de succión es la acción del viento, de ahí que para poder dimensionar el número de fijaciones necesarias para sostener un sistema de cubierta sea necesario observar la normativa que describe las acciones del viento. Las normativas de viento a tener en cuenta son:

3.2.1.- Código Técnico de la Edificación (CTE) DB SE Acciones en la edificación: Normativa española de obligado cumplimiento en los edificios.

3.2.2.- Eurocódigo 1: UNE-EN 1991-1-4 de 2018: Normativa europea supranacional que es reconocida y aceptada en todos los países de la unión europea, y que es la base normativa del CTE.

3.2.3.- Otras normas de viento oficiales en terceros países fuera de Europa.

En la parte sobre los estudios de fijaciones se desarrollará más extensamente el contenido de estas normas.

3.3.- Otras normas complementarias, reglamentación y certificados.

Principalmente, de ahorro energético, sobre las que las fijaciones pueden tener alguna influencia; destacamos:

3.3.1.- Código Técnico de la Edificación (CTE) DB HE Ahorro de energía.

Normativa que define el comportamiento energético de la envolvente de los edificios. En su apartado 3.1, se declaran los valores máximos de la transmitancia de la envolvente térmica de los edificios. Este valor se construye con la suma de las resistencias térmicas de los elementos que conforman el sistema de la envolvente. En el caso de la cubierta se obtiene a partir de la suma de las resistencias térmicas de la chapa, el aislamiento y la membrana. El elemento que mayor influencia tiene sobre el valor final de la envolvente del edificio es el aislamiento, sin embargo, la membrana, la chapa de cubierta o soluciones como los sistemas de fijación telescópica pueden ayudar a mejorar el aislamiento térmico y por tanto reducir la demanda energética de los edificios.

3.3.2.- Certificados

Están cobrando cada vez más importancia los sellos verdes en las construcciones (Leed, Breeam, Verde, etc.) que puntúan los sistemas y productos que aportan una mayor eficiencia energética desde la fabricación hasta la puesta en funcionamiento.

3.3.3.- Certificaciones privadas que en muchos casos son exigidas o percibidas como sello de garantía en el mercado, como por ejemplo: Factory Mutual, AENOR, DITE.

3.3.4.- Normas y guías para consulta sobre aplicación de materiales impermeabilizantes.

- UNE 104401:2013. Impermeabilización en la edificación sobre y bajo rasante con láminas bituminosas modificadas. Sistemas y puesta en obra.

- UNE 104416:2009. Materiales sintéticos. Sistemas de impermeabilización de cubiertas realizados con membranas impermeabilizantes formadas con láminas.

4.- Requisitos mínimos de las fijaciones en cubierta

El sistema de fijación es un conjunto de componentes encaminados a asegurar el sistema de impermeabilización a la estructura portante de cubierta, por mediación de puntos o líneas de fijación. Además de contrarrestar la succión de viento, contribuye a la fijación de otros elementos intermedios entre el soporte y el sistema de impermeabilización, como pueden ser el aislamiento, barreras de vapor y geotextiles.

La fijación mecánica utilizada en los sistemas de impermeabilización con láminas asfálticas y sintéticas debe cumplir con una serie de requisitos que desarrollamos en este punto.

En primer lugar, el sistema de impermeabilización fijado mecánicamente ha de disponer de una Evaluación Técnica Europea (ETE) conforme a la guía EAD 030351-00-0402 (antigua ETAG006), lo cual nos asegura:

- Una durabilidad adecuada del sistema, con una vida útil estimada de al menos 10 años.
- Para las fijaciones, una resistencia mecánica a la extracción y al desenroscado declaradas por el fabricante.
- Resistencia a los agentes ambientales como por ejemplo al envejecimiento en el caso de las cánulas plásticas o a la corrosión en el caso de los tornillos.

Los tornillos deben poseer una protección frente a la corrosión que resista un mínimo de 15 ciclos de Kesternich.

En el caso de que la fijación cumpla con el ETE del fabricante, pero el soporte que nos encontremos en proyecto sea diferente al publicado, se debe realizar un ensayo de extracción in situ. Este punto se desarrolla en detalle en el ANEXO I.

Como requisito indispensable para una correcta puesta en obra, es necesario disponer de un cálculo de viento a succión, que incluya los siguientes puntos:

- Normativa utilizada en el cálculo: Eurocódigo (UNE EN 1991-1-4) y Código Técnico de la Edificación (CTE).
- La información del número de fijaciones y su distribución para cada zona de la cubierta, con el detalle de la distancia entre ellas.
- El plano que refleje las diferentes zonas de la cubierta.

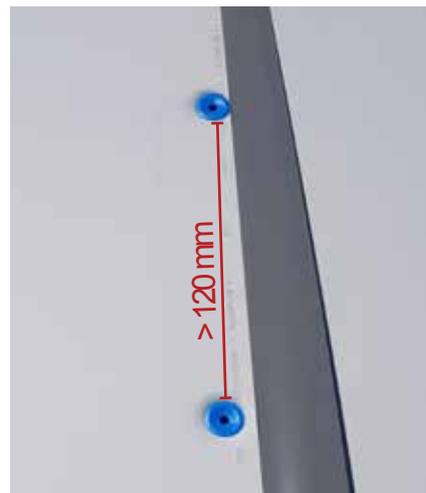
Se ha de tener en cuenta que la distancia mínima entre fijaciones ha de ser superior a 120 mm.

4. Requisitos mínimos de las fijaciones en cubierta

Para conocer la distancia máxima recomendada entre filas de fijaciones, recomendamos consultar al fabricante de la membrana.

La documentación técnica del fabricante marcará distancias máximas y mínimas entre fijaciones, lo cual se traduce en patrones máximos de fijación en el caso de fijación en campo, como es el caso de la inducción.

En los casos en los que se instalen dos fijaciones en una misma greca, se deben tratar de acuerdo a lo indicado en las normas EAD 030351-00-0402, CEN-TS17659 y las recomendaciones de los fabricantes de membrana y fijación.



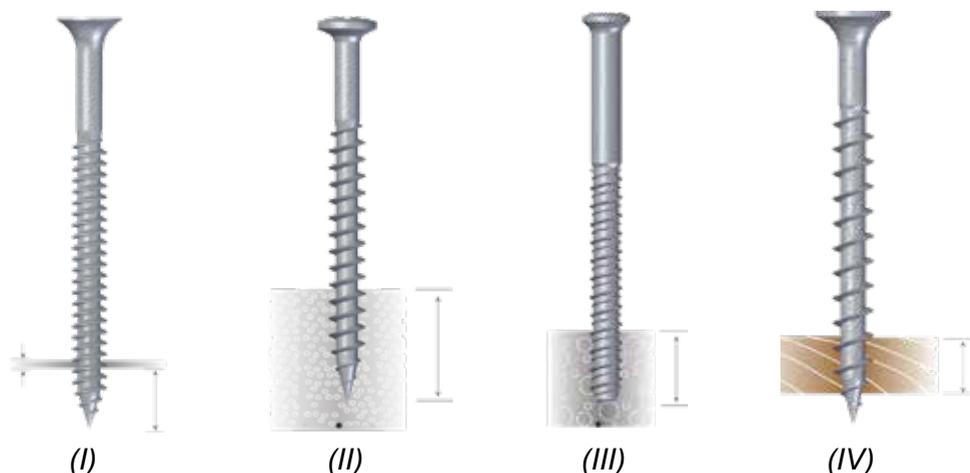
Para los espesores mínimos y calidades de los soportes o longitudes de empotramiento se remite nuevamente a la documentación técnica de los fabricantes, dada la gran variedad de fijaciones y características de estas (diámetros, pasos de rosca, soportes, etc.).

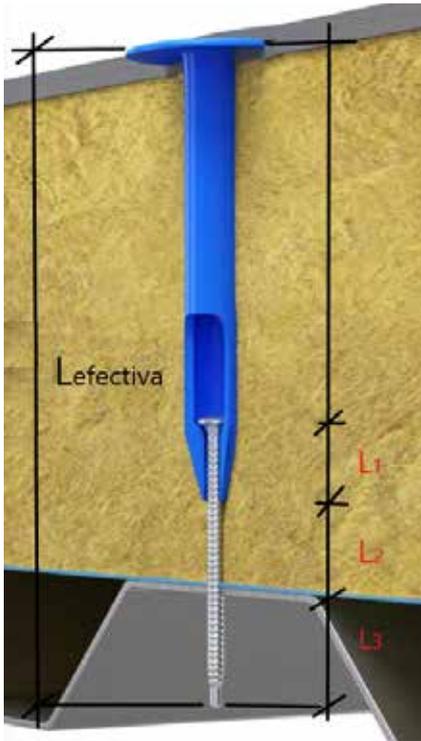
Como recomendación sobre espesores y empotramientos aproximados sobre distintos soportes podemos indicar:

- (I) Chapa perfilada mínimo 0.7 mm S280*.
- (II) Hormigón ligero: empotramiento de 60 mm.
- (III) Hormigón C20-25: mínimo empotramiento 25-35 mm.
- (IV) Madera: dependiendo de las características y diámetro del tornillo, pero aproximadamente entre 18 y 25 mm.

Para finalizar, incluimos a continuación, para el caso de la cánula plástica, la recomendación de empotramiento mínimo en distintos soportes.

Acorde a esas longitudes mínimas de empotramiento (L3 en el siguiente esquema) se elegirán las longitudes de cánula y tornillo o bien arandela de repartición de esfuerzos y tornillos.





$$L_{\text{efectiva}} = (L \text{ cánula} + L \text{ tornillo}) - L1$$

Se recomienda:

L2 mínimo de 10-20 mm.

L3 acorde a indicaciones anteriores y documentación técnica del fabricante.

En la opción de arandela de repartición de esfuerzos y tornillo metálico es mucho más sencilla la obtención de la longitud del tornillo. Simplemente se debe sumar la longitud de empotramiento L3 al espesor del aislamiento

5.- Cálculo de fijaciones en cubierta

5.1.- Cálculo de las cargas de viento que actúan sobre la cubierta

La distribución y valor de las presiones de viento dependen de una serie de factores como: la ubicación de la construcción, la altura, forma, presencia y altura de petos, etc.

Debemos hacer un estudio de las cargas de viento presentes en la cubierta para poder dimensionar correctamente el número de fijaciones acorde a:

- Eurocódigos,
- Código Técnico de la Edificación (CTE).

que son muy similares, aunque con algunas diferencias en sus procedimientos analíticos.

Presión de viento:

- Eurocódigos: $We = q_p \cdot C_{pneto}$
- CTE: $q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_{pneto}$

$$q_p = q_b \cdot C_e$$

donde:

We es la carga de succión de viento (kN/m^2)

q_p es la presión correspondiente a la velocidad de pico (kN/m^2)

C_{pneto} : coeficiente de presión neto, siendo éste el sumatorio de los coeficientes de presión interior y exterior, cada uno de ellos con su signo correspondiente (succión negativo, presión positivo)

Es decir: $C_{pneto} = C_{pe} + C_{pi}$

donde:

q_e es la presión estática del viento (kN/m^2)

q_b es la presión dinámica del viento (kN/m^2)

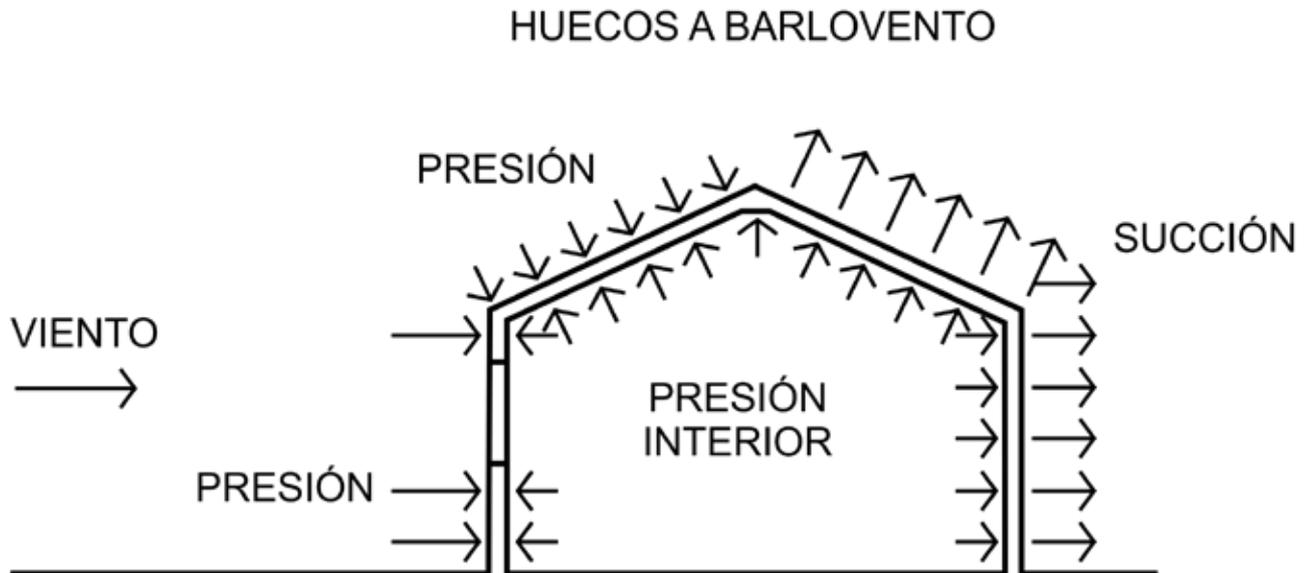
C_e es el coeficiente de exposición

5. Cálculo de fijaciones en cubierta

- Eurocódigos: $C_e \rightarrow$ gráfica o analíticamente
- CTE: $C_e \rightarrow$ tabulado o analíticamente

C_{pneto}

Ambas normas definen cómo calcular estos coeficientes



Claramente definido tanto en Eurocódigo (7.2.9 del UNE EN 1991-1-4), como en el CTE (3.3.5 DB SE AE).

Una vez tenemos el W_e (carga estática o presión de viento) o q_e se mayor como acción variable que es, por 1.5, y se puede o no combinar con el peso propio de los elementos de la cubierta. Generalmente por seguridad no se hace.

5.2.- Cálculo del valor de diseño por punto de fijación

Será el menor de los obtenidos por estas dos vías:

- A través del $W_{admisible}$ publicado en el ETE/ETA del fabricante de la membrana de impermeabilización o bien derivado de un ensayo o test de vientos según EN 16002 y posterior acuerdo.
- A través de la ETE/ETA de los fabricantes de fijaciones. Obteniéndose el valor de diseño de aplicar al valor característico publicado, su correspondiente coeficiente de seguridad (consultar ETA, EAD y CEN/TS 17659:2021).

$$W_{adm} = W_{característico fijación} / \gamma$$

Ver mercado CE (3.1.1.1).

Resultando el valor característico de la fijación el menor de entre:

Pull over

Pull out

5.3.- Cálculo del número de fijaciones necesario

Así pues, número de fijaciones por metro cuadrado será:

$$n \text{ (uds / m}^2\text{)} = W_e / W_{adm}$$

siendo:

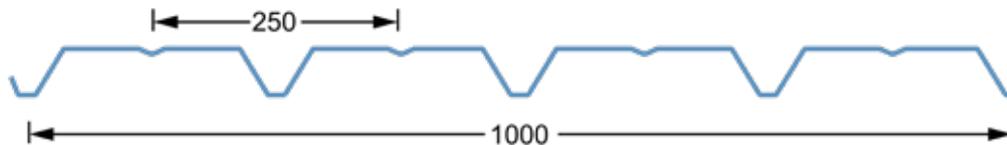
n es el número teórico necesario de fijaciones para contrarrestar la succión de viento

W_e es la carga estática o presión de viento (kN/m^2) y

W_{adm} es la resistencia de cada fijación en el sistema ensayado.

Llegados a este punto, para trasladar ese número teórico de fijaciones a nuestra situación real de obra debemos tener en cuenta:

- Distancia entre grecas altas del soporte en caso de ser chapa perfilada, o distancia mínima que marca normativa y/o fabricante en caso de ser otros soportes.



- Anchos de lámina disponibles por parte del fabricante, solape, distancia mínima y máxima entre fijaciones, posibilidad o no de doble fijación y demás disposiciones.

Elección del sistema de fijación: sistema tradicional en solape, sistema de inducción o sistema mixto.

Para otras consideraciones adicionales ver Anexo I y Anexo II.

6.- Fijación del aislamiento

La fijación de aislamiento es importante porque une el aislamiento al soporte, estabiliza el conjunto aislamiento-impermeabilización y evita posibles movimientos que pueden producirse en una cubierta de este tipo. Salvo en algunos casos que se explicarán más adelante, la fijación de aislamiento no tiene que resistir las cargas de viento, por tanto, el uso y distribución no está recogido en ninguna norma o estándar y son los fabricantes de aislamiento los que recomiendan el mejor sistema de fijación para sus productos, siguiendo unas guías o instrucciones de instalación. A pesar de no existir una norma general común para la fijación del aislamiento, se pueden recoger en esta guía las líneas generales de fijación para los diferentes sistemas de aislamiento y, salvo por pequeños matices, serán válidas para la mayoría de los fabricantes.

Desde el punto de vista de la fijación, podemos diferenciar tres grupos principales:

6.1.- Aislamientos como el EPS, XPS, PIR, PUR (rígidos)

Por sus características, todos los fabricantes de este tipo de aislamientos especifican la fijación de sus planchas siguiendo unos patrones previamente estudiados.

- **EPS:** suelen ser placas de 0,50 y 1,00 m de ancho, siendo el largo variable en función del fabricante y el tipo de aplicación. La recomendación general es la de instalar 3-4 fijaciones en cada placa de aislamiento a tresbolillo entre unas placas y otras. Estas fijaciones pueden reducirse, en el caso de EPS, si existe algún otro sistema de fijación de la superficie como adhesivos o morteros. Los *texturados* de la superficie, machihembrados u otro tipo de encajes también mejoran el trabajo entre planchas y por tanto la fijación.



Planchas de EPS

Las fijaciones deben ser siempre adecuadas al tipo de soporte y protección superficial para evitar entradas de agua.

- **XPS:** suelen ser planchas de 0,60 m. de ancho, siendo el largo variable en función del fabricante. La recomendación habitual es la de instalar 3 fijaciones en cada plancha de aislamiento a tresbolillo entre unas planchas y otras.



Planchas de XPS (poliestireno extruido)

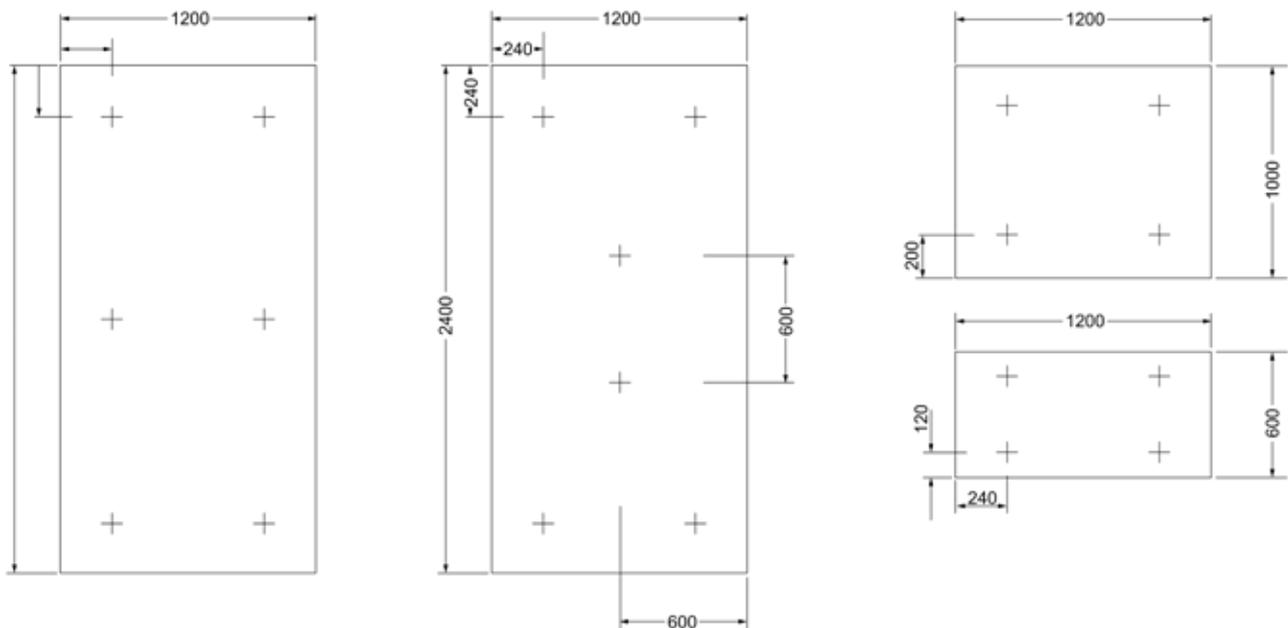
6. Fijación del aislamiento

• **PIR/PUR:** los paneles se fabrican en formatos de 2,40-2,50 m de largo por 1,20 m de ancho o en formatos más pequeños de 1,20 x 1,20 m o 1,20 x 0,60 m. Los paneles aislantes deben ser colocados a tresbolillo y con la junta longitudinal perpendicular a las grecas del soporte metálico. El aislamiento de la cubierta puede estar constituido por una o dos capas de paneles aislantes y estos se fijan al elemento portante mediante las fijaciones adecuadas.

- **Una capa de aislamiento:** La fijación de los paneles se realiza con 4 fijaciones para los paneles de dimensiones 1,20 x 1,20 m o 1,20 x 0,60 m y 6 fijaciones para los paneles de 2,40-2,50 x 1,20 m. Las fijaciones deben colocarse en la esquina de cada plancha a una distancia entre 100 y 250 mm. En las siguientes figuras se muestran los esquemas de instalación más comunes:



Aislamiento PIR.



Esquema de instalación de una capa de aislamiento

- **Dos capas de aislamiento:** la capa inferior de aislamiento se fijará mediante una fijación mecánica central por cada panel. La segunda capa de aislamiento se fijará mecánicamente tal y como se ha descrito anteriormente para una sola capa, 4 o 6 fijaciones dependiendo de las dimensiones del panel, atravesando la primera capa. Los paneles que constituyen la capa superior deben colocarse avanzados a la primera capa y con las juntas de las dos capas colocadas a tresbolillo.

Tipo de fijaciones recomendadas: fijaciones telescópicas con rotura de puente térmico y fijaciones convencionales.

Para soportes de chapa metálica, cada fijación debe colocarse en la parte superior de la greca del perfil metálico para que la plancha quede totalmente sujeta.

6.2.- Lanas minerales (semirrígidos)

El peso de estos aislamientos puede contribuir a la absorción de los movimientos de la cubierta no requiriendo una fijación mecánica para garantizar su estabilidad dimensional ante las acciones en cubierta. No obstante, los fabricantes recomiendan la fijación del aislamiento para que no se muevan en la fase de instalación hasta que son cubiertos por la membrana de impermeabilización y fijados con ella. Al ser una fijación provisional, normalmente es suficiente con la instalación de una fijación en el centro de cada panel aislante, aunque algunos fabricantes/instaladores pueden llegar a colocar hasta 5 fijaciones por panel, una en cada esquina del panel y una fijación central.

Tipo de fijaciones recomendadas: al ser un aislamiento semirrígido, cobra más importancia el uso de fijaciones telescópicas que, por un lado, reducen la pérdida térmica de las fijaciones en cubierta y además añaden el sistema de seguridad frente a pisadas que evita que las fijaciones puedan fisurar la membrana en el caso de tránsito.



Lana mineral aislante

Otro elemento a tener en cuenta sobre los aislamientos semirrígidos es el diámetro de la arandela/vaina a emplear. Las arandelas de mayor diámetro 70/80 mm tienen un mejor comportamiento en aislamientos semirrígidos por tener una mayor superficie de apoyo y disminuir la presión de contacto. Con esto se evita el efecto de clavado de las fijaciones en la impermeabilización.

6.3.- Aislamientos con láminas soldadas

En el caso de aislamientos en los que la membrana de impermeabilización se suelda sobre estos, las fijaciones deben soportar las acciones de succión por viento y por tanto es recomendable hacer un cálculo de fijaciones similar al que se realiza para las membranas. En este caso, la distribución y el número de fijaciones variará en función de la zona del edificio en la que vayan instaladas. La densidad de fijaciones será decreciente en las siguientes zonas: esquinas → perímetro exterior → perímetro interior → interior.



Tanto las fijaciones metálicas como las telescópicas están indicadas para este tipo de instalación. Se pueden seguir las recomendaciones anteriores en función del tipo de aislamiento que se emplee.

Fijación de campo por inducción

Los sistemas de fijación por inducción juegan un papel diferenciador en el caso de la fijación sobre aislamiento puesto que la misma fijación que se soldará a la membrana sirve también como fijación de aislamiento. Es esta doble función una de las causas que permite reducir el número de fijaciones globales con este sistema.

Normalmente el número de fijaciones que se instalan en las diferentes zonas de la cubierta es mayor que el propuesto por el fabricante del aislamiento, no obstante, se debe verificar, especialmente en las zonas interiores de la cubierta, que el número total de fijaciones descrito en el patrón de fijación por inducción por plancha sea igual o superior a las fijaciones que recomienda el fabricante del aislamiento.



Fijación de campo por inducción

Algunos fabricantes piden que se respeten las distancias de las fijaciones a los bordes de las planchas de aislamiento. En estos casos en los que no se cumplan los requisitos de los fabricantes, bien sea por número o por distribución de las fijaciones, se debe completar hasta igualar el número y posición de fijaciones recomendado, es decir, si en una placa de PIR con recomendación de 6 fijaciones por plancha, el patrón de fijación de la inducción sitúa únicamente 4 fijaciones, se deben añadir las dos restantes no siendo necesario que estas fijaciones sean de inducción.

Tipo de fijaciones recomendadas: Es necesario que la fijación de inducción empleada sea compatible con la lámina a soldar sobre ella (TPO, PVC o EPDM). Si el aislamiento es semirrígido, es recomendable añadir la función telescópica al sistema de fijación por inducción para aumentar la seguridad frente a pisadas.

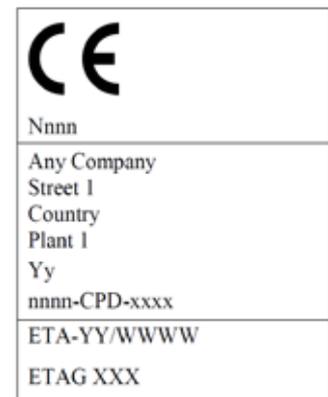
7.- Puesta en obra

7.1.- Comprobaciones previas a la ejecución

Es de vital importancia disponer de un estudio o cálculo estático de resistencia al viento de la cubierta acorde a CTE y UNE EN 1991-1-4 Eurocódigo (en adelante EC-1) validado tanto por fabricantes como por la Dirección Facultativa, que permita la correcta elección en tipo y número de fijaciones para la adecuada puesta en obra del sistema de impermeabilización.

Las fijaciones, así como el resto del material, deben recepcionarse en obra correctamente embaladas e identificadas mediante unas etiquetas que permitan su rápida comprobación con ayuda del albarán del transportista y/o fabricante.

En el caso de las fijaciones, la etiqueta debe contener un mínimo de información: código y descripción del artículo, número de piezas por embalaje, marcado CE, fabricante, número de ETA que permite la colocación de ese marcado CE, ETAG o EAD en base a la cual se ha obtenido esa ETA y demás información que el fabricante estime relevante como por ejemplo otro tipo de sellos de calidad o normas, tal y como se indica en este ejemplo que aparece en la ETAG 006. norma para sistemas de impermeabilización con láminas de impermeabilización flexibles fijadas mecánicamente.



Etiqueta informativa

Una vez comprobado que el material recibido coincide con lo pedido y su albarán de entrega, pasamos a una comprobación física de los tornillos, abriendo para ello uno de los embalajes y comprobando que la longitud del conjunto cánula plástica y tornillo se corresponde con la etiqueta y las necesidades en obra.

Se debe prestar especial atención a la longitud, con el fin de detectar posibles errores en su elección o envío por parte del proveedor, atendiendo entre otros factores al espesor de aislamiento o tipo de soporte presente en obra.

Una vez comprobados los puntos anteriores, el material debe ser acopiado de manera ordenada en un lugar seguro y protegido de los agentes atmosféricos en sus embalajes originales para evitar su deterioro y/o extravío durante la ejecución de la obra.

7.2.- Comprobación de replanteo e interpretación de planos

Es básica una correcta interpretación de los estudios y planos realizados para poder hacer un correcto replanteo en obra.

El aspecto fundamental que debe controlarse durante el proceso de replanteo es la identificación de las distintas zonas de la cubierta, así como la distancia entre las fijaciones y las filas de fijaciones, que debe corresponderse con lo establecido en el cálculo de resistencia al viento.

En el caso de la fijación en solape, ya sea mediante tornillo y arandela de repartición de esfuerzos o conjunto de cánula plástica y tornillo, debemos controlar que la distancia entre fijaciones sea igual o múltiplo de la distancia o paso de greca de la chapa soporte, o bien a la establecida en el estudio en caso de ser otro tipo de soporte (véase hormigón, hormigón ligero o madera).

NOTA: Existe un caso excepcional que es el de la doble fijación, que debe estar previamente aprobada por el fabricante de la membrana de impermeabilización.

La distancia entre líneas de fijación, cuando se utiliza el sistema de fijación en solape, es fácilmente comprobable a primera vista, a través de los distintos anchos de lámina dispuestos en cubierta.

En el caso de la fijación en campo mediante inducción electromagnética, debemos comprobar que se cumplen igualmente la distancia entre fijaciones y filas de fijación, teniendo en cuenta que esta cuadrícula será completamente independiente de los anchos de lámina que podamos observar dispuestos sobre la cubierta. Se puede controlar mediante un muestreo aleatorio en cada una de las zonas, pero además debemos atender especialmente a aquellos puntos en los que se produce el cambio de zona y de densidad de fijaciones, y, por lo tanto, de dimensiones de la cuadrícula, asegurándonos en todo momento de que se cumple con las densidades mínimas establecidas por parte de los estudios y/o fabricantes.

Para más información ver Anexo II: Ejemplos de cálculo de fijaciones en cubierta.

7.3. Comprobación de la ejecución

Desde el punto de vista de la fijación y dependiendo del sistema elegido para la puesta en obra de la lámina de impermeabilización (fijación en solape o mediante inducción), deberemos controlar los mismos aspectos, pero de distinta manera.



Fijación de aislamiento incorrecta



Fijación de aislamiento correcta

Un aspecto común para ambos sistemas es la correcta instalación de los tornillos, que ha de ser perpendicular al soporte, sin que se produzca un exceso de apriete que pueda llegar a empotrar la arandela de repartición de esfuerzos en el aislamiento, creando valles en la impermeabilización o, incluso, pasarlo de rosca invalidando la fijación.

Del mismo modo debe controlarse el número y disposición de las fijaciones en las planchas de aislamiento, según documentación técnica de los fabricantes.

Otro aspecto importante, cuando se ejecute la impermeabilización con sistema de fijación en solape, es verificar la correcta colocación de las fijaciones a la distancia adecuada al borde de la lámina, de modo que sea posible una correcta soldadura de al menos 4 cm en el solape entre láminas.

En el caso del sistema de inducción, debe controlarse la realización del calibrado de la máquina a diario por parte de los instaladores, al igual que ocurre con las máquinas de termosoldado del solape, debiendo dejarse incluso constancia de tales pruebas.

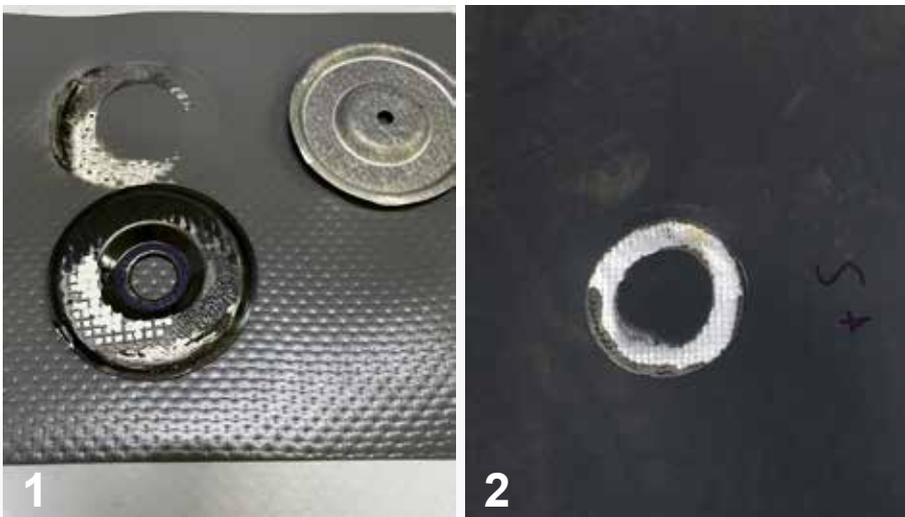


Control de la soldadura de inducción



Líneas de solape de la lámina de TPO marcadas por el fabricante

Así mismo, un control de la correcta soldadura de la arandela de inducción es fácilmente realizable a simple vista durante una visita a la cubierta, una vez se ha realizado dicha soldadura por inducción.



Soldaduras de inducción defectuosa (1) correcta (2)

8.- Glosario. Términos y definiciones. Símbolos y abreviaturas

A los efectos de este documento, se aplican los términos y definiciones que figuran en las normas EN 13707 y EN 13956.

Fijación: objeto empleado para sujetar o unir el elemento de fijación a un soporte estructural.

La fijación puede ser un tornillo, un clavo, un anclaje expansivo o un remache.

Elemento de fijación: componente que asegura el sistema de impermeabilización, en conexión con la fijación, a la cubierta o soporte estructural.

El elemento de fijación son las arandelas metálicas y/o las cánulas de plástico.

NOTA: Un elemento de fijación es el sistema de fijación sin la fijación.

Sistema de fijación: conjunto formado por la fijación y el elemento de fijación destinado a fijar el sistema de impermeabilización al soporte estructural.

El sistema de fijación puede ser, por ejemplo, una fijación con una arandela metálica con o sin cánula de plástico, una arandela de plástico con o sin cánula integrada o una barra metálica/carril continuo con o sin cánula de plástico.

NOTA: Aunque el objeto principal es asegurar el sistema de impermeabilización frente a las fuerzas de succión de viento, el sistema puede contribuir a asegurar las capas intermedias como el aislamiento térmico, barreras de control de vapor y aire, etc.

Lámina flexible para la impermeabilización: lámina impermeable prefabricada que se puede enrollar o plegar para facilitar el transporte a la obra.

Pull-through o fallo por desgarró: modo de fallo producido entre el elemento de fijación y el sistema de impermeabilización.

NOTA: El modo de fallo puede variar dependiendo del tipo de elemento de fijación, el tipo de membrana flexible de impermeabilización así como del diseño del sistema de impermeabilización.

Pull-out o fallo a extracción: modo de fallo en el que la fijación se sale del soporte estructural.

Pull-over o fallo por desabotonamiento: modo de fallo en el que la fijación pasa a través del elemento de fijación.

Paquete de cubierta: conjunto de diferentes capas que forman la cubierta desde el soporte estructural hasta el sistema de impermeabilización, incluyendo el sistema de fijación.

Soporte estructural: elemento de construcción que tiene que transferir tanto las cargas permanentes como las variables a los elementos estructurales del edificio.

Sistema de impermeabilización: puesta en obra de una o más capas de láminas flexibles de impermeabilización en su forma aplicada y unida, que tiene ciertas características de rendimiento, que deben ser evaluadas como un todo.

ANEXO I: Rehabilitación. Ensayos de extracción *in situ*

El ensayo de extracción *in situ*, o *pull out test*, nos permite conocer la viabilidad de ejecución de un sistema de impermeabilización de una cubierta deck fijado mecánicamente.

También se trata de una herramienta útil para la toma de decisiones sobre qué tipo de sistema de fijación utilizar, así como qué tipo de fijación es la más ventajosa en cada situación.

En el caso de que se trate de una rehabilitación, donde no sepamos el estado exacto del soporte de la cubierta o bien desconozcamos las propiedades mecánicas de dicho soporte además de útil, es indispensable llevar a cabo este ensayo, para luego elegir una determinada fijación y/o mayor densidad de fijaciones.

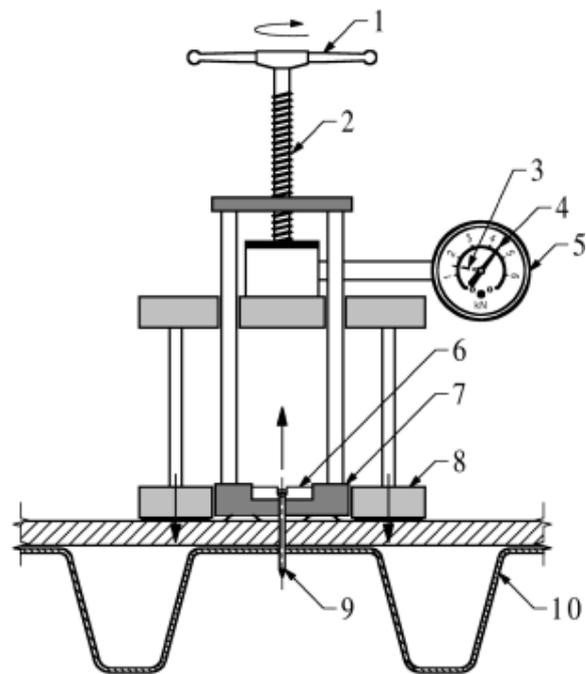
Para la ejecución de dicho ensayo es necesario disponer de las fijaciones que se van a ensayar en la longitud adecuada para realizar la prueba y de las herramientas adecuadas para su instalación, de una máquina de extracciones, similar a la de la imagen esquemática extraída de la TS 17659.

Se recomienda que este tipo de herramientas para la realización de los test de arrancamiento lleve un control de calibración periódico.

El número de ensayos a realizar deberá de ser mayor o igual a 10 y a ser posible, deberán repartirse en distintas zonas de la cubierta.

El procedimiento del ensayo de extracciones básicamente constará de los siguientes pasos:

- Instalación de la fijación conjuntamente con el herraje necesario adecuado al dispositivo o máquina de extracción a utilizar.



- 1.- tension device
- 2.- threaded bar
- 3.- current load needle
- 4.- maximum load needle
- 5.- gauge
- 6.- insert to suit fastener type/size
- 7.- pulling jaw/plate
- 8.- base plate
- 9.- fastener under test
- 10.- structural deck



- Colocación o ajuste de la máquina y puesta a 0 de la misma.



- Incremento de la tensión de manera lenta, constante y gradual hasta llegar al punto de colapso del soporte y/o fijación.



- Registro fotográfico de los resultados.

Una vez realizados los ensayos el tratamiento de los datos debe realizarse:

- 1.- Acorde a lo dispuesto en el anexo D de la norma EN 1990 y TS 17659.

Según se indica en la citada norma el valor característico de extracción (R_k) expresado en K_n sobre un determinado soporte deck será:

$$R_k = (x_m - K_n \cdot s)$$

donde:

x_m es el valor medio de los ensayos de extracción o *pull out test*.

K_n es un coeficiente relacionado con el número de ensayos realizados (K_n será 1.92 en el caso de hacer 10 ensayos y 1,76 en el caso de 20).

S es la desviación estándar acorde a la siguiente fórmula:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_{n,i} - X_m)^2}{n - 1}}$$

siendo en este caso:

$X_{n,i}$ los resultados de los ensayos en K_n , variando i de 1 a n .

x_m el valor medio de los ensayos de extracción o *pull out test*.

Una vez conocido el valor característico, deberemos aplicar el correspondiente coeficiente de seguridad (Y_M) dependiendo del material base sobre el que se hayan realizado los ensayos pertinentes y de este modo conoceremos para ese caso en particular el valor de diseño (R_d) correspondiente a la extracción de esa fijación sobre ese soporte concreto.

$$R_d = \frac{R_k}{Y_M}$$

Siendo Y_M según la TS 17659:

Material of structural deck	Nominal thickness	Characteristics ^a	Y_M
Steel according to EN 10346	$0,50 \leq t < 0,70$ mm	Yield strength ≥ 280 N/mm ²	2,0
	$t \geq 0,70$ mm	Yield strength ≥ 280 N/mm ²	1,8
Aluminium according to EN 485	$t \geq 0,70$ mm	Yield strength ≥ 195 N/mm ²	2,0 ^b
Concrete according to EN 206		Minimum C12/15	2,1 ^c
Light weight according to EN 12602		≥ 500 kg/m ³	3,0 ^b
Wood - soft wood according to EN 338	$t \geq 20$ mm	Minimum C24	1,86 ^d
OSB according to EN 300	$t \geq 18$ mm	Minimum OSB/3	1,86 ^d
Plywood according to EN 636	$t \geq 18$ mm	Minimum service class 2 (EN 1995-1-1) Intended Application = Structural, S	1,86 ^d

^a Recommended for new structural decks

^b This recommended value is based in knowledge/experience

^c This value is based in $Y_{inst} = 1,4$.

^d Y_M is the total safety based on $k_{mod} = 0,7$ according E5.

2.- Acorde a lo dispuesto en el anexo de la antigua ETAG006 donde se dispone que para la obtención del valor admisible el tratamiento de los datos será el siguiente:

$$F_{adm} = X/Y$$

siendo:

F_{adm} el valor admisible o de diseño resultado del ensayo de extracción o *pull out*.

X el valor medio de los ensayos de extracción o *pull out test*.

Y el coeficiente de seguridad, que será igual a:

2.0 para soporte de chapa de acero perfilada,

2.5 para soporte de madera y chapa de aluminio y

3.0 para todo tipo de soportes de hormigón.

ANEXO II: Ejemplos de cálculo de fijaciones en cubierta deck (*)

Se incluyen a continuación cuatro ejemplos de cálculo de la resistencia al viento de varios sistemas de impermeabilización instalados en diferentes edificios y ubicaciones.

Los cálculos se han realizado tanto para lámina asfáltica (1) como sintética, ésta para instalación tradicional en solape (2), inducción (3) e instalación mixta (4). Este último ejemplo incluye los esquemas de replanteo.

	Ej. 1	Ej. 2
Elemento de construcción principal (YQ=1,5)	Asfáltica	Sintética-solape
Ancho (m)	1	2,68 / 1,34 / 0,67
Solape (mm)	100	120
Ubicación	Madrid	Sevilla
Zona de viento	A-26 m/s	A-26 m/s
Grado de rugosidad s/CTE	IV-urb, industr. o forest.	III-Rural accident. o llana
Altura (m)	8	11
Dimensiones de la cubierta plana (m ²)	30x60	50x80
Espesor (mm) chapa perfilada calidad S275 ó S280	0,7	0,7
Paso de greca de lachapa (mm)	250	250
Altura de petos (m)	1	0,5
Cpi	0-hermética	0,2-cerrado
Presión del viento característico QP (KN/m ²)	0,65	1

	Ej. 3	Ej. 4
Elemento de construcción principal (YQ=1,5)	Sintética-inducción	Sintética-mixto
Ancho (m)	3	2,68 / 1,34 / 0,67
Solape (mm)	60	60
Ubicación	Toledo	Bilbao
Zona de viento	A-26 m/s	A-29 m/s
Grado de rugosidad s/CTE	II-Rural llano	I-Borde del mar o lago
Altura (m)	14	12
Dimensiones de la cubierta plana (m ²)	80x90	60x200
Espesor (mm) chapa perfilada calidad S275 ó S280	0,7	0,75
Paso de greca de lachapa (mm)	250	238
Altura de petos (m)	1,2	1,5
Cpi	0,2-cerrado	0,2-cerrado
Presión del viento característico QP (KN/m ²)	1,23	1,59

* Los datos reflejados en estos ejemplos pretenden ilustrar la metodología de cálculo y no se corresponden con proyectos reales.

Ejemplo 1 con sistema de impermeabilización con lámina asfáltica solape

Fijaciones para el aislamiento

Tipo de panel:	Lana de roca
Espesor (mm):	80
Dimensiones (mm):	1.200 x 1.000
Nº de placas (estimado uds.):	1.500
Superficie total (m ²)	1.800
Fijaciones/m ²	0,83
Nº de fijaciones	1.500

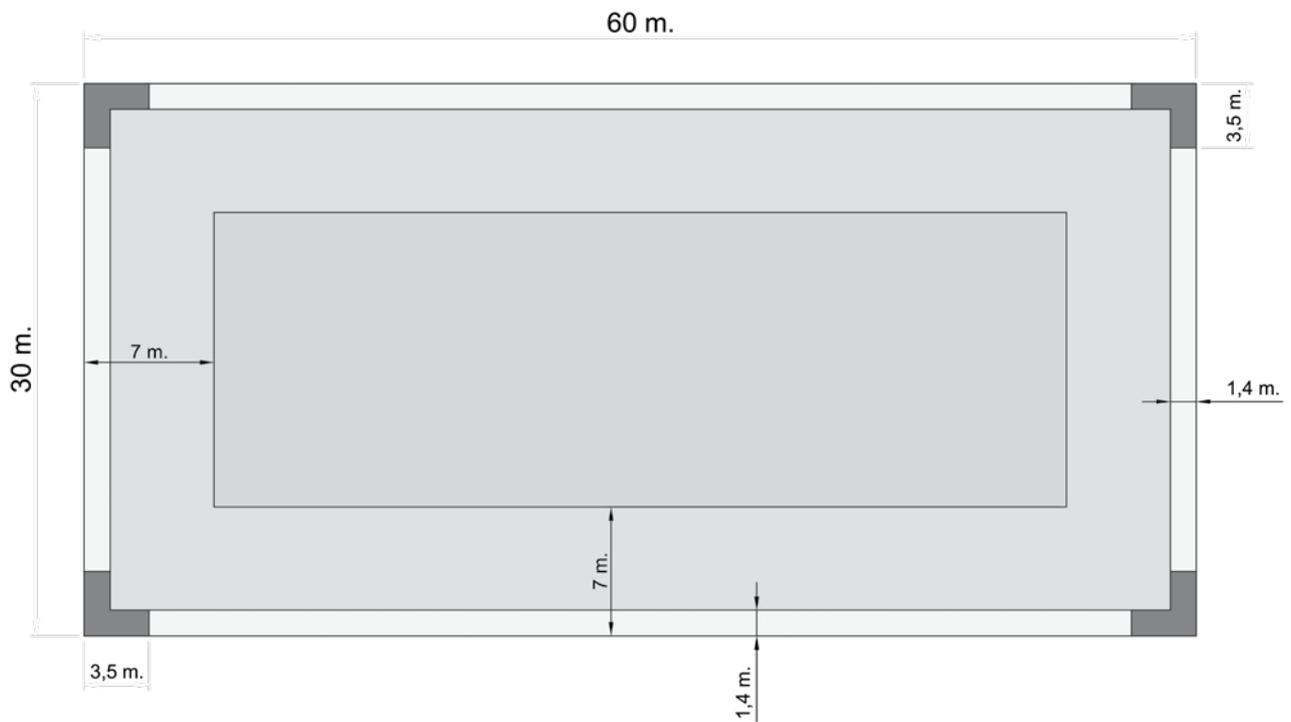
Fijaciones para la membrana

	Ángulo F	Perím G	Central H	Centr. int. I
Anchos de lámina (m)	1	1	1	1
Solape (mm)	100	100	100	100
Paso de greca de la chapa (mm)	250	250	250	250
Superficie total (m ²)	31,36	212,80	819,84	736
Est. superficie membrana (m ²)	35	236	911	818
Carga succión de viento W _{tot} (N/m ²)	1.765,19	1.372,93	1.176,79	196,13
C _{pe}	-1,8	-1,4	-1,2	-0,2
W _{adm} (N/pc)	400	400	400	400
Densidad de fijaciones a colocar (fij/m ²)	4,44	4,44	4,44	4,44
Resistencia de fijaciones instalada (N/m ²)	1.776	1.776	1.776	1.776
Distancia entre líneas de fijación (mm)	900	900	900	900
Distancia entre las fijaciones (mm)	250	250	250	250
Nº de fijaciones (uds.)	140	945	3.640	3.268
Nº de fijaciones totales			7.993	

Fijaciones perimetrales

Perímetro (m):	180
Fijaciones perimetrales (uds.):	720

Plano de la cubierta



Ejemplo 2 con sistema de impermeabilización con lámina sintética solape

Fijaciones para el aislamiento

Tipo de panel:	Pir
Espesor (mm):	60
Dimensiones (mm):	1.200 x 2.500
Nº de placas (estimado uds.):	1.334
Superficie total (m ²)	4.000
Fijaciones/m ²	2
Nº de fijaciones	8.000

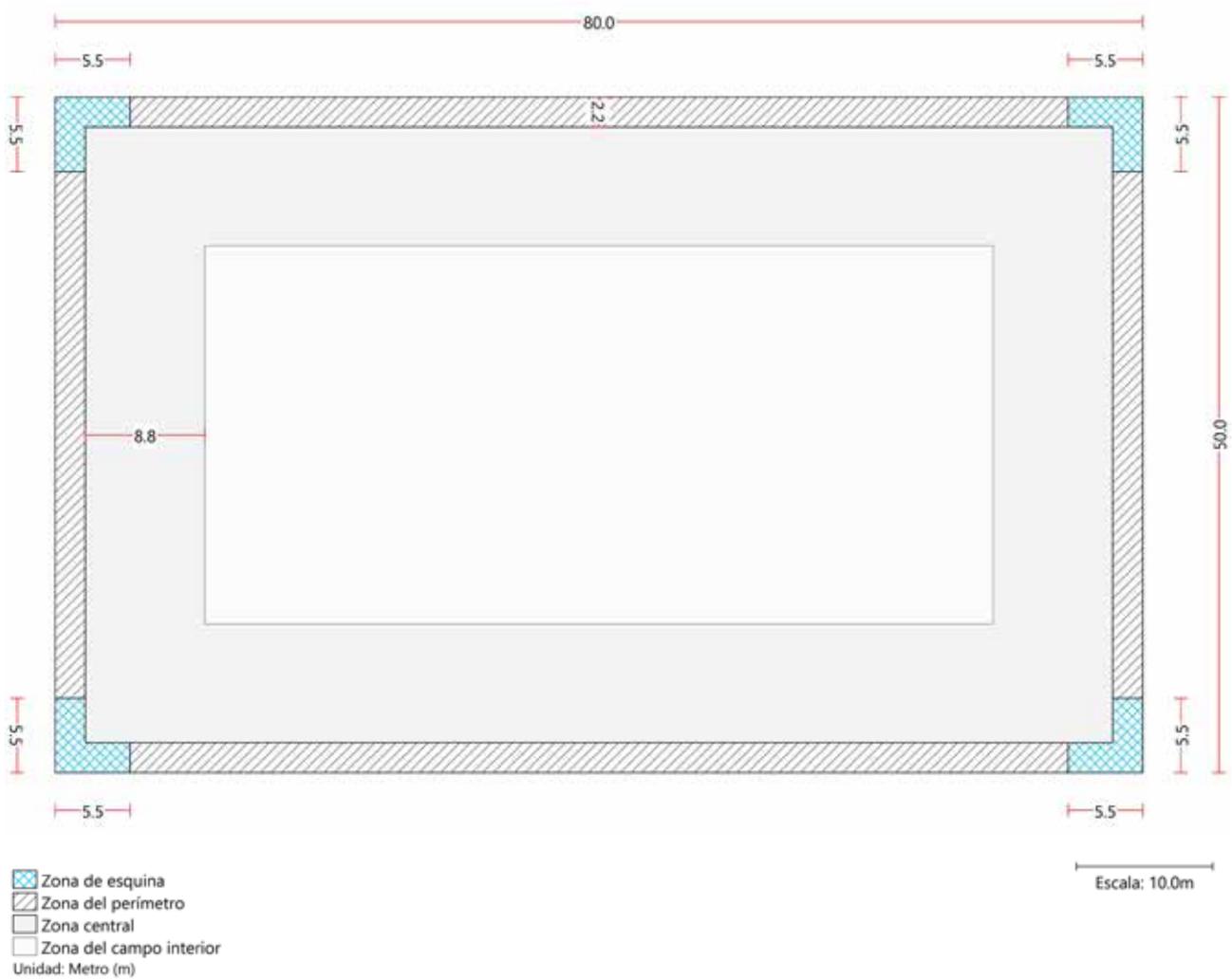
Fijaciones para la membrana

	Ángulo F	Perím G	Central H	Centr. int. I
Anchos de lámina (m)	0,67	0,67	1,34	2,68
Solape (mm)	120	120	120	120
Paso de greca de la chapa (mm)	250	250	250	250
Superficie total (m ²)	77	475	1.823	1.624
Est. superficie membrana (m ²)	91	560	1.987	1.697
Carga succión de viento W _{tot} (N/m ²)	3.350	2.750	2.100	600
C _{pe}	2,04	1,64	1,20	0,20
W _{adm} (N/pc)	660	660	660	660
Densidad de fijaciones a colocar (fij/m ²)	7,27	7,27	3,28	1,56
Resistencia de fijaciones instalada (N/m ²)	4.798	4.798	2.164	1.031
Distancia entre líneas de fijación (mm)	550	550	1.220	2.560
Distancia entre las fijaciones (mm)	250	250	250	250
Nº de fijaciones (uds.)	560	3.456	5.979	2.538
Nº de fijaciones totales			12.533	

Fijaciones perimetrales

Perímetro (m):	260
Fijaciones perimetrales (uds.):	1.040

Plano de la cubierta



Ejemplo 3 con sistema de impermeabilización con lámina sintética inducción

Fijaciones para el aislamiento

Tipo de panel:	Lana de roca
Espesor (mm):	100
Dimensiones (mm):	1.200 x 1.000
Nº de placas (estimado uds.):	5.167
Superficie total (m ²)	6.200
Fijaciones/m ²	0,83
Nº de fijaciones	5.167

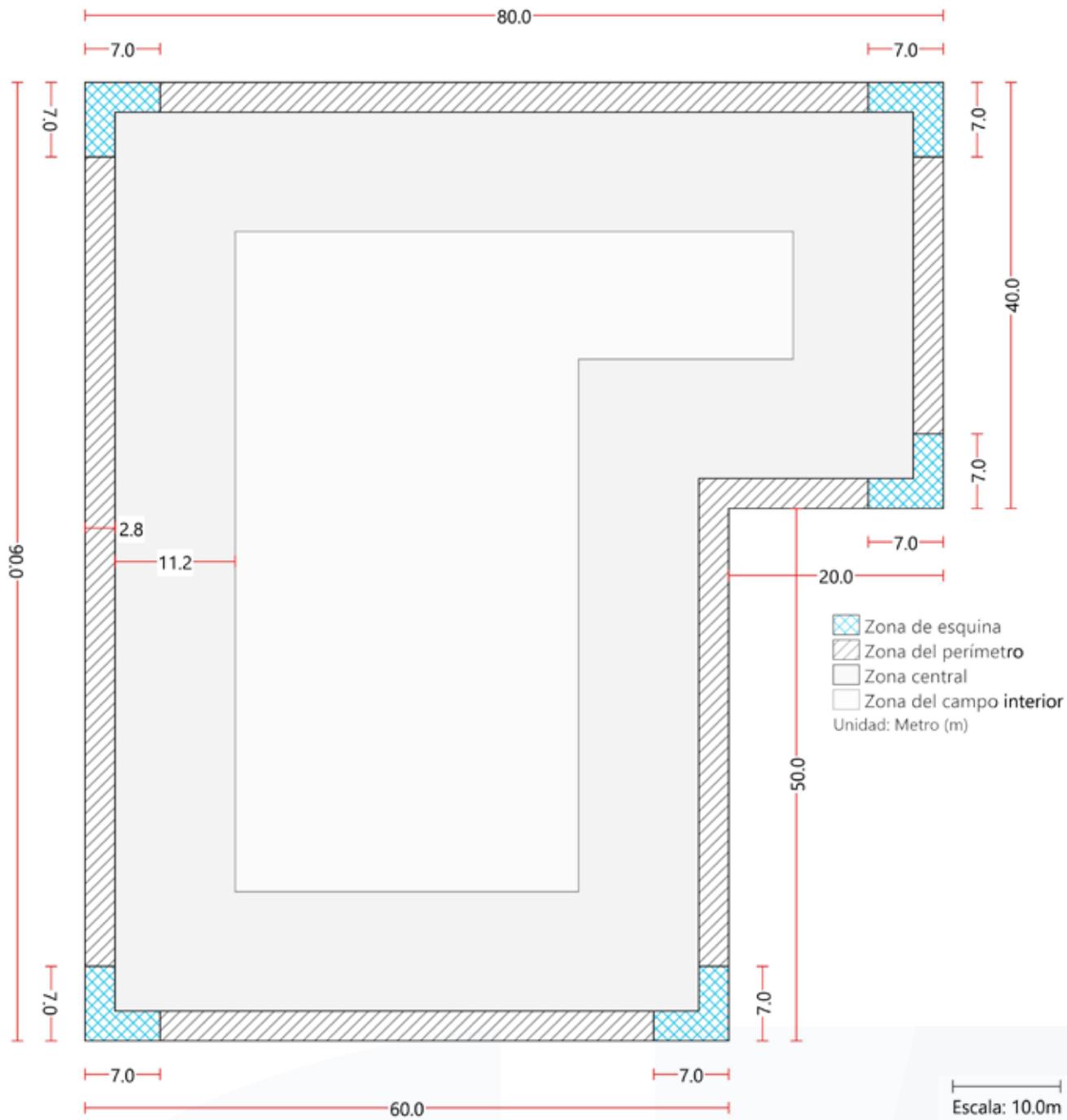
Fijaciones para la membrana

	Ángulo F	Perím G	Central H	Centr. int. I
Anchos de lámina (m)	3	3	3	3
Solape (mm)	60	60	60	60
Paso de greca de la chapa (mm)	250	250	250	250
Superficie total (m ²)	157	764	3.015	2224
Est. superficie membrana (m ²)	161	784	3.137	2.283
Carga succión de viento W _{tot} (N/m ²)	3.800	3,06	2,59	0,74
C _{pe}	-1,86	-1,46	-1,2	-0,2
W _{adm} (N/pc)	800	800	800	800
Densidad de fijaciones a colocar (fij/m ²)	4,75	3,83	3,24	1,00
Resistencia de fijaciones instalada (N/m ²)	3.902,44	3.127,25	2.666,67	1.066,67
Distancia entre líneas de fijación (mm)	420	522	618	1.000
Distancia entre las fijaciones (mm)	500	500	500	1.050
Nº de fijaciones (uds.)	747	2.927	9.889	2.224
Nº de fijaciones totales		15.787		

Fijaciones perimetrales

Perímetro (m):	340
Fijaciones perimetrales (uds.):	680

Plano de la cubierta



Ejemplo 4 con sistema de impermeabilización con lámina sintética mixta

Fijaciones para el aislamiento

Tipo de panel:	PIR
Espesor (mm):	100
Dimensiones (mm):	1.200 x 2.500
Nº de placas (estimado uds.):	4.000
Superficie total (m ²)	12.000
Fijaciones/m ²	2
Nº de fijaciones	24.000

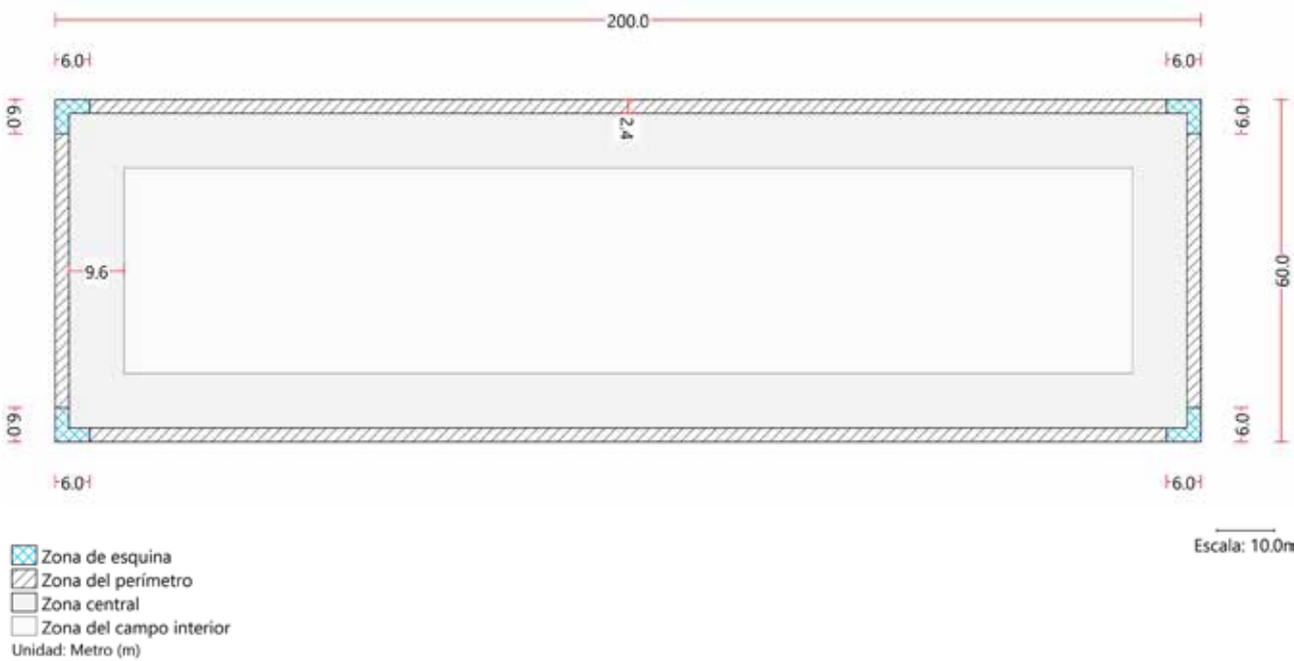
Fijaciones para la membrana

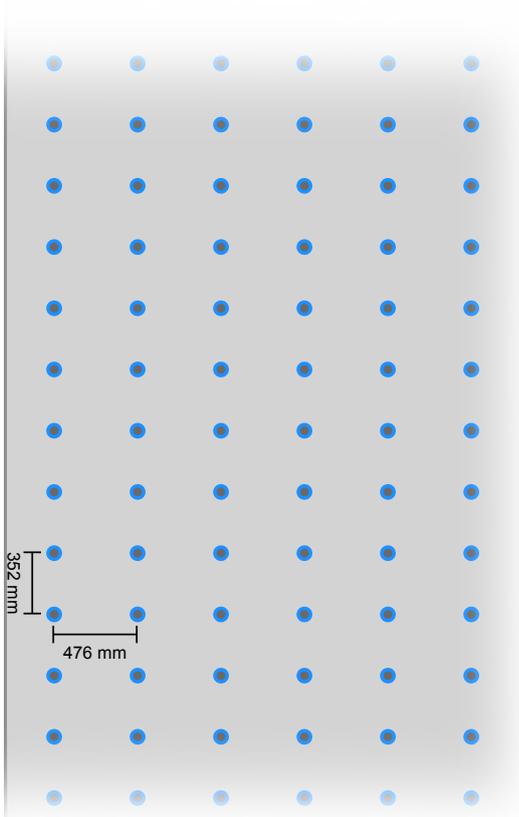
	Ángulo F	Perím G	Central H	Centr. int. I
Anchos de lámina (m)	3	3	3	2,68
Solape (mm)	60	60	60	120
Paso de greca de la chapa (mm)	238	238	238	238
Superficie total (m ²)	92	1.133	4.439	6.336
Est. superficie membrana (m ²)	94	1,156	4.530	6.635
Carga succión de viento W _{tot} (N/m ²)	4.770	3.820	3.340	950
C _{pe}	1,80	1,40	1,20	0,20
W _{adm} (N/pc)	800	800	800	660
Densidad de fijaciones a colocar (fij/m ²)	5,97	4,77	4,18	1,64
Resistencia de fijaciones instalada (N/m ²)	4.776	3.816	3.344	1.083
Distancia entre líneas de fijación (mm)	352	440	503	2.560
Distancia entre las fijaciones (mm)	476	476	476	238
Nº de fijaciones (uds.)	551	5.409	18.541	10.400
Nº de fijaciones totales		34.901		

Fijaciones perimetrales

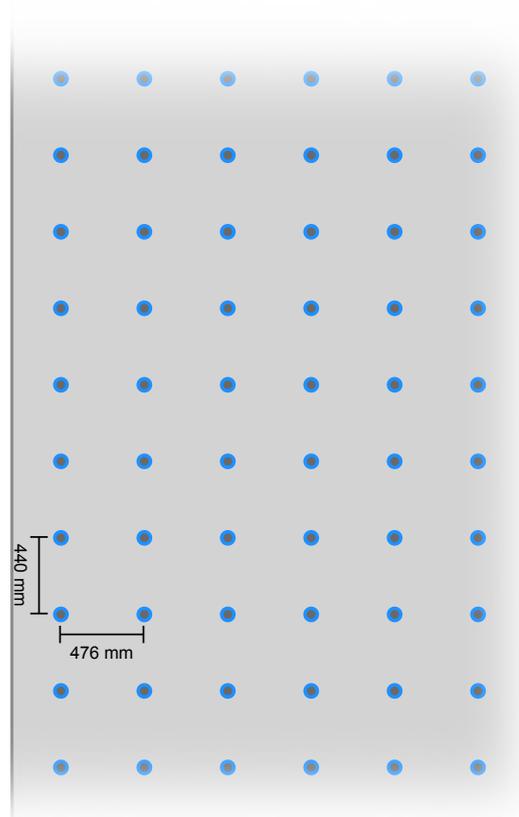
Perímetro (m):	530
Fijaciones perimetrales (uds.):	1.040

Plano de la cubierta

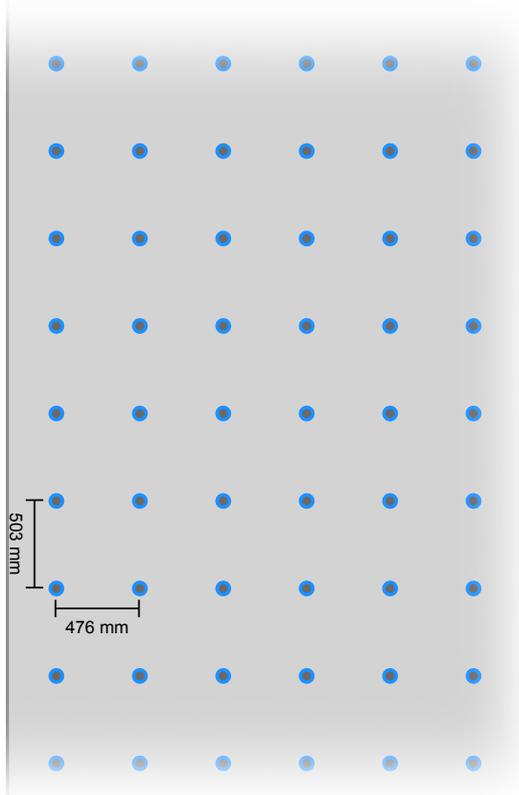




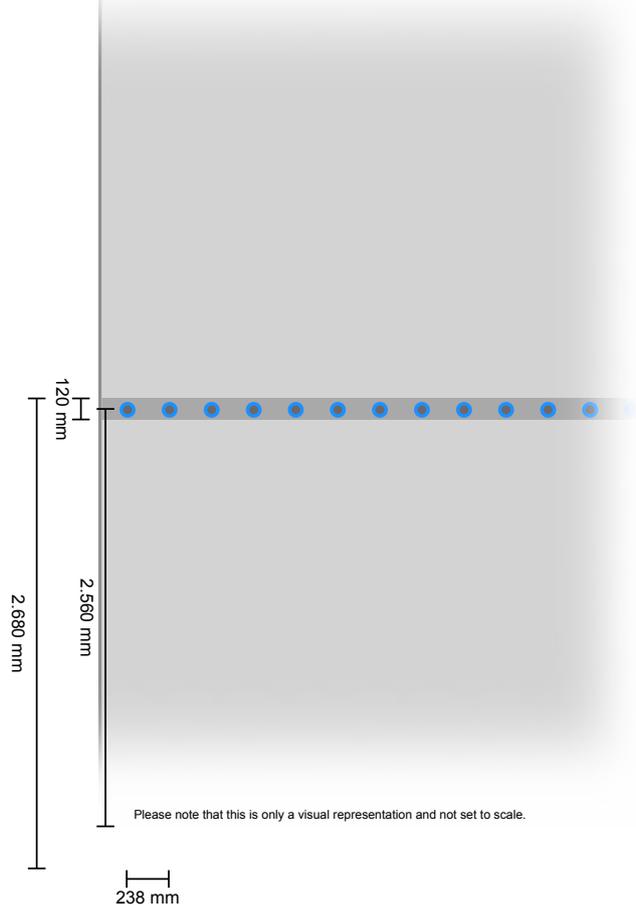
Please note that this is only a visual representation and not set to scale.



Please note that this is only a visual representation and not set to scale.



Please note that this is only a visual representation and not set to scale.



Please note that this is only a visual representation and not set to scale.



© AIFIm, 2022
Asociación Ibérica de Fabricantes
de Impermeabilización

Síguenos en:



Contáctanos en:

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

Asociados



Socios colaboradores



Con el apoyo de

