



AISLAMIENTO TÉRMICO EN CUBIERTAS

EJECUCIÓN Y PUESTA EN OBRA

Universidad Politécnica de Cartagena. Escuela de Arquitectura e Ingeniería de Edificación

José Ramón Pelegrín Fuster

Proyecto Fin de Grado



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA
GRADO EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN
PROYECTO FIN DE GRADO

AISLAMIENTO TÉRMICO EN CUBIERTAS.
EJECUCIÓN Y PUESTA EN OBRA.

Autor: José Ramón Pelegrín Fuster.

Tutor: Pedro Enrique Collado Espejo.

Murcia, Septiembre 2012.



AGRADECIMIENTOS

“Cuando un autor se decide a escribir un libro debe de rodearse de una serie de personas que, permaneciendo en el anonimato, desarrollan una labor de ayuda y colaboración, sin la cual no sería posible la edición del mismo. Por esta razón deseo expresar mi agradecimiento más sincero a todas las personas que han colaborado en la realización de este libro. No me gustaría dejar de agradecer a ninguna su colaboración en mayor o menor grado y como representación doy las gracias a:

A mi familia y a mi novia, por su apoyo incondicional, a mis amigos, a mi tutor D. Pedro Enrique Collado Espejo, y a todas las personas que me han dado la posibilidad de realizar un seguimiento de las obras que han formado parte de este trabajo.”

El Autor



ÍNDICE

0. INTRODUCCIÓN	8
1. ANÁLISIS DEL PROYECTO.	10
1.1. MEMORIA	11
1.2. PRESUPUESTO	15
1.3. PLIEGO DE CONDICIONES	16
1.4. PLANOS.	17
2.-ASPECTOS REGLAMENTARIOS.	19
2.1. COMENTARIOS EN LA NORMA BÁSICA DE LA EDIFICACIÓN NBE-CT79.	19
2.1.1. OBJETO.	19
2.1.2. CAMPO DE APLICACIÓN.	19
2.1.3. CARACTERÍSTICAS EXIGIBLES A LOS MATERIALES EMPLEADOS EN CERRAMIENTOS.	19
2.1.4. CONTROL DE LA RECEPCIÓN DE LOS MATERIALES AISLANTES TÉRMICOS.	19
2.1.5. CONTROL DE LA EJECUCIÓN.	20
2.1.6. PREVENCIÓN DE CONDENSACIONES EN EL INTERIOR DE LOS CERRAMIENTOS.	20
2.1.7. CONDICIONES BÁSICAS EXIGIBLES A LOS MATERIALES EMPLEADOS PARA AISLAMIENTO TÉRMICO.	20
2.1.8. CONTROL, RECEPCIÓN Y ENSAYOS DE MATERIALES AISLANTES	22
2.2. NORMATIVA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.	23
2.2.1. COMPORTAMIENTO FRENTE AL FUEGO DE LOS MATERIALES (ART. 13.2).	24
2.3. LAS CUBIERTAS SEGÚN EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN.	29
2.3.1. CONDICIONES DE LAS SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS.	29
2.3.2. CONDICIONES DE LOS COMPONENTES.	32
2.3.3. CONDICIONES DE LOS PUNTOS SINGULARES.	38
2.3.4. CONDICIONES DE LOS ELEMENTOS DE LAS CUBIERTAS PARA LA EJECUCIÓN.	47
3. NORMAS DE REFERENCIA.	49
4. MATERIALES AISLANTES TÉRMICOS	52
4.1. POLIESTIRENO EXTRUÍDO (XPS).	52
4.1.1. DEFINICIONES Y FORMAS HABITUALES DE SUMINISTRO	52
4.1.2. PROPIEDADES.	52
4.1.3. PRESENTACIÓN DEL AISLANTE DE ESPUMA DE POLIESTIRENO EXTRUIDO EN CUBIERTAS.	53
4.1.4. REQUISITOS (S/ NORMA UNE-EN 13164).	54
4.1.5. MÉTODOS DE ENSAYO (S/ NORMA UNE-EN 13164).	57
4.1.6. CÓDIGO DE DESIGNACIÓN (S/ NORMA UNE-EN 13164).	60
4.1.7. EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD.	60
4.1.8. MARCADO Y ETIQUETADO.	61
4.1.9. MARCADO CE Y ETIQUETADO.	61
4.1.10. ALMACENAMIENTO DEL MATERIAL.	62
4.1.11. PRECAUCIONES DE USO CON PLANCHAS DE POLIESTIRENO EXTRUIDO (XPS).	62
4.1.12. APLICACIONES PRINCIPALES.	63
4.2. POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS).	63
4.2.1. DEFINICIONES Y FORMAS HABITUALES DE SUMINISTRO.	63
4.2.2. REQUISITOS (S/ NORMA UNE-EN 13163).	64
4.2.3. MÉTODOS DE ENSAYO (S/ NORMA UNE-EN 13163).	67
4.2.4. CÓDIGO DE DESIGNACIÓN (S/ NORMA UNE-EN 13163).	70
4.2.5. EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD.	70
4.2.6. MARCADO Y ETIQUETADO.	71
4.2.7. MARCADO CE Y ETIQUETADO.	72
4.2.8. CLASIFICACIÓN DE PRODUCTOS.	72



4.2.9. ALMACENAMIENTO DEL MATERIAL	73
4.2.10. APLICACIONES EN CUBIERTAS.	73
4.2.11. PRECAUCIONES.	74
4.3. LANAS MINERALES (MW).	74
4.3.1. DEFINICIONES. PRESENTACIÓN.	74
4.3.2. DEFINICIONES ADICIONALES.	75
4.3.3. REQUISITOS (S/ NORMA UNE-EN 13162).	75
4.3.4. MÉTODOS DE ENSAYO (S/ NORMA UNE-EN 13162).	79
4.3.5. CÓDIGO DE DESIGNACIÓN (S/ NORMA UNE-EN 13162).	81
4.3.6. EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD.	81
4.3.7. MARCADO Y ETIQUETADO.	82
4.3.8. MARCADO CE Y ETIQUETADO.	83
4.3.9. ALMACENAMIENTO DEL MATERIAL.	83
4.3.10. APLICACIONES PRINCIPALES.	84
4.4. ESPUMA DE POLIURETANO PRODUCIDA IN SITU POR PROYECCIÓN (PUR).	84
4.4.1. DEFINICIONES.	84
4.4.2. PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA ESPUMA.	84
4.4.3. PROPIEDADES DE LA ESPUMA DE POLIURETANO.	85
4.4.4. ESPECIFICACIONES, MÉTODOS DE ENSAYO, VERIFICACIONES, CONTROL DE LAS ESPUMAS, PREPARACIÓN DE LAS PROBETAS Y DECLARACIÓN DEL INSTALADOR (S/ UNE 92120-2:1998).	86
4.4.5. PRECAUCIONES.	90
4.4.6. FORMA DE SUMINISTRO, MARCADO, ETIQUETADO E INFORMACIÓN TÉCNICA.	91
4.4.7. ALMACENAMIENTO.	92
4.4.8. MARCADO CE Y CERTIFICACIÓN.	93
4.4.9. APLICACIONES	94
4.5. PRODUCTOS MANUFACTURADOS DE ESPUMA RÍGIDA DE POLIURETANO (PUR).	94
4.5.1. DEFINICIONES. PRESENTACIÓN.	94
4.5.2. DEFINICIONES ADICIONALES.	94
4.5.3. REQUISITOS (S/ NORMA UNE-EN 13165).	95
4.5.4. MÉTODOS DE ENSAYO (S/ NORMA UNE-EN 13165).	99
4.5.5. CÓDIGO DE DESIGNACIÓN (S/ NORMA UNE-EN 13165).	101
4.5.6. EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD.	101
4.5.7. MARCADO Y ETIQUETADO.	102
4.5.8. MARCADO CE Y ETIQUETADO.	103
4.6. PANELES SANDWICH (CUBIERTAS INDUSTRIALES).	103
4.6.1. PRESENTACIÓN	103
4.6.2. MOVIMIENTO Y ALMACENAJE DE LOS PAQUETES.	104
4.6.3. TIPOS DE JUNTA EN PANELES SANDWICH DE POLIURETANO.	106
4.6.4. PARTES DE UN PANEL SANDWICH.	106
4.6.5. UNIÓN ENTRE CHAPA Y AISLANTE	106
4.6.6. GRECADO DE LAS CHAPAS.	107
5. EJECUCIÓN Y PUESTA EN OBRA.	108
5.1. POLIESTIRENO EXTRUIDO.	108
5.1.1. PREPARACIÓN DE LA BASE O SOPORTE.	108
5.2. POLIESTIRENO EXPANDIDO.	129
5.2.1. PREPARACIÓN DE LA BASE O SOPORTE.	129
5.2.2. OPCIONES HABITUALES.	129
5.3. LANA DE VIDRIO	139
5.3.1. PREPARACIÓN DE LA BASE O SOPORTE.	139
5.4. LANA DE ROCA.	146



5.4.1. PREPARACIÓN DE LA BASE O SOPORTE.	146
5.4.2. OPCIONES HABITUALES.	146
5.5. PANELES TIPO SANDWICH EN CUBIERTA INDUSTRIAL.	150
5.5.1. PREPARACIÓN DE LA BASE O SOPORTE.	150
5.5.2. MONTAJE DE CUBIERTA INDUSTRIAL.	150
5.5.3. HERRAMIENTAS PARA EL MONTAJE.	154
5.5.4. RETIRO DE DESECHOS.	155
5.6. ESPUMA DE POLIURETANO.	156
5.6.1. PREPARACIÓN DE LA BASE O SOPORTE.	156
5.6.2. OPCIONES HABITUALES.	156
5.6.3. EL EQUIPO.	163
5.6.4. PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA ESPUMA.	164
5.6.5. FORMA DE APLICACIÓN.	164
5.6.6. PROBLEMAS DURANTE LA APLICACIÓN.	165
6. CONTROL DE RECEPCIÓN EN OBRA DE PRODUCTOS, EQUIPOS Y SISTEMAS SEGÚN EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CTE).	166
6.1. CONTROL DE LA DOCUMENTACIÓN DE LOS SUMINISTROS.	166
6.2. CONTROL DE RECEPCIÓN MEDIANTE DISTINTIVOS DE CALIDAD Y EVALUACIONES DE IDONEIDAD TÉCNICA (DIT ó DAU).	167
6.3. CONTROL DE RECEPCIÓN MEDIANTE ENSAYOS.	167
6.4. CONTROL DE RECEPCIÓN DE MATERIALES CON ESPECIFICACIONES DE LOS DOCUMENTOS BÁSICOS DEL CTE.	168
6.5. DOCUMENTO PARA LA PLANIFICACIÓN DEL CONTROL DE RECEPCIÓN DE MATERIALES.	169
6.6. DOCUMENTACIÓN DEL CONTROL DE RECEPCIÓN DE MATERIALES.	170
6.6.1. DISTRIBUCIÓN DE LOTES PARA RECEPCIÓN DE MATERIALES.	170
6.6.2. PARTES DE CONTROL DE RECEPCIÓN DE MATERIALES.	171
6.6.3. JUSTIFICACIÓN DE NO CONFORMIDAD/ RECHAZO.	171
7. CONTROL DE EJECUCIÓN DE LA OBRA.	173
7.1. SEGÚN LA NORMA NTE-CUBIERTAS.	173
7.1.1. AZOTEAS NO TRANSITABLES.	173
7.1.2. AZOTEAS TRANSITABLES.	173
7.1.3. TEJADOS DE FIBROCEMENTO.	174
7.1.4. TEJADOS GALVANIZADOS.	174
7.1.5. TEJADOS DE TEJAS.	174
7.2. SEGÚN EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CTE).	175
7.2.1. GENERALIDADES.	175
7.2.2. DOCUMENTACIÓN DEL CONTROL DE EJECUCIÓN.	176
7.3. CONTROL DE LA EJECUCIÓN DEL AISLAMIENTO EN CUBIERTAS SEGÚN TIPO DE AISLANTE EMPLEADO.	178
7.3.1. POLIESTIRENO EXTRUIDO (XPS).	178
7.3.2. POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS).	181
7.3.3. LANAS MINERALES (MW).	181
7.3.4. PANELES TIPO SANDWICH.	184
7.3.5. ESPUMA DE POLIURETANO.	184
8. CONTROL DE OBRA TERMINADA DE CUBIERTAS.	186
8.1. SEGÚN EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CTE).	186
8.2. SEGÚN LAS NORMAS TECNOLÓGICAS DE LA EDIFICACIÓN (NTE).	186
8.2.1. CUBIERTAS PLANAS NO TRANSITABLES (NTE-QAN, CUBIERTAS- AZOTEAS NO TRANSITABLES).	186



8.2.2. CUBIERTAS PLANAS TRANSITABLES (NTE-QAT, CUBIERTAS- AZOTEAS TRANSITABLES).	187
8.2.3. CUBIERTAS INCLINADAS CON TEJA (NTE-QTT, CUBIERTAS- TEJADOS DE TEJA).	187
9. CONDICIONES DE SEGURIDAD EN LA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.	188
9.1. CUBIERTAS INCLINADAS.	188
9.2. CUBIERTAS PLANAS.	190
9.3. POLIURETANO PROYECTADO.	191
9.4. LANAS MINERALES.	191
9.5. PANELES SÁNDWICH.	192
10. CRITERIOS PRESUPUESTARIOS.	193
10.1. AZOTEAS NO TRANSITABLES.	193
10.1.1. CRITERIO DE MEDICIÓN.	193
10.1.2. CRITERIO DE VALORACIÓN.	193
10.1.3. ESPECIFICACIONES.	193
10.2. AZOTEAS TRANSITABLES.	194
10.2.1. CRITERIO DE MEDICIÓN.	194
10.2.2. CRITERIO DE VALORACIÓN.	194
10.2.3. ESPECIFICACIONES.	195
10.3. TEJADOS DE FIBROCEMENTO.	195
10.3.1. CRITERIO DE MEDICIÓN.	195
10.3.2. CRITERIO DE VALORACIÓN.	195
10.3.3. ESPECIFICACIONES.	196
10.4. TEJADOS GALVANIZADOS.	196
10.4.1. CRITERIO DE MEDICIÓN.	196
10.4.2. CRITERIO DE VALORACIÓN.	196
10.4.3. ESPECIFICACIONES.	196
11. ASPECTOS VARIOS DE INTERÉS.	197
11.1. REQUISITOS DE UN AISLANTE TÉRMICO PARA CUBIERTA INCLINADA (BAJO TEJA).	197
11.2. REQUISITOS DE UN AISLANTE TÉRMICO PARA CUBIERTA INVERTIDA.	198
11.3. REQUISITOS DE UN AISLANTE TÉRMICO PARA TECHOS DE NAVES AGROPECUARIAS.	198
11.4. CONTROL DE LAS CONDENSACIONES EN CUBIERTAS INCLINADAS.	199
11.5. IMPERMEABILIZACIÓN EN CUBIERTAS INCLINADAS.	201
11.6. IMPERMEABILIZACIÓN EN CUBIERTAS PLANAS.	202
11.7. CONTROL DE LAS CONDENSACIONES EN CUBIERTAS PLANAS.	202
11.8. IMPORTANCIA DE LA POSICIÓN DEL AISLAMIENTO TÉRMICO EN LA CUBIERTA INCLINADA.	203
11.9. EL PASO DE LA CUBIERTA PLANA TRADICIONAL A LA CUBIERTA PLANA INVERTIDA.	203
11.10. AISLAMIENTO TÉRMICO DE NAVES AGROPECUARIAS.	205
12. ANÁLISIS DE LAS PATOLOGÍAS MÁS USUALES EN CUBIERTAS REFERENTES AL AISLAMIENTO TÉRMICO.	206
12.1. LESIONES DEBIDAS A LA HUMEDAD, A CAUSA DE ESTAR MOJADO EL AISLAMIENTO TÉRMICO DE UNA CUBIERTA AISLANTE.	206
12.2. ROTURA DE LA LÁMINA EXTERIOR DE LA CUBIERTA.	206
12.3. LESIONES EN LA CAPA DE COBERTURA POR LA CONTRACCIÓN DE LAS PLACAS DE ESPUMA DE PLÁSTICO.	207
12.4. LESIONES EN LAS CUBIERTAS CUANDO SE UTILIZAN PERFILES DE CHAPA DE ACERO CON AISLAMIENTO DE ESPUMA.	208



12.5. MANCHAS DE HUMEDAD EN EL INTRADÓS DE UN FORJADO DE CUBIERTA PLANA CON BARRERA DE HORMIGÓN.	208
13. MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN EN CUBIERTAS.	209
13.1. DOCUMENTO BÁSICO HS SALUBRIDAD DEL CTE.	209
13.1.1. EXIGENCIA BÁSICA HS 1: PROTECCIÓN FRENTE A LA HUMEDAD.	209
13.1.2. EXIGENCIA BÁSICA HS 5: EVACUACIÓN DE AGUAS.	212
13.2. PLAN DE MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN.	214
13.3. MANTENIMIENTO RELATIVO A LOS PANELES SANDWICH (PUR).	215
14. CONCLUSIONES.	218
15. BIBLIOGRAFÍA.	220
ANEXO 1. DOCUMENTACIÓN PARA EL CONTROL DE RECEPCIÓN DE MATERIALES.	222
ANEXO 2. DOCUMENTACIÓN PARA EL CONTROL DE EJECUCIÓN.	241
ANEXO 3. DOCUMENTACIÓN PARA EL CONTROL DE OBRA TERMINADA.	251
ANEXO 4. FOTOS DE CUBIERTAS INDUSTRIALES EJECUTADAS CON PANEL SANDWICH.	253
ANEXO 5. DETALLES CONSTRUCTIVOS.	260



0. INTRODUCCIÓN

Hoy en día las personas demandan cada vez más un aislamiento térmico para las viviendas, como mejora y para conseguir unas adecuadas condiciones de confort, y es evidente que la cubierta es una de las zonas de la vivienda que está sometida a fuertes cambios climatológicos (altas variaciones de temperatura), por ello el Director de la Ejecución Material de la Obra y el resto de agentes que intervienen en el proceso de la edificación deben concienciarse en que tienen un compromiso con ellas y aportar su granito de arena.

En este trabajo se va exponer cuales son los aspectos más importantes que debe conocer el Director de Ejecución Material de la Obra sobre el empleo de los aislantes térmicos en cubiertas. No se van a tratar todos los aislantes que hay en el mercado pero si los más habituales hoy en día (poliestireno extruido, poliestireno expandido, lana de vidrio, lana de roca, espuma de poliuretano y paneles sándwich para uso industrial).

Por ello un trabajo de esta clase debe constar de los siguientes apartados:

-Análisis del proyecto: el Director de la Ejecución Material de la Obra como usuario del Proyecto, debe sacar toda la información útil posible del mismo, y tiene que saber todo lo que contiene y en que apartados, para acudir a ellos con soltura. Si éste echa en falta alguna información del mismo deberá en su caso reclamarla al Proyectista.

-Aspectos reglamentarios: debe conocer cuáles son las normas de carácter obligatorio que hacen referencia al aislamiento térmico para cubiertas, y obtener de ellas las informaciones que le sean de interés, porque tiene responsabilidad como uno de los agentes intervinientes en la obra.

-Normas de referencia: es conveniente que tenga una lista de normas de referencia sobre los aislantes térmicos ya sea como materiales, o aspectos relacionables con ellos como especificaciones o ensayos, y obtener de las mismas unas conclusiones o síntesis más importantes.

-Preparación de la base o soporte: cada material aislante debe aplicarse correctamente sobre la base en la que se va a apoyar o proyectar. Pero muchas veces no se obtienen buenos resultados porque la base o soporte tiene que tener unas condiciones específicas, tales condiciones debe conocerlas el Director de la Ejecución Material de la Obra.

-Materiales componentes: para realizar una buena ejecución, deben conocerse a fondo todos los aspectos relacionados con los aislantes térmicos, y el Director de la Ejecución Material de la Obra, tiene que asegurarse de que los materiales que se van a aplicar son los idóneos para la solución prevista en el Proyecto. Para ello tendrá que realizar un control de recepción de los mismos con arreglo a unos criterios.



-Ejecución y puesta en obra: el Director de la Ejecución Material de la Obra, debe conocer como se colocan o ejecutan los materiales aislantes térmicos. Para ello se exponen en el trabajo las diferentes soluciones para cada tipo de material.

-Control de la ejecución: el Director de la Ejecución Material de la Obra tiene que dar el visto bueno a la ejecución de los trabajos, por lo que debe realizar una serie de controles o comprobaciones durante la ejecución. De ahí la finalidad de este apartado.

-Condiciones de seguridad: en este apartado se van a exponer, cuales son los riesgos más habituales a los que quedan sometidos los trabajadores durante estos trabajos, cuales son las medidas preventivas a tomar en la obra (organizativas y de protección colectiva), y cuáles son las protecciones personales que deben llevar los trabajadores durante la realización de los mismos.

-Criterios presupuestarios: en este punto se establecen los criterios de medición y valoración más habituales para los aislantes térmicos dentro de un presupuesto.

-Anexos: en esta parte del proyecto se acompañan documentos relativos al control de recepción de materiales, control de ejecución, control de la obra terminada, fotografías de visitas de obra, detalles constructivos, etc., que complementan este proyecto fin de grado.



1. ANÁLISIS DEL PROYECTO.

El Director de la Ejecución Material de la Obra, en el momento de estudiar, a la vista de un proyecto, la ejecución de una cubierta aislada térmicamente, puede encontrarse con diferentes soluciones. En unos casos se tratará de soluciones estándar, y en otras menos, de soluciones novedosas. En cualquiera de estos casos, deberá estar en disposición de planificar la ejecución de la misma, y en este sentido, ha de contar con las herramientas más completas, las cuales voy a tratar a continuación.

Lo primero que debe obtener el Director de la Ejecución Material de la Obra de dicho proyecto, es la tipología de la cubierta que se quiere ejecutar. Una vez que conozca el tipo de cubierta, debe tener tantos detalles constructivos como sean necesarios para su definición, y a la vez le permitan interpretar correctamente las soluciones a adoptar.

Aparte, debe conocer las características necesarias que definan a todos los materiales componentes de la cubierta, y en este caso al material aislante, que quedará definido siempre y cuando cumpla con lo que dicen las normas UNE correspondientes y el Código Técnico de la Edificación (CTE).

Con el ánimo de que el Director de la Ejecución Material de la Obra disponga de suficientes detalles constructivos sobre el aislamiento térmico en cubiertas, voy a recopilar un gran número de ellos en el **Anexo 5** de este Proyecto Fin de Grado, ya sea en soporte informático o en papel.

**Todos estos datos que deben estar especificados en el Proyecto de Ejecución, han de ser reclamados al Proyectista, o al Director de Obra en su defecto.*

La ejecución de un aislamiento térmico en una cubierta, puede formar parte de rehabilitaciones, o formar parte de proyectos de viviendas, incluso grandes edificios, en los que se tratan un gran número de unidades de obra (estructura, revestimientos, etc.).

En cualquier caso, el Proyecto debe definir todas las unidades de obra del edificio, y tratarlas estableciendo su costo y combinación. Además de establecer el marco de relación, derechos y obligaciones de los intervinientes, y especificar las diferentes normativas a las que han de someterse.

El resultado de una obra depende de muchos factores, pero básicamente de tres: Proyecto, Dirección Técnica y Constructor. Las indefiniciones del Proyecto, la escasa formación o atención de la Dirección Técnica, o el Constructor sin oficio, pueden llevar incluso individualmente a un resultado mediocre de la obra.

Se pretende por tanto, todas las especificaciones de las que debe ir acompañado un Proyecto, para la correcta definición del aislamiento de una cubierta a ejecutar. Para ello, se va a indicar en cuanto a los apartados del Proyecto, como debe estar definido el aislamiento térmico, para la correcta identificación de la solución adoptada.



Apartados del Proyecto de Ejecución. Especificaciones sobre el aislamiento térmico en una cubierta.

1.1. MEMORIA

La **memoria** de un Proyecto, tiene por objeto la exposición y el razonamiento del Proyecto realizado, así como la descripción de los sistemas de ejecución de las obras, y de la calidad que deben reunir los materiales a emplear.

La memoria se divide a su vez en memoria para el **Proyecto Básico** y para el **Proyecto de Ejecución**.

La memoria para el Proyecto Básico, incorpora como información de interés para la ejecución de un aislamiento en una cubierta, la correspondiente al cálculo de superficies útiles de cada elemento componente de las viviendas, así como las construidas. También se suele colocar en este documento en último lugar, y aunque se haga referencia en otro apartado, la expresión escueta del alcance global del precio estimado de las obras, es decir, el **presupuesto**.

La memoria para el Proyecto de Ejecución, comprende una memoria constructiva, donde se explica entre otros, el sistema de edificación que se seguirá en las obras para la ejecución de aislamientos térmicos en cubiertas, y en la que se hace referencia ordenada a todos los capítulos que intervienen en la construcción, indicando por tanto cuando corresponderá (entre que capítulos o unidades de obra) la elaboración de los aislamientos. Debe venir indicados los tamaños y calidades de los materiales; tales como planchas de XPS, baldosas aislantes de XPS, placas o bovedillas de EPS, paneles o mantas de lanas minerales, espuma de poliuretano, paneles sándwich, etc. Todo ello sin perjuicio de la más extensa explicación que de ellos se debe dar en el **pliego de condiciones**.

Tras recopilar la información relativa a los diferentes aislantes de varias de las marcas comerciales más empleadas en nuestro país, acompaño cuadros resumen, dónde se describen por material y uso en cubiertas, cuáles son sus características más fundamentales.



POLIESTIRENO EXTRUIDO (XPS).

Tabla 1.1.
Resumen características productos XPS, según tipo de cubierta y material¹

Tipo de cubierta	Material	Características
Cubierta plana	Planchas de XPS (cubierta plana invertida)	Tipos de junta: a media madera. Dimensiones habituales: 1250 x 600 x 30,40,50,60,80 mm. Superficie: lisa con piel.
	Baldosas aislantes de XPS (cubierta invertida ligera)	Tipos de junta: machihembrada/ recta. Dimensiones más habituales: 1200 x 600 x (50+10 de mortero) mm. Superficie: con mortero.
Cubierta inclinada	Planchas de XPS (cubierta inclinada bajo teja)	Tipos de junta: a media madera Dimensiones más habituales: 1250/2000 x 600 x 30,35,40,50,60 mm. Superficie: lisa, acanalada.
Especificaciones: densidad mínima, conductividad térmica, resistencia mínima a compresión, resistencia térmica a compresión para fluencia máxima 2%, capilaridad, absorción de agua por inmersión a largo plazo, absorción de agua por difusión a largo plazo, absorción de agua por ciclos hielo-deshielo, factor μ de resistividad a la difusión del vapor de agua, reacción al fuego, temperatura máxima de servicio, coeficiente de dilatación térmica, y resistencia térmica declarada.		

¹ Tabla confeccionada con información extraída de las páginas <http://www.texsa.com>, <http://www.knaufinsulation.es>, y <http://portal.danosa.com>

**POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS).**

Tabla 1.2.
Resumen características productos EPS, según tipo de cubierta y material¹

Tipo de cubierta	Material	Características
Cubierta plana	Planchas de EPS	Tipos de junta: a tope, machihembrado, o media madera Superficie: lisa (normalmente). Dimensiones (var.): Ancho 60 mm. Largo 100/200 mm. Espesor 30-50 mm.
	Rollos de EPS con posibilidad de impermeabilización incorporada	Superficie: lisa (normalmente) con la impermeabilización en su caso por debajo. Dimensiones: variables según casa.
Cubierta inclinada	Placas de EPS	Tipos de junta: machihembrado, o con media madera. Superficie: normalmente rugosa (i/ grecado). Dimensiones (var.): Ancho 60 mm. Largo 100/200 mm. Espesor 30-50 mm.
	Bovedillas macizas mecanizadas de EPS	Superficie: ranurada Dimens.: ancho 620 mm. largo 1.000 mm. canto 170, 200, 220, 250 mm.
	Bovedillas huecas moldeadas	Superficie: ranurada Dimensiones: ancho 620 mm. largo 250 mm. canto 220, 250 mm.
	Casetones macizos mecanizados	Superficie: lisa/ ranurada Dimensiones: ancho 700/ 800 mm. largo 700/ 800 mm. canto 200/ 250/ 300 mm.
	Tapas para bovedillas	Dimens.: ancho 610 mm. altura 170, 200, 220, 250 mm. espesor 10, 15, 20 mm.
Especificaciones: tipo, reacción al fuego, absorción de agua, densidad mínima, resistencia a la compresión mínima, conductividad térmica máxima a 90 días, factor de resistencia a la difusión del vapor de agua, etc.		

* Es habitual la aplicación de un tratamiento hidrófugo a las planchas de EPS para su aplicación en cubiertas.

¹ Tabla confeccionada con información extraída de las páginas www.grupovalero.com, y www.sundolitt.es



LANA DE ROCA.

Tabla 1.3.
Resumen características productos de lana de roca, según tipo de cubierta y material¹

Cubiertas	Panel con terminación de lana de roca	Dimensiones: 1.200x1.000x40,50,60 mm.
	Panel con terminación de oxiasfalto	Dimensiones: 1.200x1.000x40,50,60 mm.
	Mantas	Dimensiones: largo 2'50,3'00,4'00,6'00 y 8'00 m.
	Coquillas	Acabado: sin revestir. Dimensiones: Diámetro int.: 15-273 mm. Espesor: 20-100 mm. Longitud: variable.
Falsos techos	Paneles o placas	Dimensiones: 1200x1200x40,50 mm. 1200x600x40,50 mm.
Especificaciones: Tipo, resistencia y conductividad térmica, resistencia a la compresión, resistencia a la difusión del vapor de agua material absorbente, absorción agua a corto/ largo plazo material absorbente, reacción al fuego, densidad nominal, aislamiento acústico a ruido aéreo, etc.		

LANA DE VIDRIO .

Tabla 1.4.
Resumen características productos de lana de vidrio, según tipo de cubierta y material²

Cubiertas	Manta fieltro/ papel	Dimensiones: largo 10, 11 m. ancho 1'20 m. espesor 80 mm.
	Coquillas	Dimensiones: espesor 21-219 mm. diámetro 25-50 mm. longitud 1,20 mm.
	Panel fieltro/ papel	Dimensiones: largo 1,35 m. ancho 0'60 m. espesor 50, 60 mm.
Especificaciones: Tipo, reacción al fuego, temperatura límite de empleo, conductividad térmica, resistencia térmica, resistencia al vapor de agua, etc.		

¹ Tabla confeccionada con información extraída de las páginas <http://portal.danosa.com/danosa/>, <http://www.knaufinsulation.es>, y <http://www.isover.es>

² Tabla confeccionada con información extraída de las páginas www.sundolitt.es, y www.isover.es



1.2. PRESUPUESTO

El presupuesto es el documento que establece el alcance económico de la obra, y fija de antemano la cuantía de la misma, siempre que no sufra modificaciones respecto al Proyecto o se produzcan variaciones en los factores influyentes.

Este documento enumera exhaustivamente cada uno de los trabajos a realizar, en forma de partidas, cuantifica la cantidad de cada una de ellas en las mediciones, y les pone precios, individualmente, por capítulos, y en total en los presupuestos.

Por lo tanto, los aislantes térmicos son un componente más dentro de partidas concretas en un capítulo como puede ser el de "albañilería". El presupuesto se realiza mediante el sumatorio de las cantidades resultantes de la medición multiplicadas por sus respectivos precios, organizándose dentro de un estructura. Por ejemplo: Raíz, Capítulos, Subcapítulos, Partidas.

Crterios de medición

Para la medición de los aislantes térmicos pueden existir varios criterios, los cuales suelen coincidir, y deben quedar definidos en el Pliego de Condiciones Particulares. Estos criterios se pueden resumir en los siguientes:

- Según NTE-Cubiertas.
- Según normas oficiales (Organismos Públicos).
- De acuerdo con costumbres gremiales.
- Según se especifique en el contrato de ejecución de la obra
- CTE.

En cualquiera de los casos, estos criterios deben quedar perfectamente definidos en los documentos del proyecto, pues de lo contrario, puede dar lugar a discrepancias durante la ejecución de la obra.

Es aconsejable que se incluya el criterio de medición en la redacción del epígrafe, cuando proporcione alguna aclaración, facilite la medición o el cálculo del coste de la partida.

Como ejemplo, el criterio que toma la NTE-Cubiertas para los aislantes está expuesto en el apartado "CRITERIOS PRESUPUESTARIOS" pero a modo de resumen:

- El aislante **se mide en m²**.
- El aislante **se mide como superficie totalmente ejecutada en proyección horizontal** (sus magnitudes se miden en proyección) **y como superficie realmente ejecutada** (significa que se mide la superficie que se ejecute en función de las dimensiones especificadas en los planos).



Ejemplo de un criterio de valoración según NTE-Cubiertas:

Especificación	Unidad	Precio Unitario	Coeficiente de medición
QTF-33 Aislamiento térmico colocado-λ.E Incluso perfiles ligeros de rigidización	m ²	QAN-3	1

1.3. PLIEGO DE CONDICIONES

Se trata del documento donde se especifican las condiciones técnicas, facultativas, y económicas para la ejecución de la obra, determinando las obligaciones y derechos de las partes que intervienen en el proceso de la construcción.

Las condiciones técnicas comprenderán todas las prescripciones sobre medidas, calidades y otras características de los materiales, y de la ejecución de los aislamientos en cubiertas, que no pueden ser consignadas en los planos, pero deben expresarse para la completa definición de cada elemento.

También puede aparecer la siguiente especificación: “Características de los Materiales: los materiales que se empleen en toda la obra serán nuevos, ateniéndose a las especificaciones del Proyecto, y antes de ser empleados serán examinados por la Dirección Técnica, pudiendo desechar los que no reúnan las condiciones mínimas técnicas, estéticas o funcionales”.

De una forma más específica podrá disponer de las siguientes especificaciones relativas a los aislantes térmicos:

Material	Norma
Poliestireno extruido	UNE-EN 13164
Poliestireno expandido	UNE-EN 13163
Productos manufacturados de lana mineral	UNE-EN 13162
Espuma rígida de poliuretano producida in situ	UNE 921120-1:1998 (modificación año 2003) y UNE 92120-2:1998 (modificación año 2000)
Productos manufacturados de espuma rígida de poliuretano	UNE-EN 13165

La dirección técnica podrá exigir, cuando lo crea oportuno, los Certificados de Idoneidad Técnica de los productos elaborados en fábrica, expedidos por el Organismo Competente.

También pueden aparecer especificaciones relativas a la aparición de vicios ocultos. Respecto a esto, nos podemos encontrar con el siguiente comentario: “si el Arquitecto Director tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar en cualquier tiempo las demoliciones que crea necesarias para reconocer los trabajos que crea defectuosos.



Las **Condiciones facultativas** definen las obligaciones y competencias, así como la relación de los agentes que intervienen en la obra.

En este apartado aparecerán por tanto las atribuciones del Director de la Ejecución Material para la obra proyectada. Algunas de estas atribuciones comúnmente presente en los proyectos son:

- Ordenar y dirigir la ejecución material con arreglo al Proyecto, a las normas técnicas, y a las reglas de la buena construcción.
- Realizar las mediciones de la obra ejecutada, y dar conformidad según las relaciones establecidas, a las certificaciones valoradas y a la liquidación final de la obra.
- Suscribir, en unión del Arquitecto, el "certificado final de obra".
- Etc.

También aparecerán apartados como: oficina en la obra, representación del contratista, presencia del constructor en la obra, comienzo y plazo de ejecución de las obras, recepción provisional, libro de órdenes, etc.

Las condiciones económicas establecen las normas de carácter económico por las que se regirá la obra, tales como certificaciones, abono a cuenta, recepciones de obra, etc. Son de carácter subsidiario al contrato, caso de existir, entre el promotor y el contratista.

Por último, las condiciones legales establecen las normas por las que se deben regir los distintos agentes que intervienen en las obras. Son de carácter subsidiario respecto al contrato, caso de existir, entre el promotor y el contratista.

1.4. PLANOS.

Los planos componen la documentación gráfica del Proyecto, y contienen la información necesaria para la ejecución de la obra definida en los mismos.

Los planos deben expresar de la forma más sencilla posible la construcción a realizar, ya que intervienen en el transcurso de su ejecución, numerosos agentes ajenos a la redacción de los mismos.

Será importante cualquier detalle significativo como encuentros, sumideros, remates, etc. En su defecto el Director de la Ejecución Material deberá solicitarlos al Projectista o al Director de Obra en su caso.

La NTE- Cubiertas recomienda o indica una serie de símbolos para acompañar a los planos, consiguiendo una lectura sencilla y precisa. Algunos de ellos son los siguientes¹:

¹ MOPT. **Normas Tecnológicas de la Edificación. NTE. Cubiertas.** Ministerio de Obras Públicas y Transportes. 1992.



AZOTEAS NO TRANSITABLES

**Especificaciones*

QAN-3 Capa de aislamiento térmico-L	
-------------------------------------	--

AZOTEAS TRANSITABLES

**Especificaciones*

QAT-3 Manta aislante -E	
-------------------------	--

TEJADOS DE FIBROCEMENTO

**Especificaciones*

QTF-33 Aislamiento térmico colocado-λ.E	
Cuando se precise aislamiento térmico en la cubierta.	

TEJADOS GALVANIZADOS

**Especificaciones*

QTG-8 Faldón de panel -K. P. S. Tipo. Protección	
Aplicación: Como elemento de cobertura de los planos inclinados de la cubierta, cuando se requiera un acabado interior de chapa vista y se precise un aislamiento térmico.	

La NTE- Cubiertas también recomienda una serie de representaciones en los planos, las cuales resumo a continuación (consultar la NTE para cada tipo de cubierta)¹:

Tipo	Descripción	Escala
Plantas	En cada planta de cubierta del edificio se representarán, por su símbolo, todos los elementos de la cubierta. Se acompañará una relación de la especificación que corresponda a cada símbolo, expresando el valor numérico de sus parámetros. En cubiertas no transitables se dibujará el despiece en paños mediante juntas de dilatación señalando la dirección de la máxima pendiente y el sentido de evacuación de las aguas. En canalones se indicarán las pendientes, aparte se indicarán los puntos de desagüe y las divisorias de aguas.	1:100
Secciones	Se representarán las secciones necesarias para la definición de la cubierta.	1:100
Detalles	Se representarán gráficamente los detalles de elementos para los cuales no se haya adoptado o no exista especificación NTE.	1:20

¹ MOPT. Normas Tecnológicas de la Edificación. NTE. Cubiertas. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. 1992.



2.-ASPECTOS REGLAMENTARIOS.

Es responsabilidad del Director de la Ejecución Material de la Obra el cumplimiento de las disposiciones de aplicación obligatoria que afectan en este caso al aislamiento térmico en las cubiertas, especialmente en el ámbito de la recepción de los materiales o la ejecución.

2.1. COMENTARIOS EN LA NORMA BÁSICA DE LA EDIFICACIÓN NBE-CT79¹.

Concretamente en este campo la norma básica **NBE-CT79** sobre “Condiciones térmicas en los edificios” pretendía dar unos pasos a seguir en estos aspectos. Se acompañan estos comentarios para tener constancia de las especificaciones que imperaban antes de la entrada en vigor del actual Código Técnico de la Edificación (CTE).

2.1.1. Objeto.

Esta norma tenía como objeto establecer las condiciones térmicas exigibles a los edificios, así como los datos que condicionan su determinación.

Las definiciones, notaciones, unidades y métodos de cálculo, relativos a los conceptos que aparecen en los artículos primeros de esta norma aparecen en el Anexo 1 de la norma.

2.1.2. Campo de aplicación.

Esta Norma era de aplicación en todo tipo de edificios de nueva planta. Se excluían del campo de aplicación de esta norma NBE aquellas edificaciones de nueva planta que por sus características de utilización debían permanecer abiertas.

2.1.3. Características exigibles a los materiales empleados en cerramientos.

A efectos de esta NBE se consideraban desde el punto de vista térmico como características determinantes y exigibles de los materiales que forman los cerramientos a su *conductividad térmica* y su *permeabilidad al vapor de agua*.

2.1.4. Control de la recepción de los materiales aislantes térmicos.

Esta norma indicaba que el constructor tenía que realizar y comprobar los pedidos de los materiales aislantes de acuerdo con las especificaciones del proyecto de ejecución.

"La dirección facultativa de la obra tiene que comprobar que los materiales recibidos en obra por el constructor reúnen las características exigidas en el proyecto de ejecución, realizando como mínimo los ensayos y comprobaciones especificados en el Pliego de Condiciones Técnicas, con la frecuencia establecida en el mismo".

¹ MOPU. **NBE-CT79 Norma básica sobre condiciones térmicas en edificios**. Madrid. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. 1979



2.1.5. Control de la ejecución.

"La dirección facultativa tiene que comprobar que la ejecución de la obra se realiza de acuerdo con las especificaciones del proyecto de ejecución, realizando como mínimo los controles especificados en el Pliego de Condiciones Técnicas y con la frecuencia establecida en el mismo".

Esta norma indicaba que cualquier modificación que pudiera introducirse durante la ejecución tenía que quedar reflejada en el proyecto final de ejecución sin que en ningún caso dejaran de cumplirse las exigencias mínimas señaladas en esta norma. El actual CTE también continua en esta misma línea, debiendo dejar constancia de las modificaciones efectuadas sobre el proyecto de ejecución al finalizar los trabajos, y cumpliendo en todo momento las exigencias establecidas en el mismo.

2.1.6. Prevención de condensaciones en el interior de los cerramientos.

"En los cerramientos en los que se incluya un material aislante debe comprobarse que no existen condensaciones en el aislamiento. En el caso de que el cerramiento sea una cubierta hay que comprobar que no existe condensación en la misma, si bien se pueden admitir condensaciones cuando éstas no perjudiquen al material donde se forman y además puedan ser evacuadas al exterior sin que se mojen por transmisión o goteo al material aislante o pueda penetrar en el interior de los locales".

En relación a este punto, una recomendación para evitar la condensación intersticial en cerramientos puede ser el empleo de barreras de vapor que aumenten la resistencia al paso del vapor en la cara caliente de los cerramientos. En ningún caso se deben colocar en la parte fría. También puede conseguirse este efecto disminuyendo la resistencia al vapor en la parte fría del cerramiento.

2.1.7. Condiciones básicas exigibles a los materiales empleados para aislamiento térmico.

2.1.7.1. Condiciones higrotérmicas.

La norma NBE-CT 79 (Condiciones térmicas en los edificios) indicaba que el fabricante tenía que dar los valores de las características higrotérmicas que a continuación se señalan en el Sistema Internacional de Medidas, y en el sistema tradicional.

Conductividad térmica.

Es la principal característica que se debe dar de un material aislante, y debe darse con el procedimiento o método de ensayo que en cada caso establezca la Comisión de Normas UNE correspondiente (UNE-EN 12667:2002).



Densidad aparente.

Según esta norma el fabricante tiene que indicar la densidad aparente de cada uno de los tipos de productos fabricados, relacionándolos con la conductividad térmica en cada tipo diferente, y con su resistencia térmica en materiales comercializados en espesores determinados.

Permeabilidad al vapor de agua.

Según esta norma, esta propiedad tiene que indicarse en los materiales aislantes, para cada tipo, con indicación del método de ensayo que para cada tipo de material establezca la comisión de normas UNE correspondiente (UNE-EN 12086:1998).

También puede darse su valor inverso, que es la *resistividad al vapor*. Para materiales aislantes comercializados en espesores fijos y determinados se puede dar asimismo su *resistencia a la difusión al vapor* en $\text{g/m}^2 \text{ mmHg día}$ o g/MN s en el S.I., o su inversa la *permeancia*.

En materiales compuestos que llevan incorporada una lámina o barrera contra el vapor debe darse el valor de la resistencia al vapor o permeancia del conjunto, debiendo tenerse en cuenta que tal resistencia es la propia del material sin incluir las juntas que eventualmente pueda tener el aislamiento.

Absorción de agua por volumen.

Esta propiedad se define por el peso de agua que absorbe una probeta de un material aislante sumergido en agua, durante un tiempo determinado y a una temperatura especificada. También puede indicarse en peso o en porcentaje sobre el peso de la probeta tipo.

Otras propiedades.

Según esta norma el fabricante tiene que indicar otras propiedades que pueden interesar en función del empleo y condiciones en que se vaya a colocar el material aislante, como:

- Resistencia a la compresión.
- Resistencia a la flexión.
- Envejecimiento ante la humedad, el calor y las radiaciones.
- Deformación bajo carga (módulo de elasticidad).
- Coeficiente de dilatación lineal.
- Comportamiento frente a parásitos.
- Comportamiento frente a agentes químicos.
- Comportamiento frente al fuego.



2.1.7.2. Presentación, medidas y tolerancias.

Según la NBE-CT79 los materiales aislantes, en sus distintas formas de presentación, se tenían que expedir en embalajes que garantizarán su transporte sin deterioro hasta su destino, indicándose en el etiquetado las características señaladas (las cuatro citadas como mínimo).

Asimismo, el fabricante tenía que indicar en la documentación técnica de sus productos las dimensiones y tolerancias de los mismos.

Para los materiales fabricados <<in situ>> tienen que darse las instrucciones correspondientes para su correcta ejecución, que debe correr a cargo de personal especializado, de modo que se garanticen las propiedades enunciadas por el fabricante.

2.1.7.3. Garantía de las características.

La norma NBE-CT79 especifica que el fabricante tiene que garantizar las características térmicas señaladas anteriormente. Esta garantía se materializa mediante las etiquetas o marcas que preceptivamente deben llevar los productos según el epígrafe anterior.

El consumidor puede, a costa suya, encargar a un laboratorio que realice ensayos o análisis de comprobación y extienda el correspondiente certificado de los resultados obtenidos.

2.1.8. Control, recepción y ensayos de materiales aislantes

2.1.8.1. Suministro de los materiales aislantes.

Las condiciones de suministro de los productos son objeto de convenio entre el consumidor y el fabricante, **ajustándose a las condiciones particulares que figuran en el proyecto de ejecución.**

2.1.8.2. Ensayos y controles.

Según esta norma NBE-CT79, los fabricantes para ofrecer la garantía de las características mínimas exigidas anteriormente de sus productos, deben realizar los ensayos y controles que aseguren el autocontrol de su producción.

Los ensayos de recepción, que según el apartado “Garantías de las características”, el consumidor puede encargar de cada partida, se realizan dividiendo la partida en unidades de inspección, de acuerdo con los apartados siguientes (al igual que sucede en el actual CTE).



a) Materiales con sello o Marca de Calidad.

Los materiales que vienen avalados por Sellos o Marcas de Calidad deben tener la garantía por parte del fabricante del cumplimiento de los requisitos y características mínimas exigidas en la NBE- CT 79 (actualmente de lo especificado en el CTE).

b) Composición de las unidades de inspección.

Las unidades de inspección tienen que estar formadas por materiales aislantes del mismo tipo y proceso de fabricación, con el mismo espesor en el caso de los que tengan forma de placa o manta. La superficie de cada unidad de inspección, salvo acuerdo en contrario, la fija el consumidor.

c) Toma de muestras.

Las muestras para preparación de las probetas utilizadas en los ensayos se toman de productos de la unidad de inspección sacados al azar.

La forma y dimensiones de las probetas serán las que señale para cada tipo de material la Norma de ensayo correspondiente.

d) Normas de ensayo.

Las normas UNE que se emplean para realizar los ensayos correspondientes se han ido actualizando desde la publicación de esta NBE-CT79 por lo que la Comisión Técnica del Aislamiento Térmico ha redactado con posterioridad otras normas que sustituyen a las antiguas que venían mencionadas en el apartado 5.2.5 de dicha norma por lo que se recomienda ver las normas UNE actuales en el apartado "**3. NORMAS DE REFERENCIA**" dentro de este trabajo.

2.2. NORMATIVA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.

Con la entrada en vigor en España del **Código Técnico de la Edificación**, se derogó la Norma Básica de la Edificación **NBE CPI-96 "Condiciones de protección contra incendios de los edificios"**, vigente desde el 4 de Octubre de 1996.

Esta norma básica establecía las condiciones que deben reunir los edificios para proteger a sus ocupantes frente a los riesgos originados por un incendio, para prevenir daños en los edificios o establecimientos próximos a aquel en el que se declare un incendio, y para facilitar la intervención de los bomberos y de los equipos de rescate, teniendo en cuenta su seguridad.



2.2.1. Comportamiento frente al fuego de los materiales (art. 13.2).

2.2.1.1. Norma NBE CPI-96.

En la norma **NBE CPI-96** se establecían exigencias de comportamiento ante el fuego de los materiales de construcción, conforme a la norma española **UNE 23 727**. Estas clases se denominaban: **M0, M1, M2, M3 y M4**.

El número de la denominación de cada clase, indicaba la magnitud relativa con la que los materiales correspondientes favorecían el desarrollo de un incendio.

De ese modo, la clase *M0* indicaba que un material era no combustible ante la acción térmica normalizada del ensayo correspondiente. Un material de clase *M1* era combustible pero no inflamable, lo que implicaba que su combustión no se mantenía cuando cesaba la aportación de calor desde un foco exterior. Los materiales de clase *M2, M3* y *M4* se consideraban con un grado de inflamabilidad moderada, media o alta, respectivamente.

Esta norma básica (NBE-CPI 96) establecía para los elementos constructivos sus exigencias conforme a la siguiente escala de tiempos: 15, 30, 60, 90, 120, 180 y 240 min.

La norma básica (NBE-CPI 96) también decía en su artículo 16.3. que los aislantes térmicos o acústicos debían pertenecer a la clase M1, o a una más favorable.

2.2.1.2. Código Técnico de la Edificación (CTE).

Con la entrada en vigor del CTE, en concreto del documento básico **DB SI “Exigencias básicas de seguridad en caso de incendio”**, y el uso en España de Normativas Europeas armonizadas, la reacción al fuego de los productos de construcción se clasifica según la **Norma EN 13501 partes 1 y 5**.

En ella se establece que la reacción al fuego de un material es la respuesta, medida unas condiciones específicas de ensayo. Se expresa en valores que se denominan **Euroclases**.

¹*Las Euroclases son un nuevo sistema de clasificación para evaluar las prestaciones frente al fuego de productos, desde el punto de vista de la reacción al fuego de los materiales y de la resistencia al fuego de los elementos constructivos.*

*En España, el **RD 312/2005** aprueba la clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y resistencia al fuego (modificado por el **RD 110/2008**).*

La clasificación europea de los materiales de construcción sobre la base de sus características de reacción al fuego establece dos grandes apartados:

¹ García García, Miguel E. "Nueva clasificación de productos frente al fuego". CAAT



a) materiales de construcción, con exclusión de los suelos.

Contiene los siguientes elementos: productos para paredes y techos, incluyendo sus revestimientos superficiales; elementos de construcción; productos incorporados en el interior de elementos de construcción; tubos y componentes de conductores; productos para fachada y muros exteriores.

Las Euroclases previstas son 7:

A1: No combustible. Sin contribución en grado máximo al fuego.

A2: No combustible. Sin contribución en grado menor al fuego.

B: Combustible. Contribución muy limitada al fuego.

C: Combustible. Contribución limitada al fuego.

D: Combustible. Contribución media al fuego.

E: Combustible. Contribución alta al fuego.

F: Sin clasificar

b) materiales para suelos.

¹*El segundo grupo se refiere a los materiales para suelos, incluyendo sus revestimientos superficiales, y sus Euroclases son: A1_{FL}, A2_{FL}, B_{FL}, C_{FL}, D_{FL}, E_{FL} y F_{FL}.*

Asimismo, en los ensayos también cabe considerar las clasificaciones adicionales siguientes, que son de carácter obligatorio en la mayoría de clases, a pesar de que algunas de ellas puedan quedar exentas de clasificación adicional:

- opacidad de los humos, s (smoke) con denominación s1, s2, s3, para baja, media o alta opacidad de humos (incorpora los conceptos de velocidad de propagación y producción total de humos).

- caída de gotas o partículas inflamadas, d (drop) con denominación d0, d1, d2, para nula, media o alta caída de gotas o partículas inflamadas.

La clasificación no sólo depende del comportamiento ante el fuego de los materiales, sino también de la forma en que se colocan sobre los soportes, ya que los ensayos de un mismo material sobre diferentes aplicaciones finales pueden dar distintas clasificaciones.

Consecuentemente, los materiales deben clasificarse según su aplicación final. Los materiales para paredes y techos aparecerán sin subíndice; para los suelos, subíndice FL (floor); y los productos lineales para aislamiento de tuberías, subíndice L (line). (Ver Tabla 2.2.1.).

¹ García García, Miguel E. "Nueva clasificación de productos frente al fuego". CAAT



¹En el Anexo I del RD 312/2005 se enumeran materiales y productos clasificados sin necesidad de ensayos.

En el Anexo II del mismo RD se establece una clasificación de las cubiertas y los recubrimientos de cubiertas (producto que constituye la capa superior del conjunto de la cubierta) ante un fuego exterior, según la norma **UNE ENV 1187:2003**.

Respecto a la correspondencia entre la antigua clasificación nacional de reacción al fuego y la actual clasificación europea en vigor desde 2005, el **RD 312/05** establece unas tablas de correspondencia de los valores de reacción al fuego según la norma española **UNE 23.727** y las clases alternativas según la **norma europea 13.501-1:2002**. (Ver Tabla 2.2.2.)

Tabla 2.2.1
LAS EUROCLASES: UNE EN 13501-1: 2002

Clasificación según: (clasificación principal)	COMBUSTIBILIDAD	Aplicación final			COMBUSTIBLE	CONTRIBUCIÓN AL FUEGO	
		Paredes techos	Suelos	Productos lineales para aislamiento térmico de tuberías			
		A1	A1 _{FL}	A1 _L	NO	NO	grado máximo
		A2	A2 _{FL}	A2 _L	NO	NO	grado menor duración de la llama <20s
		B	B _{FL}	B _L	SI	SI	Muy limitada
		C	C _{FL}	C _L	SI	SI	Limitada
		D	D _{FL}	D _L	SI	SI	Media
		E	E _{FL}	E _L	SI	SI	Alta
		F	F _{FL}	F _L	Sin clasificar sin comportamiento determinado		
Clasificaciones adicionales según:	OPACIDAD DE HUMOS	Cantidad y velocidad de emisión			Baja	s1	Observaciones: Las clases A1, A1 _{FL} , y A1 _L , E, E _{FL} y E _L y F, F _{FL} y F _L no se clasifican bajo este concepto
					Media	s2	
					Alta	s3	
	CAÍDA DE GOTAS O DE PARTÍCULAS INFLAMADAS	Sin caída (UNE_EN 13823:2002) en 600 s			d0		Observaciones: Las clases A1, A1 _{FL} , y A1 _L , F, F _{FL} y F _L no se clasifican bajo este concepto
		Sin caída (UNE_EN 13823:2002) durante más de 10 s			d1		
		Ni d0, ni d1			d2		

El tratamiento de algunas de las familias de productos da lugar a clasificaciones específicas (suelos, productos lineales para aislamiento térmico). El tratamiento de otros productos aún en estudio (cables, canales, tubos,...) puede dar lugar a nuevos cuadros de clasificación que se irán publicando en el BOE como desarrollo del RD como desarrollo del DR 312/2005.

¹ García García, Miguel E. "Nueva clasificación de productos frente al fuego". CAAT



► SITUACIÓN ACTUAL

La nueva clasificación de los materiales frente al fuego supone una forma más compleja de identificar y determinar los materiales que intervienen en obra.

- Es preciso saber su comportamiento ante otros parámetros como son el humo, y la producción y caída de partículas o gotas inflamadas.

- Especial relevancia adquiere la colocación de estos materiales en la obra, ya que de su clasificación y situación dependerá su idoneidad para el uso destinado, que habrá de cumplir los tres parámetros de clasificación simultáneamente (combustibilidad, humos y caídas de gotas o partícula inflamada).

Los productos estarán ensayados y clasificados por laboratorios acreditados por una entidad oficialmente reconocida. En el momento de su presentación, los Certificados de ensayos deberán haberse emitido durante los 5 años anteriores (tanto si se trata de la clasificación nacional como de la nueva clasificación europea).

Tabla 2.2.2
CLASES DE REACCIÓN AL FUEGO: CORRESPONDENCIAS ENTRE LAS DISTINTAS CLASIFICACIONES

REVESTIMIENTOS - de paredes y techos, - de aislamientos térmicos o acústicos y - de conductos	Clase exigida conforme a la norma: UNE 22727:1990	Clase que se debe acreditar según la norma UNE-EN 13501-1:2002 (1)	
		Revestimientos de paredes o techos, aislamientos térmicos (no lineales) o acústicos y conductos	Productos lineales para aislamiento térmico en tuberías
	M0	A1 o A2 - s1, d0	A _L o A _{2L} - s1, d0
	M1	B - s3, d0	B _L - s3, d0
	M2	C - s3, d0	C _L - s3, d0(2)
	M3	D - s3, d0	D _L - s3, d0

REVESTIMIENTOS - de suelo	M0	A1 _{FL} o A2 _{FL} - s1
	M1	A2 _{FL} - s2
	M2	B _{FL} - s2
	M3	C _{FL} - s2

(1) Se admite toda clase, con índices iguales o más favorables que los índices correspondientes de otra clase, satisface las condiciones de ésta. Tanto el índice principal (A1,A2, B, C, D o E) y (A1FL, A2FL, BFL, CFL, DFL o EFL), como el de producción de humo (s1, s2 o s3) y el de caída de gotas/partículas inflamadas (d0, d1 o d2) son más desfavorables en sentido creciente. (E más desfavorable que A; s3 más desfavorable que s1; d2 más desfavorable que d0).

(2) Cuando esta clase pertenezca a un material cuyo grosor sea inferior a 1,00 mm y de masa inferior a 1,0 Kg/m², también será válida para aquellas aplicaciones a las que se exija clase M1.

¹ García García, Miguel E. "Nueva clasificación de productos frente al fuego". CAAT



¹Según el CTE, cuando las normas de ensayo y clasificación del elemento constructivo, según su resistencia al fuego, no estén aún disponibles en el momento de realizar el ensayo, dicha clasificación podrá seguir determinándose conforme a las anteriores normas UNE hasta que exista dicha disponibilidad.

El CTE confirma los plazos de validez de 5 y 10 años de los certificados de ensayos de reacción y resistencia.

► COMPORTAMIENTO AL FUEGO DE LOS MATERIALES AISLANTES HABITUALES.

En la siguiente tabla (ver Tabla 2.2.3.) se definen para los productos aislantes térmicos que se tratan en este Proyecto Fin de Grado sus clases de reacción al fuego, según la norma UNE EN 13501-1.

Tabla 2.2.3
CLASES DE REACCIÓN AL FUEGO DE LOS MATERIALES AISLANTES MÁS HABITUALES

Material aislante	Clases de reacción al fuego (euroclases).
Planchas de lana mineral	A1 y A1 _{FL} (sin necesidad de ser ensayados según se indica en el cuadro 1.2.-1 del RD 312/2005).
Planchas de poliestireno extruido (XPS)	E
Planchas y bovedillas de poliestireno expandido (EPS)	E (autoextingible) y F (normal)
Espuma de poliuretano proyectada in situ	E
Panel sandwich PUR	Hasta B s1 do

■ PANELES SANDWICH AISLANTES.

Tabla 2.2.4
CLASES DE COMPORTAMIENTO ANTE UN FUEGO EXTERIOR DE LOS PANELES SÁNDWICH PARA CUBIERTAS CON RECUBRIMIENTO METÁLICO POR AMBAS CARAS²

Producto ⁽¹⁾	Información del producto	Material de núcleo aislante con densidad mínima	Clase ⁽²⁾
Paneles sándwich para cubiertas con revestimiento de acero, acero inoxidable o aluminio	De conformidad con la norma EN 14509 ¹	PUR 35 kg/m ³	B _{ROOF} (t1)
		o MW (lamellas) 80 kg/m ³	B _{ROOF} (t2)
		o MW (paneles) 110 kg/m ³	B _{ROOF} (t3)

¹ García García, Miguel E. "Nueva clasificación de productos frente al fuego". CAAT

² España. RD 312/2005, de 18 de Marzo, por el que se aprueba la clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego. BOE 2 de abril de 2005., núm. 79. Cuadro 2.2.-3.



(1) Paneles con revestimiento externo metálico perfilado, con:

- grosor mínimo de 0,4 mm, para revestimientos de acero y acero inoxidable;
- grosor mínimo de 0,9 mm, para revestimientos de aluminio;
- en cada junta longitudinal entre dos paneles, un solapamiento del revestimiento externo metálico que se extienda por encima de la parte superior y, como mínimo, 15 mm por la cara opuesta, o bien una cobertura metálica que cubra completamente la parte superior, o bien una junta de plegado metálica saliente en la junta;
- en cada junta transversal entre dos paneles, un solapamiento del revestimiento externo metálico de un mínimo de 75 mm;
- un revestimiento contra la intemperie, compuesto de pintura de PVC líquida de un espesor nominal máximo de película seca de 0,200 mm, un PCS no superior a 8,0 MJ/m² y una masa seca máxima de 300 g/m²; o una capa delgada de pintura con valores inferiores a los indicados anteriormente;
- clasificación mínima de comportamiento frente al fuego de D-s3, d0 sin protección en el borde, con arreglo a la norma UNE-EN 13501-1:2002.

(2) Clasificación con arreglo a lo establecido en el cuadro 2.1.-1 del anexo II (RD 312/2005).

Símbolos utilizados: PUR = poliuretano; MW = lana mineral.

■ ELEMENTOS ALIGERANTES DE EPS EN FORJADOS.

Tabla 2.2.5

Soluciones con elementos de entrevigado de EPS y revestimientos comunes

Material	Clasificación
EPS + YESO (>9,5 mm)	B-s1,d0
EPS + MORTERO (> 9,5 mm)	B-s1,d0

La clasificación B,s1-d0, acreditada por el laboratorio, CUMPLE las exigencias de la **tabla 2.2.2.** para revestimientos, paredes y techos, aislamientos y conductos en la cual se pide un B,s3-d0 mínimo.

2.3. LAS CUBIERTAS SEGÚN EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN.

2.3.1. Condiciones de las soluciones constructivas¹.

Según el **DB HS Salubridad** del Código Técnico de la Edificación las cubiertas deben disponer de los elementos siguientes:

*a) un sistema de **formación de pendientes** cuando la cubierta sea plana o cuando sea inclinada y su soporte resistente no tenga la pendiente adecuada al tipo de protección y de impermeabilización que se vaya a utilizar;*

¹ España. Código Técnico de la Edificación. Documento DB HS Salubridad. Apartado 2.4.2.



Es decir se debe asegurar unas pendientes mínimas para desalojar el agua no se estanque en la cubierta y fluya hasta el punto de evacuación previsto (red evacuación de saneamiento).

*b) una **barrera contra el vapor** inmediatamente por debajo del **aislante térmico** cuando, según el cálculo descrito en la sección HE1 del DB “Ahorro de energía”, se prevea que vayan a producirse condensaciones en dicho elemento;*

La barrera de vapor debe colocarse en la cara caliente del aislante, para evitar así las condensaciones en el mismo, y de este modo prolongar su durabilidad e impedir la aparición de patologías en la cubierta.

*c) una **capa separadora** bajo el **aislante térmico**, cuando deba evitarse el contacto entre materiales químicamente incompatibles o la adherencia entre la impermeabilización y el elemento que sirve de soporte en sistemas no adheridos;*

Conviene revisar las incompatibilidades de materiales en la fase de diseño de la cubierta, y antes de su puesta en obra, para evitar así problemas futuros. El uso de un geotextil adecuado (gramaje, etc.) como capa separadora, es una solución habitual en las obras de edificación, que ha dado buenos resultados a lo largo de los años.

*d) un **aislante térmico**, según se determine en la sección HE1 del DB “Ahorro de energía”;*

En este Proyecto Fin de Grado se van a tratar los aislantes térmicos más habituales como por ejemplo: poliestireno expandido (EPS), poliestireno extruido (XPS), lanas minerales (MW), espuma de poliuretano proyectada in situ (PUR), y paneles sandwich (PUR) entre otros.

*e) una **capa separadora** bajo la capa de impermeabilización, cuando deba evitarse el contacto entre materiales químicamente incompatibles o la adherencia entre la impermeabilización y el elemento que sirve de soporte en sistemas no adheridos;*

Mismo comentario que en el apartado c) anterior.

f) una capa de impermeabilización cuando la cubierta sea plana o cuando sea inclinada y el sistema de formación de pendientes no tenga la pendiente exigida en la tabla 2.15 del CTE o el solapo de las piezas de la protección sea insuficiente;

Cuando en las cubiertas inclinadas las pendientes son inferiores a los valores de esa tabla, o los solapos de las tejas por ejemplo son insuficientes, es recomendable instalar una impermeabilización para garantizar la impermeabilidad de la cubierta.



*g) una **capa separadora** entre la capa de protección y la capa de impermeabilización, cuando*

i) deba evitarse la adherencia entre ambas capas;

ii) la impermeabilización tenga una resistencia pequeña al punzonamiento estático;

iii) se utilice como capa de protección solado flotante colocado sobre soportes, grava, una capa de rodadura de hormigón, una capa de rodadura de aglomerado asfáltico dispuesta sobre una capa de mortero o tierra vegetal; en este último caso además debe disponerse inmediatamente por encima de la capa separadora, una capa drenante y sobre ésta una capa filtrante; en el caso de utilizarse grava la capa separadora debe ser antipunzonante;

Es importante disponer de una capa de separadora para evitar la adherencia entre capas. Aspecto que tiene bastante importancia por ejemplo con determinados tipos de impermeabilizaciones (p.ej: impermeabilización en caliente, etc.).

Una capa separadora adecuada puede paliar el inconveniente que presenta un impermeabilización con poca resistencia al punzonamiento, lo cual es de gran utilidad.

Es importante emplear una capa separadora antipunzonante cuando se emplea grava, dado que ésta tiende a punzonar los materiales blandos (lámina impermeabilizante, aislante térmico...). Cuando se emplee como elemento de protección grava, hormigón, tierra vegetal o mortero, se debe disponer una capa filtrante que impida el arrastre de finos, y evite de esta manera entre otros la colmatación o atranque del sumidero.

*h) una **capa separadora** entre la capa de protección y el aislante térmico, cuando*

i) se utilice tierra vegetal como capa de protección; además debe disponerse inmediatamente por encima de esta capa separadora, una capa drenante y sobre ésta una capa filtrante;

ii) la cubierta sea transitable para peatones; en este caso la capa separadora debe ser antipunzonante;

iii) se utilice grava como capa de protección; en este caso la capa separadora debe ser filtrante, capaz de impedir el paso de áridos finos y antipunzonante;

Comentarios similares al punto g) anterior. En el caso de cubierta terminada con capa vegetal se debe colocar además una capa drenante.

*i) una **capa de protección**, cuando la cubierta sea plana, salvo que la capa de impermeabilización sea autoprotégida;*

Existen determinadas impermeabilizaciones que presentan un carácter de autoprotección y por tanto no requieren una protección adicional. Es muy importante especificar en el Proyecto de Ejecución una impermeabilización adecuada en este sentido, así como comprobar durante el control de recepción del material, que la impermeabilización recibida en obra coincide con la especificada en Proyecto.



j) un **tejado**, cuando la cubierta sea inclinada, salvo que la capa de impermeabilización sea autoprotegida;

Es decir una cubierta inclinada debe contar con un tejado (cubrición de tejas), salvo cuando la impermeabilización sea autoprotegida; caso éste en el que podría evitarse el tejado si el Projectista lo considera adecuado.

k) un **sistema de evacuación de aguas**, que puede constar de canalones, sumideros y rebosaderos, dimensionado según el cálculo descrito en la sección HS 5 del DB-HS.

Que evacue el agua rápida y adecuadamente de la cubierta (p.ej.: hacia la red general de alcantarillado).

2.3.2. Condiciones de los componentes.

2.3.2.1. Sistema de formación de pendientes¹.

El sistema de formación de pendientes debe:

- Tener una cohesión y estabilidad suficientes frente a las solicitaciones mecánicas y térmicas.
- Tener una constitución adecuada para el recibido o fijación del resto de componentes.
- Cuando sirva de soporte a la capa de impermeabilización, ser compatible con el material impermeabilizante y con la forma de unión de dicho impermeabilizante a él.
- En cubiertas planas tener una pendiente hacia los elementos de evacuación de agua incluida dentro de los intervalos que figuran en la tabla siguiente del DB HS Salubridad, en función del uso de la cubierta y del tipo de protección.

Tabla 2.3.1
Pendientes de cubiertas planas²

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

⁽¹⁾ Para rampas no se aplica la limitación de pendiente máxima.

¹ España. Código Técnico de la Edificación. Documento DB HS Salubridad. Apartado 2.4.2.

² España. Código Técnico de la Edificación. Documento DB HS Salubridad. Apartado 2.4.2. Tabla 2.9.



Como se puede ver en esta tabla, en función del uso de la cubierta, y el tipo de protección en la misma, se recomiendan unas pendientes adecuadas, de cara a una evacuación correcta del agua en la cubierta.

- El sistema de formación de pendientes en cubiertas inclinadas, cuando éstas no tienen capa de impermeabilización, debe tener una pendiente hacia los elementos de evacuación de agua mayor que la obtenida en la tabla siguiente en función del tipo de tejado.

Tabla 2.3.2
Pendientes de cubiertas inclinadas¹

		Pendiente mínima en %		
Teja ⁽³⁾	Teja curva	32		
	Teja mixta y plana monocanal	30		
	Teja plana marselesesa o alicantina	40		
	Teja plana con encaje	50		
Pizarra		60		
Tejado ^{(1) (2)}	Cinc	10		
	Fibro cemento	Placas simétricas de onda grande	10	
		Placas asimétricas de nervadura grande	10	
		Placas asimétricas de nervadura media	25	
	Sintéticos	Perfiles de ondulado grande	10	
		Perfiles de ondulado pequeño	15	
	Placas y perfiles	Perfiles de grecado grande	5	
		Perfiles de grecado medio	8	
		Perfiles nervados	10	
		Galvanizados	Perfiles de ondulado pequeño	15
			Perfiles de grecado o nervado grande	5
	Perfiles de grecado o nervado medio		8	
	Perfiles de nervado pequeño		10	
		Paneles	5	
Aleaciones ligeras	Perfiles de ondulado pequeño	15		
	Perfiles de nervado medio	5		

(1) En caso de cubiertas con varios sistemas de protección superpuestos se establece como pendiente mínima la menor de las pendientes para cada uno de los sistemas de protección.

(2) Para los sistemas y piezas de formato especial las pendientes deben establecerse de acuerdo con las correspondientes especificaciones de aplicación.

(3) Estas pendientes son para faldones menores a 6,5 m, una situación de exposición normal y una situación climática desfavorable; para condiciones diferentes a éstas, se debe tomar el valor de la pendiente mínima establecida en norma UNE 127.100 ("Tejas de hormigón. Código de práctica para la concepción y el montaje de cubiertas con tejas de hormigón") ó en norma UNE 136.020 ("Tejas cerámicas. Código de práctica para la concepción y el montaje de cubiertas con tejas cerámicas").

Estas pendientes mínimas facilitan una correcta evacuación del agua de la cubierta inclinada hacia la red de evacuación (canales, bajantes, etc.). Lógicamente si la cubierta inclinada contemplara una impermeabilización, estas pendientes podrían reducirse dada la garantía que ofrece este elemento.

¹ España. *Código Técnico de la Edificación. Documento DB HS Salubridad. Apartado 2.4.2. Tabla 2.10.*



2.3.2.2. Aislante térmico¹.

1 El material del aislante térmico debe tener una cohesión y una estabilidad suficiente para proporcionar al sistema la solidez necesaria frente a las solicitaciones mecánicas.

2 Cuando el aislante térmico esté en contacto con la capa de impermeabilización, ambos materiales deben ser compatibles; en caso contrario debe disponerse una capa separadora entre ellos.

3 Cuando el aislante térmico se disponga encima de la capa de impermeabilización y quede expuesto al contacto con el agua, dicho aislante debe tener unas características adecuadas para esta situación.

Es muy importante que el aislante térmico y la impermeabilización sean compatibles de cara a evitar futuras patologías en la cubierta. Una capa separadora (p.ej.: geotextil adecuado) puede resolver estos casos de incompatibilidad (química) entre dichos materiales.

En la cubierta invertida, el material aislante térmico se coloca sobre la impermeabilización. Esto supone que el aislante térmico pueda quedar expuesto al contacto con el agua, por lo que es importante seleccionar convenientemente un tipo de aislante térmico que tenga una baja absorción de agua (p.ej.: *poliestireno extrudido*, dada su estructura de célula cerrada).

2.3.2.3. Capa de impermeabilización².

Se pueden usar los materiales especificados a continuación u otro material que produzca el mismo efecto.

a) Impermeabilización con materiales bituminosos y bituminosos modificados.

1 Las láminas pueden ser de oxiasfalto o de betún modificado.

2 Cuando la pendiente de la cubierta sea mayor que 15%, deben utilizarse sistemas fijados mecánicamente.

3 Cuando la pendiente de la cubierta esté comprendida entre 5 y 15%, deben utilizarse sistemas adheridos.

La pendiente determina por tanto el tipo de lámina impermeabilizante y su fijación. Lógicamente a partir de una pendiente del 15% ya no vale con el sistema adherido, y requiere una sujeción mecánica (mayor garantía).

¹ España. Código Técnico de la Edificación. Documento DB HS Salubridad. Apartado 2.4.3.2.

² España. Código Técnico de la Edificación. Documento DB HS Salubridad. Apartado 2.4.3.3.



4 Cuando se quiera independizar el impermeabilizante del elemento que le sirve de soporte para mejorar la absorción de movimientos estructurales, deben utilizarse sistemas no adheridos.

5 Cuando se utilicen sistemas no adheridos debe emplearse una capa de protección pesada.

Es decir el sistema no adherido proporciona independencia ante movimientos estructurales, pero por otro lado requiere de una protección pesada para su sujeción.

b) Impermeabilización con poli (cloruro de vinilo) plastificado, e impermeabilización con etileno propileno dieno monómero

1 Cuando la pendiente de la cubierta sea mayor que 15%, deben utilizarse sistemas fijados mecánicamente.

2 Cuando la cubierta no tenga protección, deben utilizarse sistemas adheridos o fijados mecánicamente.

3 Cuando se utilicen sistemas no adheridos, debe emplearse una capa de protección pesada.

Comentarios similares al punto a) anterior.

c) Impermeabilización con poliolefinas.

1 Deben utilizarse láminas de alta flexibilidad.

d) Impermeabilización con un sistema de placas.

*1 El solapo de las placas debe establecerse de acuerdo con la pendiente del elemento que les sirve de soporte y de otros factores relacionados con la situación de la cubierta, tales como **zona eólica**, tormentas y altitud topográfica.*

2 Debe recibirse o fijarse al soporte una cantidad de piezas suficiente para garantizar su estabilidad dependiendo de la pendiente de la cubierta, del tipo de piezas y del solapo de las mismas, así como de la zona geográfica del emplazamiento del edificio.

Por tanto se busca la impermeabilidad y estabilidad del sistema de placas.



2.3.2.4. Cámara de aire ventilada¹.

Cuando se disponga una cámara de aire, ésta debe situarse en el lado exterior del aislante térmico y ventilarse mediante un conjunto de aberturas de tal forma que el cociente entre su área efectiva total, S_s , en cm^2 , y la superficie de la cubierta, A_c , en m^2 cumpla la siguiente condición:

$$30 > S_s/A_c > 3$$

2.3.2.5. Capa de protección².

1 Cuando se disponga una capa de protección, el material que forma la capa debe ser resistente a la intemperie en función de las condiciones ambientales previstas y debe tener un peso suficiente para contrarrestar la succión del viento.

2 Se pueden usar los materiales siguientes u otro material que produzca el mismo efecto:

- a) cuando la cubierta no sea transitable, grava, solado fijo o flotante, mortero, tejas y otros materiales que conformen una capa pesada y estable;*
- b) cuando la cubierta sea transitable para peatones, solado fijo, flotante o capa de rodadura;*
- c) cuando la cubierta sea transitable para vehículos, capa de rodadura.*

Es decir dependiendo de si la cubierta es *transitable para peatones, transitable para vehículos, o no transitable*, queda condicionado el tipo de material a emplear en la capa de protección.

a) Capa de grava.

1 La grava puede ser suelta o aglomerada con mortero.

2 La grava suelta sólo puede emplearse en cubiertas cuya pendiente sea menor que el 5 %.

Con pendientes superiores al 5% se corre el riesgo de que la grava pueda desplazarse.

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

¹ España. Código Técnico de la Edificación. Documento DB HS Salubridad. Apartado 2.4.3.4.

² España. Código Técnico de la Edificación. Documento DB HS Salubridad. Apartado 2.4.3.5.



La grava debe ser limpia, por que de lo contrario, las impurezas o finos de la grava podrían por ejemplo atrancar los desagües de las cubiertas.

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

Estos pasillos deben preverse en la fase de diseño, para un correcto mantenimiento de la cubierta, una vez finalizada la misma.

b) Solado fijo.

1 El solado fijo puede ser de los materiales siguientes: baldosas recibidas con mortero, capa de mortero, piedra natural recibida con mortero, hormigón, adoquín sobre lecho de arena, mortero filtrante, aglomerado asfáltico u otros materiales de características análogas.

La elección del tipo de solado vendrá condicionada entre otros por la exposición del material, el uso de la cubierta, tipo de cubierta, etc.

2 El material que se utilice debe tener una forma y unas dimensiones compatibles con la pendiente.

3 Las piezas no deben colocarse a hueso.

Las piezas deben colocarse con junta de mortero y no "a hueso" (sin junta).

c) Solado flotante.

*1 El solado flotante puede ser de piezas apoyadas sobre soportes, baldosas sueltas con **aislante térmico** incorporado u otros materiales de características análogas.*

*2 Las piezas apoyadas sobre soportes deben disponerse horizontalmente. Los soportes deben estar diseñados y fabricados expresamente para este fin, deben tener una plataforma de apoyo para repartir las cargas y deben disponerse sobre la **capa separadora** en el plano inclinado de escorrentía. Las piezas deben ser resistentes a los esfuerzos de flexión a los que vayan a estar sometidos.*

3 Las piezas o baldosas deben colocarse con junta abierta.

Es habitual emplear en este tipo de suelos "plots" regulables en altura, diseñados para soportar el peso del solado. También existen baldosas que incorporan tanto el aislante térmico, como una capa de acabado (p.ej.: de mortero) y que se colocan sueltas.

Tanto los soportes (p.ej.: "plots") como el solado deben soportar los esfuerzos a los que van a estar sometidos, y por tanto deben seleccionarse convenientemente en fase de Proyecto.



Una característica de este tipo de solado es que la junta debe colocarse abierta, y por tanto el agua cuele entre las juntas de las baldosas, discurriendo por la impermeabilización (p.ej.: lámina asfáltica), la cual debe estar puesta en obra sobre un base o soporte con una pendiente adecuada en dirección a la red de evacuación (sumideros, etc.).

d) Capa de rodadura.

1 La capa de rodadura puede ser aglomerado asfáltico, capa de hormigón, adoquinado u otros materiales de características análogas.

2 Cuando el aglomerado asfáltico se vierta en caliente directamente sobre la impermeabilización, el espesor mínimo de la capa de aglomerado debe ser 8 cm.

*3 Cuando el aglomerado asfáltico se vierta sobre una capa de mortero dispuesta sobre la impermeabilización, debe interponerse entre estas dos capas una **capa separadora** para evitar la adherencia entre ellas de 4 cm de espesor como máximo y armada de tal manera que se evite su fisuración. Esta capa de mortero debe aplicarse sobre el impermeabilizante en los puntos singulares que estén impermeabilizados.*

Conviene recalcar la importancia de que la capa separadora de 4 cm. de espesor este armada para evitar su fisuración (p.ej.: mediante un mallazo de reparto) conveniente calzado (con separadores adecuados).

2.3.2.10. Tejado¹.

*- Debe estar constituido por piezas de cobertura tales como tejas, pizarra, placas, etc. El solapo de las piezas debe establecerse de acuerdo con la pendiente del elemento que les sirve de soporte y de otros factores relacionados con la situación de la cubierta, tales como **zona eólica**, tormentas y altitud topográfica.*

- Debe recibirse o fijarse al soporte una cantidad de piezas suficiente para garantizar su estabilidad dependiendo de la pendiente de la cubierta, la altura máxima del faldón, el tipo de piezas y el solapo de las mismas, así como de la ubicación del edificio.

Es muy importante definir un solapo adecuado de las piezas de cobertura, de cara a la estabilidad de las mismas en el tejado, en función de los condicionantes mencionados (pendiente del faldón, zona eólica, altitud topográfica, etc.).

2.3.3. Condiciones de los puntos singulares.

¹ España. Código Técnico de la Edificación. Documento DB HS Salubridad. Apartado 2.4.3.6.



2.3.3.1. Cubiertas planas¹.

Deben respetarse las condiciones de disposición de bandas de refuerzo y de terminación, las de continuidad o discontinuidad, así como cualquier otra que afecte al diseño, relativas al sistema de impermeabilización que se emplee.

a) Juntas de dilatación.

1 Deben disponerse juntas de dilatación de la cubierta y la distancia entre juntas de dilatación contiguas debe ser como máximo 15 m. Siempre que exista un encuentro con un paramento vertical o una junta estructural debe disponerse una junta de dilatación coincidiendo con ellos. Las juntas deben afectar a las distintas capas de la cubierta a partir del elemento que sirve de soporte resistente. Los bordes de las juntas de dilatación deben ser romos, con un ángulo de 45° aproximadamente, y la anchura de la junta debe ser mayor que 3 cm.

Es muy importante respetar la junta de dilatación desde el elemento que sirve de soporte hasta el solado. En los planos del Proyecto de Ejecución deben definirse estas juntas de dilatación (ubicación en planta, etc.), siendo conveniente el uso de detalles para una mayor definición de las mismas (anchura, material elástico de relleno, etc.).

2 Cuando la capa de protección sea de solado fijo, deben disponerse juntas de dilatación en la misma. Estas juntas deben afectar a las piezas, al mortero de agarre y a la capa de asiento del solado y deben disponerse de la siguiente forma:

- a) coincidiendo con las juntas de la cubierta;*
- b) en el perímetro exterior e interior de la cubierta y en los encuentros con paramentos verticales y elementos pasantes;*
- c) en cuadrícula, situadas a 5 m como máximo en cubiertas no ventiladas y a 7,5 m como máximo en cubiertas ventiladas, de forma que las dimensiones de los paños entre las juntas guarden como máximo la relación 1:1,5.*

Es muy importante ejecutar las juntas de dilatación tal y como vienen definidas en el Proyecto de Ejecución (perimetrales, encuentros con paramentos verticales, y las definidas respetando las distancias máximas arriba referenciadas).

3 En las juntas debe colocarse un sellante dispuesto sobre un relleno introducido en su interior. El sellado debe quedar enrasado con la superficie de la capa de protección de la cubierta.

El relleno hará de soporte de aplicación del sellante elástico, el cual absorberá las dilataciones que puedan producirse por las variaciones de temperatura, y al mismo tiempo impedirá la filtración de agua a través de la junta de dilatación.

¹ España. Código Técnico de la Edificación. Documento DB HS Salubridad. Apartado 2.4.4.1.



b) Encuentro de la cubierta con un paramento vertical.

Para una mayor comprensión de este punto, se trata con detalles y fotografías en el apartado 5.1.2.2.a) de este Proyecto Fin de Grado.

c) Encuentro de la cubierta con el borde lateral.

1 El encuentro debe realizarse mediante una de las formas siguientes:

a) prolongando la impermeabilización 5 cm como mínimo sobre el frente del alero o el paramento;

b) disponiéndose un perfil angular con el ala horizontal, que debe tener una anchura mayor que 10 cm, anclada al faldón de tal forma que el ala vertical descuelgue por la parte exterior del paramento a modo de goterón y prolongando la impermeabilización sobre el ala horizontal.

Para una mayor comprensión de lo expresado en el cuadro en el punto 1.b) ver imagen 2.3.1.

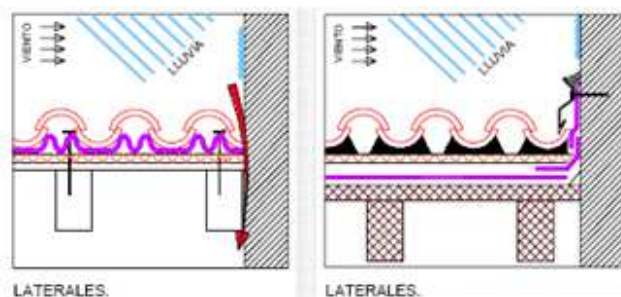


Imagen 2.3.1. Encuentro de la cubierta con borde lateral¹.

d) Rebosaderos.

1 En las cubiertas planas que tengan un paramento vertical que las delimite en todo su perímetro, deben disponerse rebosaderos en los siguientes casos:

a) cuando en la cubierta exista una sola bajante;

b) cuando se prevea que, si se obtura una bajante, debido a la disposición de las bajantes o de los faldones de la cubierta, el agua acumulada no pueda evacuar por otras bajantes;

c) cuando la obturación de una bajante pueda producir una carga en la cubierta que comprometa la estabilidad del elemento que sirve de soporte resistente.

¹ Collado Espejo, Pedro E. *Curso Superior Universitario en Inspección Técnica de Edificios*. COATIEMU. 2012



Es muy importante la existencia de rebosaderos en estos casos, pues si las bajantes se obstruyen, debe haber un elemento que permita desalojar el agua en su defecto.

2 La suma de las áreas de las secciones de los rebosaderos debe ser igual o mayor que la suma de las de bajantes que evacuan el agua de la cubierta o de la parte de la cubierta a la que sirven.

Estos elementos deben dimensionarse correctamente durante la fase de diseño para plasmarlos correctamente en los planos del Proyecto de Ejecución.

3 El rebosadero debe disponerse a una altura intermedia entre la del punto más bajo y la del más alto de la entrega de la impermeabilización al paramento vertical (Véase la figura 2.15) y en todo caso a un nivel más bajo de cualquier acceso a la cubierta.

4 El rebosadero debe sobresalir 5 cm como mínimo de la cara exterior del paramento vertical y disponerse con una pendiente favorable a la evacuación.

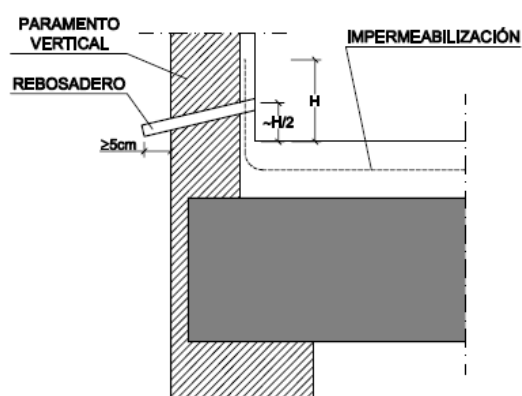


Imagen 2.3.2. Rebosadero en cubierta plana¹.

Es muy importante instalar el rebosadero a una altura adecuada para que funcione correctamente, es decir, para que desague el agua antes de que alcance el portal de una puerta de acceso a la cubierta plana, o pueda alcanzar un nivel superior a la del rodapié de la lámina impermeabilizante colándose por detrás de la misma.

e) Encuentro de la cubierta con un sumidero o un canalón.

Para una mayor comprensión de este punto, se trata con detalles y fotografías en el **apartado 5.1.2.2.a)** de este Proyecto Fin de Grado.

f) Encuentro de la cubierta con elementos pasantes.

Para una correcta comprensión, este punto se trata en el **apartado 5.1.2.2.a)** de este Proyecto Fin de Grado.

¹ España. Código Técnico de la Edificación. Documento DB HS Salubridad. Figura 2.15.



g) Anclaje de elementos.

1 Los anclajes de elementos deben realizarse de una de las formas siguientes:

- a) sobre un paramento vertical por encima del remate de la impermeabilización;*
- b) sobre la parte horizontal de la cubierta de forma análoga a la establecida para los encuentros con elementos pasantes o sobre una bancada apoyada en la misma.*

Lo que se persigue con estas medidas es no perforar la lámina impermeabilizante, y garantizar la impermeabilidad de la cubierta.

h) Rincones y esquinas.

Ver en el **apartado 5.1.2.2.a)** de este Proyecto Fin de Grado.

i) Accesos y aberturas.

Ver en el **apartado 5.1.2.2.a)** de este Proyecto Fin de Grado.

2.3.3.2. Cubiertas inclinadas¹.

1 Deben respetarse las condiciones de disposición de bandas de refuerzo y de terminación, las de continuidad o discontinuidad, así como cualquier otra que afecte al diseño, relativas al sistema de impermeabilización que se emplee.

a) Encuentro de la cubierta con un paramento vertical.

1 En el encuentro de la cubierta con un paramento vertical deben disponerse elementos de protección prefabricados o realizados in situ.

2 Los elementos de protección deben cubrir como mínimo una banda del paramento vertical de 25 cm de altura por encima del tejado y su remate debe realizarse de forma similar a la descrita en las cubiertas planas.

¹ España. Código Técnico de la Edificación. Documento DB HS Salubridad. Apartado 2.4.4.2.

3 Cuando el encuentro se produzca en la parte inferior del faldón, debe disponerse un canalón.

4 Cuando el encuentro se produzca en la parte superior o lateral del faldón, los elementos de protección deben colocarse por encima de las piezas del tejado y prolongarse 10 cm como mínimo desde el encuentro (Ver imagen 2.3.3.).

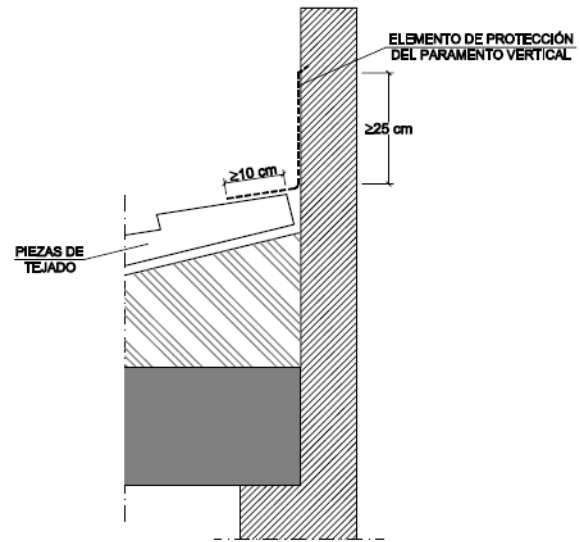


Imagen 2.3.3. Encuentro en la parte superior del faldón¹.

Es muy importante reforzar estos puntos críticos (encuentros) tal y como se especifica, de cara a evitar filtraciones de agua en la obra a través de la cubierta.

b) Alero.

1 Las piezas del tejado deben sobresalir 5 cm como mínimo y media pieza como máximo del soporte que conforma el alero.

2 Cuando el tejado sea de pizarra o de teja, para evitar la filtración de agua a través de la unión de la primera hilada del tejado y el alero, debe realizarse en el borde un recalce de asiento de las piezas de la primera hilada de tal manera que tengan la misma pendiente que las de las siguientes, o debe adoptarse cualquier otra solución que produzca el mismo efecto.

El que las piezas del tejado vuelen una distancia adecuada sobre el alero, junto con la pendiente del faldón (y a veces también un goterón inferior bajo el forjado), garantizan entre otros una expulsión correcta de la cubierta en el alero y no mojar la fachada. El recalce de la primera hilada de tejas del tejado (en el alero) persigue que no se cuele el agua en la cubierta por ese punto (bajo la teja).

¹ España. Código Técnico de la Edificación. Documento DB HS Salubridad. Figura 2.16.



c) Borde lateral.

En el borde lateral deben disponerse piezas especiales que vuelen lateralmente más de 5 cm o baberos protectores realizados in situ. En el último caso el borde puede rematarse con piezas especiales o con piezas normales que vuelen 5 cm.

Se persigue con esta medida una correcta evacuación del agua de la cubierta, impidiendo la infiltración del agua.

d) Limahoyas.

1 En las limahoyas deben disponerse elementos de protección prefabricados o realizados in situ.

2 Las piezas del tejado deben sobresalir 5 cm como mínimo sobre la limahoya.

3 La separación entre las piezas del tejado de los dos faldones debe ser 20 cm como mínimo.

Con estas medidas se persigue tanto forzar al agua a que caiga en las limahoyas, como evitar las filtraciones de agua por estos puntos de la cubierta.

e) Cumbres y limatesas.

1 En las cumbres y limatesas deben disponerse piezas especiales, que deben solapar 5 cm como mínimo sobre las piezas del tejado de ambos faldones.

2 Las piezas del tejado de la última hilada horizontal superior y las de la cumbra y la limatesa deben fijarse.

3 Cuando no sea posible el solape entre las piezas de una cumbra en un cambio de dirección o en un encuentro de cumbres este encuentro debe impermeabilizarse con piezas especiales o baberos protectores.

Existen en el mercado multitud de piezas especiales en diferentes materiales que se adecuan a este tipo de encuentros.

f) Encuentro de la cubierta con elementos pasantes.

1 Los elementos pasantes no debe disponerse en las limahoyas.

2 La parte superior del encuentro del faldón con el elemento pasante debe resolverse de tal manera que se desvíe el agua hacia los lados del mismo.

3 En el perímetro del encuentro deben disponerse elementos de protección prefabricados o realizados in situ, que deben cubrir una banda del elemento pasante por encima del tejado de 20 cm de altura como mínimo.



Se deben evitar los encuentros de elementos pasantes con limahoyas, ya que se trata de puntos críticos. Es preferible que estos encuentros se produzcan a lo largo del faldón evitando cumbres, limatesas y limahoyas.

g) Lucernarios.

1 Deben impermeabilizarse las zonas del faldón que estén en contacto con el precerco o el cerco del lucernario mediante elementos de protección prefabricados o realizados in situ.

2 En la parte inferior del lucernario, los elementos de protección deben colocarse por encima de las piezas del tejado y prolongarse 10 cm como mínimo desde el encuentro, y en la superior por debajo y prolongarse 10 cm como mínimo.

Estas medidas persiguen que el agua de la cubierta no se cuele entre la unión del lucernario con las piezas del tejado. Es decir desviar el agua que llega al lucernario hacia las tejas, las cuales conducen el agua hasta la red de evacuación (canales, bajantes).

h) Anclaje de elementos.

1 Los anclajes no deben disponerse en las limahoyas.

2 Deben disponerse elementos de protección prefabricados o realizados in situ, que deben cubrir una banda del elemento anclado de una altura de 20 cm como mínimo por encima del tejado.

Al igual que sucede con los "elementos pasantes", se deben evitar los anclajes de elementos con limahoyas, ya que se trata de puntos críticos. Es muy importante respetar la distancia de 20 cm. de protección de cara a evitar problemas de humedad en cubiertas.

i) Canalones.

1 Para la formación del canalón deben disponerse elementos de protección prefabricados o realizados in situ.

2 Los canalones deben disponerse con una pendiente hacia el desagüe del 1% como mínimo.

3 Las piezas del tejado que vierten sobre el canalón deben sobresalir 5 cm como mínimo sobre el mismo.

Los canalones se pueden ejecutar de obra, o bien con elementos prefabricados. Es muy importante garantizar la pendiente mínima (1%) hacia el desagüe de cara a que el agua no se estanque en el canalón. El tercer punto se especifica para asegurar que el agua del tejado cae de forma efectiva sobre el canalón.

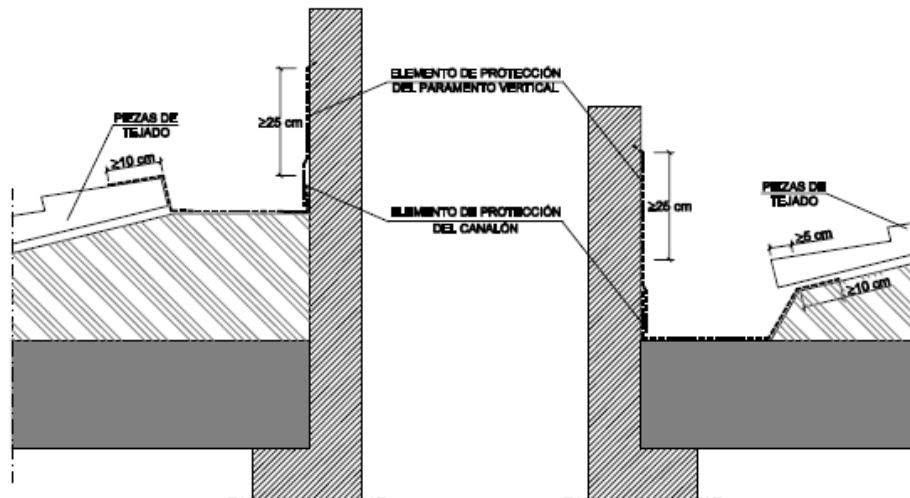


Imagen 2.3.4. Canalones¹.

4 Cuando el canalón sea visto, debe disponerse el borde más cercano a la fachada de tal forma que quede por encima del borde exterior del mismo.

Es decir la pendiente en sentido transversal del canalón debe ser hacia el exterior.

5 Cuando el canalón esté situado junto a un paramento vertical deben disponerse:

- a) cuando el encuentro sea en la parte inferior del faldón, los elementos de protección por debajo de las piezas del tejado de tal forma que cubran una banda a partir del encuentro de 10 cm de anchura como mínimo (Véase Imagen 2.3.4.);
- b) cuando el encuentro sea en la parte superior del faldón, los elementos de protección por encima de las piezas del tejado de tal forma que cubran una banda a partir del encuentro de 10 cm de anchura como mínimo (Véase Imagen 2.3.4.);
- c) elementos de protección prefabricados o realizados in situ de tal forma que cubran una banda del paramento vertical por encima del tejado de 25 cm como mínimo y su remate se realice de forma similar a la descrita para cubiertas planas (Véase Imagen 2.3.4.).

Las medidas de este punto están dirigidas a garantizar que el agua que llega del faldón del tejado cae dentro de la canal con seguridad (de ahí los solapes mínimos de 10 cm.), y además no cala el paramento vertical (banda superior de mínimo 25 cm.).

¹ España. Código Técnico de la Edificación. Documento DB HS Salubridad. Figura 2.17.



6 Cuando el canalón esté situado en una zona intermedia del faldón debe disponerse de tal forma que:

- a) el ala del canalón se extienda por debajo de las piezas del tejado 10 cm como mínimo;*
- b) la separación entre las piezas del tejado a ambos lados del canalón sea de 20 cm como mínimo.*
- c) el ala inferior del canalón debe ir por encima de las piezas del tejado.*

El apartado b) se especifica de cara a dejar una distancia mínima suficiente para que el agua que corre por el faldón del tejado caiga efectivamente sobre el canalón, mientras que el apartado c) se especifica para que el agua que pueda desbordar el canalón caiga sobre las tejas del faldón que continua el tejado (aguas abajo).

2.3.4. Condiciones de los elementos de las cubiertas para la ejecución¹.

2.3.4.1. Condiciones de la formación de pendientes.

1 Cuando la formación de pendientes sea el elemento que sirve de soporte de la impermeabilización, su superficie debe ser uniforme y limpia.

Se persigue una buena adherencia de la impermeabilización, y una planeidad del soporte. De esta forma también se evita el punzonamiento de la lámina impermeabilizante (si es el caso).

2.3.4.2. Condiciones de la barrera contra el vapor.

1 La barrera contra el vapor debe extenderse bajo el fondo y los laterales de la capa de aislante térmico.

2 Debe aplicarse en unas condiciones térmicas ambientales que se encuentren dentro de los márgenes prescritos en las correspondientes especificaciones de aplicación.

El apartado 1 es importante, ya que la barrera de vapor debe instalarse en la cara caliente del aislante de cara a evitar condensaciones.

2.3.4.3. Condiciones del aislante térmico.

1 Debe colocarse de forma continua y estable.

Es muy importante tanto la continuidad del aislante térmico como su estabilidad, de cara a evitar puentes térmicos. Por eso debe cuidarse durante la ejecución su fijación o adherencia al soporte, evitando cualquier tipo de zona o hueco sin aislar.

¹ España. Código Técnico de la Edificación. Documento DB HS Salubridad. Apartado 5.1.4.



2.3.4.4. Condiciones de la impermeabilización.

1 Las láminas deben aplicarse en unas condiciones térmicas ambientales que se encuentren dentro de los márgenes prescritos en las correspondientes especificaciones de aplicación.

2 Cuando se interrumpan los trabajos deben protegerse adecuadamente los materiales.

3 La impermeabilización debe colocarse en dirección perpendicular a la línea de máxima pendiente.

4 Las distintas capas de la impermeabilización deben colocarse en la misma dirección y a cubrejuntas.

5 Los solapos deben quedar a favor de la corriente de agua y no deben quedar alineados con los de las hileras contiguas.

Los apartados 4 y 5 están dirigidos a favorecer que el agua no encuentre una línea por donde penetrar a través de la impermeabilización. De ahí que se coloquen las capas a cubrejuntas, los solapos a favor de la corriente de agua (para que no se frene el agua en ellos), y se evite la alineación de los de las hileras contiguas.

2.3.4.5. Condiciones de la cámara de aire ventilada.

Durante la construcción de la cubierta debe evitarse que caigan cascotes, rebabas de mortero y suciedad en la cámara de aire.

Este tipo de elementos van en contra de la efectividad de la cámara de aire ventilada, por lo que debe realizarse una limpieza correcta de esta cámara durante la ejecución.



3. NORMAS DE REFERENCIA.

Cada material aislante térmico tiene una serie de normas que les son de aplicación que bien definen, clasifican o especifican características del material o bien sirven para ensayar el material para conocer sus características. Así, por ejemplo, AENOR publica una serie de normas UNE que en el caso de los aislantes térmicos corresponde al comité técnico de normalización CTN-92 cuya secretaría ostenta ANDIMA.

Relación de normas o documentos de referencia:

► Entre las **NORMAS UNE** más relacionadas con este proyecto fin de grado se pueden citar las siguientes:

UNE 23727:1990 – *Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción. Clasificación de los materiales utilizados en construcción.*

UNE-EN 12086:1998 - *Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Determinación de las propiedades de transmisión del vapor de agua.*

UNE 92120-1:1998 – *Productos de aislamiento térmico para construcción. Espuma rígida de poliuretano producida in situ por proyección. Parte1: Especificaciones para los sistemas de poliuretano antes de la instalación.*

UNE 92120-2:1998 – *Productos de aislamiento térmico para construcción. Espuma rígida de poliuretano producida in situ. Parte 2: Especificaciones para el producto instalado.*

UNE-EN 822 – *Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Determinación de la longitud y anchura.*

UNE-EN 823 – *Productos aislantes térmicos para aplicación en la edificación. Determinación del espesor.*

UNE-EN 824 – *Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Determinación de la rectangularidad.*

UNE-EN 825 – *Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Determinación de la planeidad.*

UNE-EN 826 – *Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Determinación del comportamiento a compresión.*

UNE-EN 1602 – *Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Determinación de la densidad aparente.*

UNE-EN 1606 – *Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Determinación de la fluencia a compresión.*



UNE-EN 1620 – (*Determinación de la densidad*).

UNE-EN 12087 – *Productos de aislamiento térmico para aplicaciones en la edificación. Determinación de la absorción de agua a largo plazo por inmersión.*

UNE-EN 12089 – *Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Determinación del comportamiento a la flexión.*

UNE-EN 12667:2002 - *Materiales de construcción. Determinación de la resistencia térmica por el método de la placa caliente guardada y el método del medidor de flujo de calor. Productos de alta y media resistencia térmica.*

UNE-EN 13162:2009 - *Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de lana mineral (MW). Especificación.*

UNE-EN 13163:2009 □□ *Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de poliestireno expandido (EPS). Especificación.*

UNE-EN 13164:2009 □□ *Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de poliestireno extruido (XPS). Especificación.*

UNE-EN 13165:2009 - *Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de espuma rígida de poliuretano (PUR). Especificación.*

UNE-EN 13166:2009 - *Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de espuma fenólica (PF). Especificación.*

UNE-EN 13167:2009 - *Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de vidrio celular (CG). Especificación.*

UNE-EN 13168:2009 - *Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de lana de madera (WW). Especificación.*

UNE-EN 13169:2009 - *Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de perlita expandida (EPB). Especificación.*

UNE-EN 13170:2009 - *Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de corcho expandido (ICB). Especificación.*

UNE-EN 13171:2009 - *Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de fibra de madera (WF). Especificación.*

UNE-EN 13172:2010 - *Productos aislantes térmicos. Evaluación de la conformidad.*

UNE-EN 13501-1:2007+A1:2010 - *Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Parte 1: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de reacción al fuego.*



► La Norma Tecnológica de la Edificación **NTE-Cubiertas**, también es de interés en algunos aspectos, ya que da unas recomendaciones a seguir de carácter voluntario respecto a:

- **Diseño**; dentro de este apartado trata el ámbito de aplicación de cada tipo de cubierta, la información previa de la que parte el Director de la Ejecución Material (Proyecto de Ejecución), criterios de diseño estableciendo simbologías que se corresponden con especificaciones determinadas, además hace referencia a los planos de obra y a las escalas recomendables para ellos, y por último, contiene esquemas ilustrativos sobre los planos y simbologías ya citados.

- **Cálculo**; en este apartado trata el cálculo del aislamiento térmico, el cálculo de canalones, y ejemplos entre otras cosas.

- **Construcción**; la norma establece especificaciones y simbologías acompañadas de recomendaciones específicas para las mismas, además se pueden encontrar numerosos detalles en cada tipo de cubierta. Al final de este apartado establece unas condiciones de seguridad en el trabajo.

- **Control**; se tratan las condiciones que deben cumplir los materiales y equipos de origen industrial, el control de la ejecución correspondiente a cada especificación indicando los controles a realizar, el número de controles y que criterio se sigue para la no aceptación automática, además se comentan las pruebas de servicio en su caso, y los criterios de medición correspondientes a cada especificación.

- **Valoración**; se establecen unos criterios de valoración para cada especificación, y se dan algunos ejemplos.

- **Mantenimiento**; en este apartado se pueden encontrar criterios de mantenimiento dentro de cada tipo de cubierta y para cada especificación.

NOTA: Estos aspectos de interés de la norma NTE-Cubiertas están expuestos en los apartados correspondientes de este trabajo que están más relacionados con ellos.

► El **Código Técnico de Edificación (CTE)**, fundamentalmente en lo que se refiere a la parte 1 y a los documentos siguientes:

- **DB HE Ahorro de energía.**
- **DB HS Salubridad.**
- **DB SI Seguridad en caso de incendio.**



4. MATERIALES AISLANTES TÉRMICOS

4.1. POLIESTIRENO EXTRUIDO (XPS)¹.

4.1.1. Definiciones y formas habituales de suministro

Espuma de poliestireno extruido: Material rígido aislante plástico que ha sido extruido y expandido a partir de poliestireno o de uno de sus copolímeros presentando una estructura de célula cerrada.

Plancha: Producto aislante rígido de forma y sección rectangular siendo el espesor significativamente menor que las otras dimensiones.

Las planchas de poliestireno extruido XPS pueden suministrarse con o sin piel en su superficie. Pueden estar perfiladas en los bordes (canto recto, machihembrado, media madera, etc.), y con diferentes acabados superficiales (acanalados, perforados, punzonados, etc.).

Bloque: Material o producto aislante rígido de sección generalmente rectangular, cuyo espesor no es significativamente menor que la anchura.

4.1.2. Propiedades.

Los productos de aislamiento térmico de espuma de poliestireno extruido se caracterizan por las siguientes propiedades:

- ◆ excelentes prestaciones térmicas a corto y largo plazo.
- ◆ elevada resistencia mecánica, a corto y largo plazo (fluencia).
- ◆ insensibilidad a la humedad, a corto y largo plazo.
- ◆ durabilidad de todas sus propiedades: “Hecho para durar”.
- ◆ capilaridad nula.
- ◆ imputrescibles.
- ◆ alta resistividad a la difusión del vapor de agua.
- ◆ reacción al fuego M1 (*Euroclase E* según norma UNE EN 13501-1).
- ◆ fáciles de trabajar y cortar.
- ◆ seguros en la manipulación.

¹ AENOR. Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de poliestireno extruido (XPS). **UNE-EN 13164:2001/A1:2004**. Madrid. AENOR, 2004.



4.1.3. Presentación del aislante de espuma de poliestireno extruido en cubiertas.

En las cubiertas los productos de aislamiento térmico de espuma de poliestireno extruido se presentan como planchas rígidas con estructura de célula cerrada y característico color (azul, rosa, etc).

4.1.3.1. Cubiertas transitables, no transitables, y ajardinadas.

- Son planchas rígidas de color característico y forma rectangular con corte perimetral escalonado.
- Dimensiones habituales: 1250x600 mm, en los siguientes espesores: 30,40,50,60,80, 100 y 120 mm. azul o rosa (normalmente según casa).
- Mantienen su piel de espumación.

Embalaje: paquetes de aproximadamente 0.3 m³, envueltos en plástico de polietileno retractilado.

4.1.3.2. Cubierta invertida ligera: obra nueva y rehabilitación

- Se presenta como losa aislante de forma rectangular.
- Dimensiones habituales: 1200 x 600 mm.
- Espesor (sin incluir la capa de mortero) de 50 mm.
- La base aislante mantiene su piel de espumación.

4.1.3.3. Cubierta inclinada.

- Se presenta en planchas rígidas de color característico y forma rectangular con corte perimetral escalonado, acabado superficial sin piel y con acanaladuras en la cara superior.
- Dimensiones habituales: 1200 x 600 mm en los siguientes espesores totales 35,40, 45, 50 y 55 mm (las acanaladuras tienen 5 mm de profundidad).
- Embalaje: paquetes de aproximadamente 0.3 m³, envueltos en plástico de polietileno retractilado.



Imágenes 4.1.1. y 4.1.2. Planchas de XPS y EPS con su embalaje plástico, apiladas en almacén de materiales.



Además se marcará en el embalaje o en las unidades de producción como mínimo:

- nombre comercial, fabricante o suministrador;
- tipo: XPS –Tipo;
- clase de conductividad térmica;
- valor mínimo de la resistencia Térmica R ($R = d/\lambda$), expresado en $(m^2.K)/W$ y redondeando al 0,05 más próximo;
- *clase de reacción al fuego Euroclase E* (según norma UNE EN 13501-1);
- fecha de fabricación.
- referencia a la norma UNE-EN 13164.

4.1.4. Requisitos (s/ norma UNE-EN 13164).

4.1.4.1. Para todas las aplicaciones.

Generalidades. Un resultado de un ensayo de una propiedad de un producto es la media de los valores obtenidos sobre el número de probetas de ensayo.

a) Conductividad térmica y resistencia térmica.

Conductividad térmica es la propiedad fundamental para los materiales destinados al aislamiento térmico. Indica la facilidad que presenta el material a la transmisión de calor. El símbolo para esta propiedad es la letra griega λ (lambda). Las unidades en el Sistema Internacional para expresar los valores de la conductividad térmica son: $W/(m.K)$.

La *resistencia térmica* de un material representa la capacidad del material de oponerse al flujo del calor.

La resistencia térmica y la conductividad térmica se basarán en mediciones realizadas de acuerdo con el proyecto de Norma prEN 12667 o la Norma EN 12939 para productos de alto espesor.

La resistencia térmica y la conductividad térmica se determinarán de acuerdo con el Anexo A y el Anexo C y el fabricante debe declararlas teniendo en cuenta entre otros los siguientes aspectos:

- la temperatura media de referencia será de $10^\circ C$.
- los valores medios obtenidos se expresarán mediante tres cifras significativas.
- la resistencia térmica, R_D , se declarará siempre. La conductividad térmica, λ_D , se declara cuando sea posible.



- la resistencia térmica, R_D , y la conductividad térmica, λ_D , se indicarán como valores límite que representen al menos el 90% de la producción, determinados con un nivel de confianza del 90%.

b) Longitud, anchura, rectangularidad y planeidad.

La longitud, l , y la anchura, b , se determinan de acuerdo con la norma EN 822, la rectangularidad en longitud y anchura, S_b , según la Norma EN 824, y planeidad, $S_{m\acute{a}x}$, según la norma EN 825. Ningún resultado de ensayo deberá desviarse de los valores nominales en más de las tolerancias indicadas en la **tabla 4.1.1**.

Tabla 4.1.1
Tolerancia de longitud, anchura, rectangularidad y planeidad.

Longitud o anchura nominal	Tolerancias		
	Longitud o anchura	Rectangularidad en longitud y en anchura	Planeidad
mm	mm	S_b mm/m	$S_{m\acute{a}x}$ mm
Menos de 1000	± 8	5	7,0
1.000 a 2.000	± 10	5	14,0
> 2.000 a 4.000	± 10	5	28,0
> 4.000	± 10	5	35,0

c) Espesor.

El espesor, d , se determinará de acuerdo con la Norma EN 823. Ningún resultado de ensayo deberá desviarse del espesor nominal d_N , en más de las tolerancias indicadas en la **tabla 4.1.2** para la clase correspondiente.

Tabla 4.1.2
Clases para las tolerancias de espesor

Clase	Tolerancias		Espesor mm
T1	-2	+2	<50
	-2	+3	$50 \leq d_N \leq 120$
	-2	+8	>120
T2	-1,5	+1,5	<50
	-1,5	+1,5	$50 \leq d_N \leq 120$
	-1,5	+1,5	>120
T3	-1	+1	<50
	-1	+1	$50 \leq d_N \leq 120$
	-1	+1	>120



d) Estabilidad dimensional bajo condiciones específicas de temperatura y humedad.

La estabilidad dimensional bajo condiciones de temperatura y humedad específicas se determinará de acuerdo con la norma EN 1604. Los ensayos se realizarán tras un acondicionamiento durante 48 horas a $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ y $(90 \pm 5) \%$ de humedad relativa. Los cambios relativos en longitud $\Delta\varepsilon_l$ y en espesor $\Delta\varepsilon_d$ no excederán del 2%.

e) Tensión de compresión o resistencia a compresión.

La tensión a compresión a una deformación del 10%, σ_{10} , o la resistencia a compresión σ_m , se determinarán de acuerdo con la Norma EN 826. Ningún ensayo bien de la deformación por compresión al 10%, σ_{10} , bien de la resistencia a compresión, σ_m , siendo indiferente cual sea el resultado mayor, deberá ser inferior a los valores dados en la **tabla 4.1.3.** para los niveles declarados.

Tabla 4.1.3
Niveles para la deformación a la compresión o resistencia a compresión.

Nivel	Requisito kPa
CS(10/Y)100	> 100
CS(10/Y)200	≥ 200
CS(10/Y)250	≥ 250
CS(10/Y)300	≥ 300
CS(10/Y)400	≥ 400
CS(10/Y)500	≥ 500
CS(10/Y)600	≥ 600
CS(10/Y)700	≥ 700
CS(10/Y)800	≥ 800
CS(10/Y)1000	≥ 1.000

f) Reacción al fuego.

La clasificación de reacción al fuego (Euroclases) se determinará de acuerdo con la Norma Europea EN 13501-1.

4.1.4.2. Para aplicaciones específicas.

Generalidades. Si no existe ningún requisito para alguna propiedad de las citadas a continuación para un producto en uso, no será necesario que el fabricante determine y declare dicha propiedad.

Entre las propiedades para aplicaciones específicas se pueden citar las siguientes:



a) Estabilidad dimensional bajo condiciones específicas.

- Estabilidad dimensional a temperatura específica.
- Estabilidad dimensional bajo condiciones específicas de temperatura y humedad.
- Deformación bajo condiciones específicas de carga a compresión y de temperatura.

b) Tracción perpendicular a las caras.

c) Fluencia a compresión.

d) Absorción del agua.

- Absorción del agua a largo plazo por inmersión.
- Absorción del agua a largo plazo por difusión.
- Resistencia a la congelación- descongelación.
- Transmisión de vapor de agua.
- Emisión de sustancias peligrosas.

4.1.5. Métodos de ensayo (s/ norma UNE-EN 13164).

4.1.5.1. Toma de muestras.

Las probetas de ensayo se tomarán de una misma muestra, con un área total no inferior a una plancha, suficiente para realizar todos los ensayos necesarios.

4.1.5.2. Acondicionamiento.

No se requiere ningún acondicionamiento especial para las probetas de ensayo, a menos que se especifique lo contrario en esta norma. En caso de litigio las probetas de ensayo se acondicionarán a (23 ± 2) °C y (50 ± 5) % de humedad relativa durante al menos 6 h. antes del ensayo.

4.1.5.3. Métodos de ensayo.

Generalidades. La **tabla 4.1.4.** indica las dimensiones de las probetas de ensayo, el número mínimo de mediciones necesarias para obtener un resultado de ensayo y las condiciones necesarias.



a) Resistencia térmica y conductividad térmica. Se determinarán de acuerdo con el proyecto de Norma prEN 12667 o la Norma EN 12939 para productos de alto espesor y en las condiciones siguientes:

- a una temperatura media de $(10 \pm 0,30)$ °C.
- tras un acondicionamiento (s/ punto anterior).
- teniendo en cuenta el efecto de envejecimiento.

NOTA - La resistencia térmica y la conductividad térmica también puede medirse a temperaturas medias distintas de 10°C, siempre que se documente debidamente la precisión de la relación entre la temperatura y las propiedades térmicas.

La resistencia térmica y la conductividad térmica se determinarán directamente para el espesor medido. Si no es posible, se determinarán mediante mediciones sobre otros espesores del producto, siempre y cuando:

- el producto presente unas características químicas y físicas similares y se produzca en la misma unidad de producción;
- y pueda demostrarse, de acuerdo con la Norma EN 12939, que la conductividad térmica, λ , no varía más de un 2% sobre el rango de espesores al que se aplica el cálculo.



Tabla 4.1.4.
Métodos de ensayo, probetas y condiciones.

Apartado (UNE-EN 13164)		Método de ensayo	Longitud y anchura de la probeta de ensayo ^a	Nº mín. de mediciones para obtener un resultado de ensayo	Condiciones específicas
Nº	Título				
4.2.1.	Resistencia térmica - conductividad térmica	PrEN12667 o EN 12939	Véase prEN 12667 o EN 12939 o anexo C	1	Ver anexo C
4.2.2.	Longitud y anchura	EN 822	Tamaño original	1	-
4.2.2.	Rectangularidad	EN 824	Tamaño original	1	
4.2.2.	Planeidad	EN 825	Tamaño original	1	-
4.2.3.	Espesor	EN 823	Tamaño original	1	Carga: (250 ± 5) Pa
4.2.4.	Estabilidad dimensional en condiciones específicas de temperatura y humedad	EN 1604	200x200	2	Acondicionar las probetas durante 45 días. Condiciones de ensayo: 23°C, 90% de humedad relativa
4.2.5.	Tensión o resistencia a compresión	EN 826	100 x 100	5	Acondicionar las probetas durante 45 días (la longitud y anchura de la probeta deben ser ≥ a su espesor)
			150 x 150	3	
4.2.6.	Reacción al fuego	Véase EN 13501-1			-
4.3.2.	Estabilidad dimensional a temperatura específica	EN 1604	200 x 200	2	Acondicionar las probetas durante 45 días
	Estabilidad dimensional a temperaturas específicas	EN 1604	200 x 200	2	Acondicionar las probetas durante 45 días Condiciones de ensayo: 70°C, 90% de humedad relativa
	Deformación bajo condiciones específicas de carga a compresión y de temperatura	EN 1605	100x100	3	Acondicionar las probetas durante 45 días
4.3.3.	Tracción perpendicular a las caras	EN 1607	50x50	5	-
4.3.4.	Fluencia a compresión	EN 1606	100 x 100	2	Probetas escogidas en la zona promedio de resistencia a compresión o tensión a compresión media de un panel. Acondicionar las probetas durante 45 días
			150 x 150	2	
4.3.5.	Carga puntual	EN 826	Véase 4.2.5		
4.3.6.1.	Absorción de agua a largo plazo por inmersión	EN 12087	200x200	2	Método 2A
4.3.6.2.	Absorción de agua a largo plazo por difusión	EN 12088	500x500	2	-
4.3.7.	Resistencia a ciclos de congelación-descongelación	EN 12091	500x500	1	Serie A
			100x100 ó	5	Serie B ₁ y B ₂
			150x150	3	Serie B ₁ y B ₂
4.3.8.	Propiedades de transmisión de vapor de agua	EN 12086	Véase 6.1 de EN 12086:1997	3	Condiciones, Serie A
4.3.9.	Emisión de sustancias peligrosas	^b	-	-	-

^a Espesor del producto original, excepto para el apartado 4.2.6.

^b Aún no disponible



4.1.6. Código de designación (s/ norma UNE-EN 13164).

El fabricante proporcionará un código de designación para el producto. Se incluirán los siguientes elementos, excepto cuando no existan requisitos para una propiedad de las descritas para aplicaciones específicas.

Abreviatura de espuma de poliestireno extruido (eXtruded PolyStyrene foam)	XPS
Número de norma europea	EN 13164
Tolerancias en espesor	Ti
Tensión o resistencia a compresión	CS(10\Y)i
Estabilidad dimensional a temperatura específica	DS(T+)
Estabilidad dimensional a temperatura y humedad específicas	DS (TH)
Estabilidad dimensional bajo condiciones de carga a compresión y temperatura específicas	DLT (i) 5
Resistencia a la tracción perpendicular a las caras	Tri
Fluencia a compresión	CC(i ₁ /i ₂ /y) σ _c
Carga puntual	PL(5)i
Absorción de agua a largo plazo por inmersión	WL(T)i
Absorción de agua a largo plazo por difusión	WD (V)i
Transmisión de vapor de agua	MUi o Zi
Resistencia a ciclos de congelación-descongelación	FTi

donde "i" se utilizará para indicar la clase o el nivel relevante, "σ_c" se utilizará para indicar la tensión de compresión, "y" indicará el número de años.

El siguiente ejemplo ilustra el código de designación para un producto de poliestireno extruido:

XPS-EN 13164- T2-DLT(1)5-DLT(2)5-CS(10/Y)300-CC(2/1,5/50)100-WL(T)3-MU 150-FT2

4.1.7. Evaluación de la conformidad.

El fabricante o su representante autorizado será responsable de la conformidad de su producto con los requisitos de esta Norma Europea. La evaluación de la conformidad se efectuará de acuerdo con la Norma Europea EN 13172 y se basará en el control de producción en fábrica y ensayos sobre muestras tomadas en ésta.

Si el fabricante decide agrupar sus productos, lo hará de acuerdo con la Norma EN 13172.

Las frecuencias mínimas de ensayo en el control de producción en fábrica se establecerán de acuerdo con el anexo B de esta norma (UNE-EN 13164). Cuando se realicen ensayos indirectos, la correlación con los ensayos directos se establecerá de acuerdo con la Norma EN 13172.



El fabricante o su representante autorizado proporcionará, cuando se le requiera, el correspondiente certificado o declaración de conformidad.

4.1.8. Marcado y etiquetado.

Los productos conformes a esta norma UNE EN 13164 se marcarán con claridad, ya sea sobre el producto, la etiqueta o sobre el embalaje, con la siguiente información:

- nombre del producto u otras características de identificación¹.
- nombre o marca de identificación y dirección del fabricante o de su representante autorizado.
- año de fabricación (los últimos dos dígitos).
- turno u hora de producción y planta de fabricación o código de trazabilidad.
- clase de reacción al fuego.
- resistencia térmica declarada.
- conductividad térmica declarada.
- espesor nominal.
- código de designación.
- tipo de revestimiento, si procede.
- longitud nominal, anchura nominal.
- número de piezas y área del embalaje, según proceda.

¹*preferentemente sobre el producto*

Los productos de poliestireno extruido tienen la marca N voluntaria AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación) de producto certificado, que certifica que el producto mantiene en el tiempo el cumplimiento con las especificaciones y procedimientos de aseguramiento de la calidad que imponen las normas UNE- EN 13172 y UNE-EN 13164 y los reglamentos propios de AENOR.

La obtención de la certificación de producto AENOR permite la inclusión de la marca N en el etiquetado de los productos de poliestireno extruido.



4.1.9. Marcado CE y etiquetado.

El fabricante o su representante autorizado dentro del EEE es responsable del marcado CE. El marcado se hará sobre el propio producto, en una etiqueta sobre el mismo o en su embalaje.



El marcado CE consiste exclusivamente en las letras "CE" en la forma indicada por la directiva 93/68/EC seguidas del número de identificación del organismo notificado en el caso de productos bajo el sistema 1.

El marcado CE para productos de espuma de poliestireno extruido irá acompañado por la siguiente información:

Tabla 4.1.5.
Ejemplo de información para el marcado CE

Número del organismo de certificación (para productos bajo el sistema 1)
Nombre o identificación y dirección registrada del fabricante
Últimos dos dígitos del año de obtención del marcado CE
Número de certificado de conformidad CE (si procede)
Número de esta norma EN
Identificación del producto
Clase de reacción al fuego
Resistencia térmica - Conductividad térmica
Espesor
Código de designación

Además de cualquier información específica relacionada con sustancias peligrosas, el producto debe adjuntar, cuando y donde se requiera en la forma correspondiente, documentación que incluya cualquier otra legislación sobre sustancias peligrosas que requiera conformidad, junto con cualquier información que exija dicha legislación.

4.1.10. Almacenamiento del material.

Las planchas se almacenan en fábrica en local cerrado. En obra pueden almacenarse al aire libre sobre una base plana pero siempre perfectamente protegidas de la acción directa del sol y con un lastre para asegurarlas contra la acción del viento.

4.1.11. Precauciones de uso con planchas de poliestireno extruido (XPS).

Las planchas de XPS sufren cambios dimensionales irreversibles si quedan expuestas durante largo rato a temperaturas altas. La temperatura máxima de trabajo, en servicio permanente, es de 75 °C.

Las planchas de XPS, en contacto directo con sustancias o materiales que contengan componentes volátiles, se encuentran expuestas al ataque por disolventes. Al seleccionar un adhesivo, deben tenerse en cuenta las recomendaciones del fabricante con respecto a la idoneidad del mismo para su utilización con espuma de poliestireno.



Si las planchas se almacenan durante un período largo de tiempo, deben protegerse de la luz solar directa, preferiblemente en su empaquetado original.

Las planchas de XPS contienen un aditivo que retarda la inflamabilidad a fin de inhibir la ignición accidental proveniente de una pequeña fuente de fuego, pero las planchas son combustibles y pueden quemarse rápidamente si se exponen a fuego intenso. Todas las clasificaciones en relación con el fuego se basan en ensayos realizados a pequeña escala y puede ser que no refleje la reacción del material bajo condiciones de fuego reales.

4.1.12. Aplicaciones principales.

- **Sistema de cubierta plana invertida, en las siguientes variantes:**

- 1.-Cubierta no transitable (acabado en grava).
- 2.- Cubierta transitable, tanto por tránsito peatonal (protección con baldosas o con baldosín) como rodado (parking).
- 3.- Cubierta ajardinada, tanto de tipo intensivo como extensivo.

- **Cubiertas invertidas ligeras como:**

- 1.- Obra nueva donde no sea deseable una sobrecarga excesiva en cubierta.
- 2.- Rehabilitación de cubiertas y, en general, obras de acceso difícil.

- **Aislamiento en cubierta inclinada bajo teja:**

- 1.-Acabado con teja cerámica o de cemento.
- 2.-Acabado con pizarra.
- 3.-Sistema de impermeabilización de seguridad bajo las planchas aislantes.

- **Cubierta convencional tipo “deck”.**

Con impermeabilización a base de lámina impermeabilizante sintética de color claro (blanco o gris).

4.2. POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)¹.

4.2.1. Definiciones y formas habituales de suministro.

espuma de poliestireno expandido (EPS): Material plástico celular y rígido fabricado a partir del moldeo de perlas expandidas de poliestireno expandible o uno de sus copolímeros que presenta una estructura celular esencialmente cerrada y rellena de aire.

¹ AENOR. Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de poliestireno expandido (EPS). Especificación. **UNE-EN 13163:2001**. Madrid. AENOR, 2002



Las tres formas más habituales de suministro son las siguientes:

plancha: Producto aislante rígido (cortado, moldeado o procedente del moldeo en continuo) de forma y sección rectangular siendo el espesor significativamente menor que las otras dimensiones.

Las planchas pueden tener un espesor uniforme o bien estar “perfiladas” (espesor variable). Los cantos de las planchas pueden ser de varios tipos (por ejemplo: escuadrados, a media madera, machihembrados, etc.).

bloque: Material o producto aislante rígido de sección generalmente rectangular cuyo espesor no es significativamente menor que la anchura.

rollo: Planchas o tiras de material adheridas a un recubrimiento flexible, suministrado de forma plegada o enrollada, la cual forma una superficie de aislamiento continuo cuando se desenrolla.

4.2.2. Requisitos (s/ norma UNE-EN 13163).

4.2.2.1. Para todas las aplicaciones.

Generalidades. Para mostrar su conformidad con esta norma, los productos deberán cumplir los requisitos de este apartado, así como los requisitos "para aplicaciones específicas" en los casos en que corresponda.

El resultado de un ensayo de una propiedad de un producto es la media de los valores obtenidos en una serie de probetas de ensayo. Cuando se utilicen valores límite, estos deben representar el valor alcanzado por al menos el 90% de la producción con un nivel de confianza del 90%.

a) Conductividad térmica y resistencia térmica.

Conductividad térmica es la propiedad fundamental para los materiales destinados al aislamiento térmico. Indica la facilidad que presenta el material a la transmisión de calor. El símbolo para esta propiedad es la letra griega λ (lambda). Las unidades en el Sistema Internacional para expresar los valores de la conductividad térmica son: W/(m.K).

La *resistencia térmica* de un material representa la capacidad del material de oponerse al flujo del calor.

La resistencia térmica y la conductividad térmica se basarán en mediciones realizadas de acuerdo con el proyecto de Norma prEN 12667 o la Norma EN 12939 para productos de alto espesor.



La resistencia térmica y la conductividad térmica se determinarán de acuerdo con el Anexo A y el fabricante debe declararlas teniendo en cuenta entre otros los siguientes aspectos:

- la temperatura media de referencia será de 10° C.
- los valores medidos se expresarán mediante tres cifras significativas.
- la resistencia térmica, R_D , se declarará siempre. La conductividad térmica, λ_D , se declara cuando sea posible.
- la resistencia térmica declarada, R_D , y la conductividad térmica declarada, λ_D , se indicarán como valores límite que representen al menos el 90% de la producción, determinados con un nivel de confianza del 90%.

b) Longitud, anchura, espesor, rectangularidad y planeidad.

- La longitud, l , y la anchura, b , se determinarán de acuerdo con la Norma EN 822.
- El espesor, d , se determinará de acuerdo con la Norma EN 823.
- La rectangularidad se determinará de acuerdo con la Norma EN 824.

Ningún resultado de ensayo deberá desviarse de los valores nominales en más de las tolerancias indicadas en la **tabla 4.2.1** para la clase declarada.

Tabla 4.2.1.
Clases de tolerancias dimensionales

Propiedad	Clase	Tolerancias	
		Planchas	Rollos
Longitud	L1	$\pm 0,6\%$ ó ± 3 mm. ^a	-1%
	L2	± 2 mm.	+ sin restricción
Anchura	W1	$\pm 0,6\%$ ó ± 3 mm. ^a	$\pm 0,6\%$
	W2	± 2 mm.	ó ± 3 mm. ^a
Espesor ^b	T1	± 2 mm.	
	T2	± 1 mm.	
Rectangularidad	S1	± 5 mm./ 1.000 mm.	
	S2	± 2 mm./ 1.000 mm.	
Planeidad ^c	P1	± 30 mm.	
	P2	± 15 mm.	
	P3	± 10 mm.	
	P4	± 5 mm.	

^a El que presente la mayor tolerancia numérica.
^b Para otras clases ver 4.3.13.1. (Norma UNE EN 13163).
^c La planeidad está expresada en metros corridos.



c) Estabilidad dimensional en condiciones normales y constantes de laboratorio.

Se determinará de acuerdo con la norma EN 1603 (23 °C, 50% de humedad relativa). Los cambios relativos en longitud, $\Delta\epsilon_l$, y en anchura, $\Delta\epsilon_b$, no excederán de los valores indicados en la **tabla 4.2.2** para la clase declarada.

Tabla 4.2.2.
Clases de estabilidad dimensional en condiciones normales de laboratorio

Clase	Requisito %
DS(N) 5	$\pm 0,5$
DS(N) 2	$\pm 0,2$

d) Estabilidad dimensional en condiciones específicas de temperatura y humedad.

Se determinará de acuerdo con la Norma EN 1604. El ensayo debe efectuarse durante 48 h. (23 \pm 2) °C a (90 \pm 5) % de humedad relativa.

Los cambios relativos en la longitud, $\Delta\epsilon_l$, en la anchura, $\Delta\epsilon_b$, y en el espesor, $\Delta\epsilon_d$, no excederán del 1%. Este ensayo no se realizará cuando se realice el ensayo más exigente (descrito en 4.3.2. Norma UNE-EN 13163) para un producto en una aplicación específica.

e) Resistencia a flexión.

La resistencia a flexión, σ_b , se determinará de acuerdo a la Norma En 12089. Para su manipulación, los productos tendrán un nivel mínimo de resistencia a flexión de 50 kPa.

f) Reacción al fuego.

La clasificación respecto a la reacción al fuego (Euroclases) se determinará de acuerdo con el proyecto de Norma EN 13501-1.

4.2.2.2. Para aplicaciones específicas.

Generalidades. Si no existe ningún requisito para alguna propiedad de las citadas a continuación para un producto en uso, no será necesario que el fabricante determine y declare dicha propiedad.

Entre las propiedades para aplicaciones específicas se pueden citar las siguientes:

a) Estabilidad dimensional bajo condiciones específicas de temperatura y humedad.



b) Deformación bajo condiciones específicas de carga a compresión y de temperatura.

c) Tensión de compresión al 10% de deformación.

d) Resistencia a la tracción perpendicular a las caras.

e) Resistencia a la flexión.

f) Carga puntual.

g) Fluencia a compresión.

h) Absorción de agua.

- A largo plazo por inmersión.

- A largo plazo por difusión.

i) Resistencia a la congelación-descongelación.

j) Transmisión de vapor de agua.

k) Rigidez dinámica.

l) Compresibilidad.

- Espesor, d_L .

- Espesor, d_B .

- Compresibilidad, c .

- Reducción de espesor a largo plazo.

m) Densidad aparente.

n) Emisión de sustancias peligrosas.

4.2.3. Métodos de ensayo (s/ norma UNE-EN 13163).

4.2.3.1. Toma de muestras.

Las probetas de ensayo se tomarán de una misma muestra, con un área total no inferior a 1 m^2 y suficiente para realizar todos los ensayos necesarios. El lado más corto de la muestra no será inferior a los 300 mm. o el tamaño original del producto, el que sea menor.

4.2.3.2. Acondicionamiento.

El acondicionamiento de las probetas de ensayo se llevará a cabo al menos 6 h antes del ensayo (23 ± 5) °C, a menos que se especifique en la norma de ensayo. En caso de litigio, las probetas de ensayo se acondicionarán a (23 ± 2) °C y a una humedad relativa de (50 ± 5) % durante al menos 14 días antes del ensayo.



4.2.3.3. Métodos de ensayo.

Generalidades. La **tabla 4.2.3** indica las dimensiones de las probetas de ensayo, el número mínimo de mediciones necesarias para obtener un resultado de ensayo y las condiciones necesarias.

a) Resistencia térmica y conductividad térmica. Se determinarán de acuerdo con el proyecto de Norma prEN 12667 o la Norma EN 12939 para productos de alto espesor y en las condiciones siguientes:

- a una temperatura media de $(10 \pm 0,30)$ °C.
- tras un acondicionamiento (s/ punto anterior).
- tras una preparación según el procedimiento descrito en la **tabla 4.2.3**.

NOTA - La resistencia térmica y la conductividad térmica también puede medirse a temperaturas medias distintas de 10°C, siempre que se documente debidamente la precisión de la relación entre la temperatura y las propiedades térmicas.

La resistencia térmica y la conductividad térmica se determinarán directamente para el espesor medido. Si esto no es posible, se determinarán mediante mediciones sobre otros espesores del producto, siempre y cuando:

- el producto presente unas características químicas y físicas similares y se produzca en la misma unidad de producción;
- y pueda demostrarse, de acuerdo con la Norma EN 12939, que la conductividad térmica, λ , no varía más de un 2% sobre el rango de espesores al que se aplica el cálculo.



Tabla 4.2.3.
Métodos de ensayo, probetas y condiciones.

Apartado (UNE-EN 13163)		Método de ensayo	Longitud y anchura de la probeta de ensayo ^{a,b}	Nº mín. de mediciones para obtener un resultado de ensayo ^c	Condiciones específicas
Nº	Título				
4.2.1	Resistencia térmica - conductividad térmica	PrEN 12667 o EN 12939	Véase prEN 12667 o EN 12939	1	
4.2.2	Longitud y anchura	EN 822	Tamaño original	1	
4.2.3	Espesor	EN 823	Tamaño original	1	Carga de (250 ± 5) Pa
4.2.4	Rectangularidad	EN 824	Tamaño original	1	
4.2.5	Planeidad	EN 825	Tamaño original	1	
4.2.6.1	Estabilidad dimensional bajo condiciones normales constantes de laboratorio	EN 1603	Tamaño original	3	
4.2.6.2	Estabilidad dimensional bajo condiciones específicas de temperatura y humedad	EN 1604	200x200	3	
4.2.7 y 4.3.6	Resistencia a flexión	EN 12089	300 x 150 x 50 ^d , o (5 x d + 50)x 150 x d ^e	3	Método B
4.2.8	Reacción al fuego	Véase EN 13501-1			
4.3.2	Estabilidad dimensional a temperatura y humedad específicas	EN 1604	200 x 200	3	
4.3.3	Deformación bajo condiciones específicas de carga de compresión y temperatura	EN 1605	50 x 50 x 50	3	Han de quitarse las capas o recubrimientos
4.3.4	Tensión de compresión al 10% de deformación	EN 826	50 x 50 x 50	3	Alisamiento de la superficie
4.3.5	Resistencia a la tracción perpendicular a las caras	EN 1607	50 x 50 x 50	3	
4.3.8	Fluencia a compresión	EN 1606	50 x 50 x 50 ^f	2	Alisamiento de la superficie
4.3.9.1	Absorción de agua a largo plazo por inmersión	EN 12087	200 x 200	3	Método 1A y 2A
4.3.9.2	Absorción de agua a largo plazo por difusión	EN 12088	500x500	2	
4.3.10	Resistencia a la congelación-descongelación	EN 12091	200 x 200	6	Preparación por EN 12087
4.3.11	Transmisión de vapor	EN 12086	100 x 100	5	Serie B
4.3.12	Rigidez dinámica	EN 29052-1	200 x 200	3	
4.3.13	Espesor, d_L	EN 12431	200 x 200	3	Medido 300 s. después de que la precarga haya sido retirada
	Espesor, d_B	EN 12431			
	Reducción de espesor a largo plazo	EN 1606			
4.3.14	Densidad aparente	EN 1602	Tamaño original	5	
4.3.15	Emisión de sustancias peligrosas	^g			

^a Tamaño original del espesor del producto, excepto para 4.2.7, 4.3.3, 4.3.4, 4.3.5, 4.3.6 y 4.3.8.

^b Las dimensiones de la probeta se determinarán de acuerdo con la Norma EN 12085.

^c Para el cálculo del fractil 90% y el nivel de confianza del 90%, se utilizarán mediciones individuales.

^d Tamaño de la probeta utilizado para planchas de al menos 50 mm.

^e Para planchas de espesor $d < 50$ mm.

^f O bien de acuerdo por las partes implicadas.

^g Aún no disponible.



4.2.4. Código de designación (s/ norma UNE-EN 13163).

El fabricante proporcionará un código de designación para el producto. Se incluirán los siguientes elementos, excepto cuando no existan requisitos para una propiedad de las descritas para aplicaciones específicas.

Abreviatura de poliestireno expandido (expanded polystyrene)	EPS
Número de norma europea	EN 13163
Tolerancia en espesor	Ti
Tolerancia de longitud	Li
Tolerancia de anchura	Wi
Tolerancia de rectangularidad	Si
Tolerancia de planeidad	Pi
Estabilidad dimensional a una temperatura y humedad específicas	DS(TH)i
Resistencia a flexión	BSi
Tensión de compresión al 10% de deformación	CS(10)i
Estabilidad dimensional en condiciones de laboratorio	DS(N)i
Deformación bajo cond. específic. de carga a compresión y temperatura	DLT(i)5
Resistencia a la tracción perpendicular a las caras	TRi
Fluencia a compresión	CC(i,y)x
Absorción de agua a largo plazo	WL(T)i
Absorción de agua por difusión	WD(V)i
Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua	MU
Rigidez dinámica	sDi
Compresibilidad	CPi

donde:

"i" se utilizará para indicar la clase o nivel correspondiente.

" σ_c " se utilizará para indicar la tensión de compresión.

"y" indicará el número de años evaluados por extrapolación.

El siguiente ejemplo ilustra el código de designación para un producto de poliestireno expandido:

EPS - EN13163 - T1 - L1 - W1 - S1 - P1 - BS100 - CS(10)60 - DS(N)5 - DLT(1)5 - TR50 - WL(T)5 - WD(V)15

4.2.5. Evaluación de la conformidad.

El fabricante o su representante autorizado será responsable de la conformidad de su producto con los requisitos de esta norma europea. La evaluación de la conformidad se efectuará de acuerdo con la Norma EN 13172 y se basará en el control de producción en fábrica y ensayos efectuados sobre muestras tomadas en ésta.



Si el fabricante decide agrupar sus productos, lo hará de acuerdo con la Norma EN 13172.

Las frecuencias mínimas de ensayo en el control de producción en fábrica se establecerán de acuerdo con el anexo B de esta norma (UNE-EN 13163). Cuando se realicen ensayos indirectos, la correlación con los ensayos directos se establecerá de acuerdo con la Norma EN 13172.

El fabricante o su representante autorizado proporcionará, cuando se le requiera, el correspondiente certificado o declaración de conformidad.

4.2.6. Marcado y etiquetado.

Los productos conformes a esta norma UNE EN 13163 se marcarán con claridad, ya sea sobre el producto, la etiqueta o sobre el embalaje, con la siguiente información:

- nombre del producto u otras características de identificación.
- nombre o marca de identificación y dirección del fabricante o de su representante legal.
- año de fabricación (los últimos dos dígitos).
- turno u hora de producción y planta de fabricación o código de trazabilidad.
- clase de reacción al fuego.
- resistencia térmica declarada.
- conductividad térmica declarada.
- espesor nominal.
- código de designación.
- tipo de revestimiento, si procede.
- longitud nominal, anchura nominal.
- número de piezas y área del embalaje, según proceda.

Los productos de poliestireno expandido tienen la marca N voluntaria AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación) de producto certificado, que certifica que el producto mantiene en el tiempo el cumplimiento con las especificaciones y procedimientos de aseguramiento de la calidad que imponen las normas UNE- EN 13172 y UNE-EN 13163 y los reglamentos propios de AENOR.

La obtención de la certificación de producto AENOR permite la inclusión de la marca N en el etiquetado de los productos de poliestireno extruido.





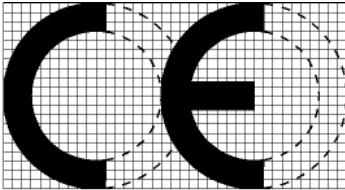
4.2.7. Marcado CE y etiquetado.

El fabricante o su representante autorizado dentro del EEE es responsable del marcado CE. El marcado se hará sobre el propio producto, en una etiqueta sobre el mismo o en su embalaje.

El marcado CE consiste exclusivamente en las letras “CE” en la forma indicada por la Directiva 93/68/CE seguidas del número de identificación del organismo notificado en el caso de productos bajo el sistema 1.

El marcado CE para productos de poliestireno expandido irá acompañado por la siguiente información:

Tabla 4.2.4.
Ejemplo de información para el marcado CE


Número del organismo de certificación (para productos bajo el sistema 1)
Nombre o identificación y dirección registrada del fabricante
Últimos dos dígitos del año de obtención del marcado CE
Número de certificado de conformidad CE (si procede)
Número de esta norma EN
Identificación del producto
Clase de reacción al fuego
Resistencia térmica - Conductividad térmica
Espesor
Código de designación

Además de cualquier información específica relacionada con sustancias peligrosas, el producto debe adjuntar, cuando y donde se requiera en la forma correspondiente, documentación que incluya cualquier otra legislación sobre sustancias peligrosas que requiera conformidad, junto con cualquier información que exija dicha legislación.

4.2.8. Clasificación de productos.

Los productos de EPS se dividen en tipos, como se muestra en las **tablas 4.2.5 y 4.2.6**. El tipo EPS T tiene propiedades específicas de aislamiento frente al ruido de impacto. Cada tipo, excepto el EPS S, el cual no se utiliza en aplicaciones de resistencia de carga, debe satisfacer dos condiciones diferentes al mismo tiempo para asegurar el adecuado comportamiento del producto.



Tabla 4.2.5.
Clasificación de productos de EPS

Tipo	Tensión de compresión al 10% de deformación kPa	Resistencia a flexión
EPS S	-	50
EPS 30	30	50
EPS 50	50	75
EPS 60	60	100
EPS 70	70	115
EPS 80	80	125
EPS 90	90	135
EPS 100	100	150
EPS 120	120	170
EPS 150	150	200
EPS 200	200	250
EPS 250	250	350
EPS 300	300	450
EPS 350	350	525
EPS 400	400	600
EPS 500	500	750

Tabla 4.2.6.
Clasificación de productos de EPS con resistencia de carga con propiedades acústicas

Tipo	Compresibilidad	Rigidez dinámica
EPS T	Nivel tomado de la tabla 12 (UNE-EN 13163)	Nivel tomado de la tabla 10 (UNE-EN 13163)

4.2.9. Almacenamiento del material

Se recomienda que no se retire el embalaje, ni se quiten en su caso los palets hasta que no se vayan a usar estos productos, no exponiéndolos durante un periodo largo de tiempo al sol ni a la lluvia.

4.2.10. Aplicaciones en cubiertas.

En la *cubierta plana* el producto más extendido son las planchas mecanizadas con posibilidad de encaje en su perímetro. Para cualquiera de las variedades de este tipo de cubierta se recomienda el uso de productos de alta densidad ($20-35 \text{ kg/m}^3$). Oscilando el valor de la resistencia a compresión para estas densidades entre 100 y 250 kPa.

También se usa en *cubiertas inclinadas* aprovechando entonces el espacio bajo cubierta siendo los productos más adecuados las planchas conformadas para recibir diferentes elementos de acabado, tejas, placas, etc. En estas aplicaciones se recomienda también el uso de productos de alta densidad ($20-35 \text{ kg/m}^3$), oscilando las resistencias a compresión entre 100 y 250 kPa.



4.2.11. Precauciones.

El poliestireno expandido es estable frente a muchos productos químicos. Si se utilizan adhesivos, pinturas disolventes y vapores concentrados de estos productos, hay que esperar un ataque de estas sustancias. En la siguiente **tabla 4.2.7.** se detalla más información acerca de la estabilidad química del EPS.

Tabla 4.2.7.
Estabilidad química del EPS

SUSTANCIA ACTIVA	ESTABILIDAD
Ácidos concentrados (sin agua) al 100%	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Disolventes orgánicos (acetona, esteres,...)	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Hidrocarburos alifáticos saturados	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Aceites de parafina, vaselina	Relativamente estable: en una acción prolongada, el EPS puede contraerse o ser atacada su superficie
Aceite de diesel	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Carburantes	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Aceites de silicona	Relativamente estable: en una acción prolongada, el EPS puede contraerse o ser atacada su superficie

4.3. LANAS MINERALES (MW)¹.

4.3.1. Definiciones. Presentación.

- **lana mineral:** Material o producto aislante de consistencia lanosa, obtenido por fusión de roca, escoria o vidrio.

Dentro de la familia de las lanas minerales conviene destacar la lana de vidrio, y la lana de roca.

LANA DE VIDRIO.

La *lana de vidrio* es una lana mineral fabricada a partir de diferentes tipos de vidrio (corrientemente a partir de un vidrio a base de boro-silicato).

Los productos de lana de vidrio a que hace referencia la norma UNE-EN 13162 están compuestos por lanas de vidrio aglomeradas por resinas termoendurecibles.



Imagen 4.3.1. Rollos de manta de lana de vidrio, con su embalaje plástico, en almacén de materiales.

¹ AENOR. Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de lana mineral (MW). Especificación. **UNE-EN 13162:2002/AC:2006**. Madrid. AENOR, 2006



Los materiales se presentan en diferentes formas como: mantas, paneles y coquillas, variando la densidad, cantidad de aglomerante y los acabados exteriores.

LANA DE ROCA.

Es un material fabricado a partir de la roca volcánica.

- **banda:** Porción de manta en forma de pieza rectangular, generalmente entre 1 m y 3 m de largo y suministrado en rollos o planchas.

- **rollo:** Producto (aislante) presentado en embalajes de forma cilíndrica.

- **panel o plancha; placa:** Producto (aislante) rígido o semirrígido de forma y sección transversal rectangular con un espesor uniforme y significativamente más pequeño que las otras dimensiones.

NOTA – Los paneles o planchas suelen ser más delgados que las placas. Pueden también suministrarse en forma de rollos.

- **manta; fieltro:** Producto aislante fibroso flexible presentado en forma de rollos o bandas, el cual puede estar revestido o envuelto.

- **Coquillas:** Lana mineral aglomerada, presentada en forma de cilindros anulares, con o sin revestimientos.

Los productos pueden presentarse:

- Desnudos.
- Revestidos de complejo por una o ambas caras.

4.3.2. Definiciones adicionales.

- **nivel:** Valor dado que constituye el límite superior o inferior de un requisito. El nivel se obtiene a partir del valor declarado de la característica correspondiente.

- **clase:** Combinación de los dos niveles de la misma propiedad entre los que debe situarse el rendimiento.

4.3.3. Requisitos (s/ norma UNE-EN 13162).

4.3.3.1. Para todas las aplicaciones.

Generalidades. Para mostrar su conformidad con esta norma, los productos deberán cumplir los requisitos de este apartado, así como los requisitos "para aplicaciones específicas" en los casos en que corresponda.



El resultado de ensayo de una propiedad de un producto es la media de los valores obtenidos sobre el número de probetas de ensayo indicado en la **tabla 4.3.2**.

a) Conductividad térmica y resistencia térmica.

Conductividad térmica es la propiedad fundamental para los materiales destinados al aislamiento térmico. Indica la facilidad que presenta el material a la transmisión de calor. El símbolo para esta propiedad es la letra griega λ (lambda). Las unidades en el Sistema Internacional para expresar los valores de la conductividad térmica son: W/(m.K).

La *resistencia térmica* de un material representa la capacidad del material de oponerse al flujo del calor.

La resistencia térmica y la conductividad térmica se basarán en mediciones realizadas de acuerdo con el proyecto de Norma prEN 12667 o la Norma EN 12939 para productos de alto espesor.

La resistencia térmica y la conductividad térmica se determinarán de acuerdo con el Anexo A y el fabricante debe declararlas teniendo en cuenta entre otros los siguientes aspectos:

- la temperatura media de referencia será de 10° C.
- los valores medidos se expresarán mediante tres cifras significativas.
- para productos de espesor uniforme, la resistencia térmica, R_D , siempre se debe declarar. La conductividad térmica, λ_D , se debe declarar cuando sea posible. Cuando sea apropiado, para productos de espesor no-uniforme (por ejemplo, productos inclinados, en rollo) sólo se debe declarar la conductividad térmica λ_D .
- la resistencia térmica declarada, R_D , y la conductividad térmica declarada, λ_D , se indicarán como valores límite que representen al menos el 90% de la producción, determinados con un nivel de confianza del 90%.

b) Longitud y anchura.

La longitud, l , y la anchura, b , se determinarán de acuerdo con la Norma EN 822. Ningún resultado de ensayo deberá desviarse de los valores nominales en más del:

- ± 2% en longitud;
- ± 1,5% en anchura.

c) Espesor.

El espesor, d , se determinará de acuerdo con la Norma EN 823. La carga será de 50 Pa excepto en el caso de productos con un nivel de tensión de compresión o resistencia a compresión de 10 kPa o superior, donde la carga será de 250 Pa. Ningún resultado de ensayo deberá desviarse del espesor nominal, d_N , más de las tolerancias indicadas en la **tabla 4.3.1**, para el nivel o clase correspondiente.



Tabla 4.3.1
Niveles y clases de tolerancias en espesor

Nivel o clase	Tolerancias	
T1	-5% o -5 mm ^a	Exceso permitido
T2	-5% o -5 mm ^a	+15% o + 15 mm ^b
T3	-3% o -3 mm ^a	+10% o + 10 mm ^b
T4	-3% o -3 mm ^a	+5% o + 5 mm ^b
T5	-1% o -1 mm ^a	+3 mm

^a El que presente la mayor tolerancia numérica.
^b El que presente la menor tolerancia numérica.

Este ensayo no se realizará cuando se realicen los ensayos de compresibilidad (aplicaciones específicas).

d) Rectangularidad.

La rectangularidad se determinará de acuerdo con la Norma EN 824. La desviación respecto a la rectangularidad en la longitud y la anchura, S_b , de planchas y paneles no excederá de 5 mm/m.

e) Planeidad.

La planeidad se determinará de acuerdo con la Norma EN 825. La desviación respecto a la planeidad de planchas y paneles, $S_{m\acute{a}x.}$, no excederá de 6 mm.

f) Estabilidad dimensional.

La estabilidad dimensional en condiciones específicas de temperatura y humedad se determinará de acuerdo con la Norma EN 1604. El ensayo debe efectuarse tras un acondicionamiento durante 48 h a $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ y $(90 \pm 5) \%$ de humedad relativa. La reducción relativa en el espesor, $\Delta\epsilon_d$, no excederá del 1,0%. Los cambios relativos en la longitud, $\Delta\epsilon_l$, y la anchura, $\Delta\epsilon_b$, no excederán del 1,0%. Los cambios relativos en la planeidad, $\Delta\epsilon_s$, no excederán de 1 mm./m.

Este ensayo no se realizará cuando se realice el ensayo más exigente "Estabilidad dimensional bajo condiciones específicas de temperatura y humedad" (aplicaciones específicas).

g) Resistencia a la tracción paralela a las caras.

La resistencia a la tracción paralela a las caras, σ_t , se determinará de acuerdo con la Norma EN 1608. Para su manipulación, los productos deberán presentar una resistencia a la tracción paralela a las caras lo suficientemente alta para soportar el doble del peso del producto en su tamaño total.



Este ensayo no se realizará cuando se realicen los ensayos "tensión de compresión o resistencia a compresión" o "resistencia a la tracción perpendicular a las caras" (aplicaciones específicas).

h) Reacción al fuego.

La clasificación respecto a la reacción al fuego (Euroclases) se determinará de acuerdo con la Norma Europea EN 13501-1.

4.3.3.2. Para aplicaciones específicas.

Generalidades. Si no existe ningún requisito para alguna propiedad de las citadas a continuación para un producto en uso, no será necesario que el fabricante determine y declare dicha propiedad.

Entre las propiedades para aplicaciones específicas se pueden citar las siguientes:

a) Estabilidad dimensional en condiciones específicas.

- Estabilidad dimensional a una temperatura específica.
- Estabilidad dimensional bajo condiciones específicas de temperatura y humedad.

b) Tensión de compresión o resistencia a compresión.

c) Resistencia a la tracción perpendicular a las caras.

d) Carga puntual.

e) Fluencia a compresión.

f) Absorción de agua.

- A corto plazo.
- A largo plazo.

g) Transmisión de vapor de agua.

h) Rigidez dinámica.

i) Compresibilidad.

- Espesor, d_L .
- Espesor, d_B .
- Compresibilidad, c .
- Reducción de espesor a largo plazo.

j) Absorción acústica.

k) Resistividad al flujo de aire.

l) Emisión de sustancias peligrosas.



4.3.4. Métodos de ensayo (s/ norma UNE-EN 13162).

4.3.4.1. Toma de muestras.

Las probetas de ensayo se tomarán de una misma muestra, con un área total no inferior a 1 m^2 y suficiente para realizar todos los ensayos necesarios. El lado más corto de la muestra no será inferior a los 300 mm. o el tamaño original del producto, el que sea menor.

4.3.4.2. Acondicionamiento.

No se requiere un acondicionamiento especial para las probetas de ensayo, a menos que se especifique en la norma de ensayo. En caso de litigio, las probetas de ensayo se acondicionarán a $(23 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$ y $(50 \pm 5)\%$ de humedad relativa durante al menos 6 h antes del ensayo.

4.3.4.3. Métodos de ensayo.

Generalidades. La **tabla 4.3.2.** indica las dimensiones de las probetas de ensayo, el número mínimo de mediciones necesarias para obtener un resultado de ensayo y las condiciones necesarias.

a) Resistencia térmica y conductividad térmica. Se determinarán de acuerdo con el proyecto de Norma prEN 12667 o la Norma EN 12939 para productos de alto espesor y en las condiciones siguientes:

- a una temperatura media de $(10 \pm 0,30) \text{ }^\circ\text{C}$.
- tras un acondicionamiento (s/ punto anterior).

NOTA - La resistencia térmica y la conductividad térmica también puede medirse a temperaturas medias distintas de $10 \text{ }^\circ\text{C}$, siempre que se documente debidamente la precisión de la relación entre la temperatura y las propiedades térmicas.

La resistencia térmica y la conductividad térmica se determinarán directamente para el espesor medido. Si esto no es posible, se determinarán mediante mediciones sobre otros espesores del producto, siempre y cuando:

- el producto presente unas características químicas y físicas similares y se produzca en la misma unidad de producción;
- y pueda demostrarse, de acuerdo con la Norma EN 12939, que la conductividad térmica, λ , no varía más de un 2% sobre el rango de espesores al que se aplica el cálculo.

Para productos con una tensión o resistencia a compresión inferior a 10 kPa, la resistencia térmica y la conductividad térmica se determinarán al espesor nominal, d_N , o al espesor medido, el que sea menor de los dos.



Tabla 4.3.2.
Métodos de ensayo, probetas y condiciones.

Dimensiones en milímetros

Apartado (UNE-EN 13162)		Método de ensayo	Longitud y anchura de la probeta de ensayo ^a	Nº mín. de mediciones para obtener un resultado de ensayo ^c	Condiciones específicas
Nº	Título				
4.2.1	Resistencia térmica - conductividad térmica	PrEN 12667 o EN 12939	Véase prEN 12667 o EN 12939	1	-
4.2.2	Longitud y anchura	EN 822	Tamaño original	1	-
4.2.3	Espesor	EN 823	Tamaño original	rollos:1 planchas y bandas: 3	Método B.1, 50 Pa ó 250 Pa Véase 4.2.3
4.2.4	Rectangularidad	EN 824	Tamaño original	1	-
4.2.5	Planeidad	EN 825	Tamaño original	1	-
4.2.6	Estabilidad dimensional	EN 1604	200 x 200	3	-
4.2.7	Resistencia a la tracción paralela a las caras	EN 1608	1.000 x 500 o tamaño original	rollos: 3 bandas: 5 planchas: 1	-
4.2.8	Reacción al fuego	Véase EN 13501-1			-
4.3.2	Estabilidad dimensional a temperatura específica	EN 1604	200 x 200	3	-
	Estabilidad dimensional a temperatura y humedad específicas	EN 1604	200 x 200	3	-
4.3.3	Tensión o resistencia a compresión	EN 826	200 x 200	5	Aislamiento de la superficie ^b
			300 x 300	3	
4.3.4	Resistencia a la tracción perpendicular a las caras	EN 1607	200 x 200	5	-
			300 x 300	3	-
4.3.5	Carga puntual	EN 12430	300 x 300	3	-
4.3.6	Fluencia a compresión	EN 1606	200 x 200	5	Alisamiento de la superficie ^b
			300 x 300	3	
4.3.7	Absorción de agua a corto plazo	EN 1609	200 x 200	4	Método A
	Absorción de agua a largo plazo	EN 12087	200 x 200	4	Método 1A
4.3.8	Transmisión del vapor de agua	EN 12086	Véase 6.1 de EN 12086	3	^c
4.3.9	Rigidez dinámica	EN 29052-1	200 x 200	3	-
4.3.10	Espesor, d_L	EN 12431	200 x 200	3	Clases T6 y T7
	Espesor, d_B	EN 12431			
	Reducción de espesor a largo plazo	EN 1606			Nivel CP2
4.3.11	Absorción acústica	EN ISO 354:1993/A1	Mínimo 10 m ²	1	por determinar
4.3.12	Resistencia al flujo de aire	EN 29053	Depende del aparato	9	Método A
4.3.13	Emisión de sustancias peligrosas	^d	-	-	-

^a Espesor del producto original, excepto para 4.2.8.

^b Los productos sin revestimiento serán alisados. Los productos con revestimiento se someterán a tratamiento superficial.

^c Cuando se ensayen productos con barrera de vapor, de acuerdo con la Norma EN 12086, el espesor de la probeta a medir será el espesor de la barrera de vapor más 2 ó 3 milímetros.

^d Aún no disponible.



4.3.5. Código de designación (s/ norma UNE-EN 13162).

El fabricante proporcionará un código de designación para el producto. Se incluirán los siguientes elementos, excepto cuando no existan requisitos para una propiedad de las descritas para aplicaciones específicas.

Abreviatura de lana mineral (Mineral Wool)	MW
Número de norma europea	EN 13162
Tolerancias en espesor	Ti
Estabilidad dimensional a temperatura específica	DS(T+)
Estabilidad dimensional a temperatura y humedad específicas	DS(TH)
Tensión o resistencia a compresión	CS(10\Y)i
Resistencia a la tracción perpendicular a las caras	TRi
Carga puntual	PL(5)i
Absorción de agua a corto plazo	WS
Absorción de agua a largo plazo	WL(P)
Transmisión de vapor de agua	MUi o Zi
Rigidez dinámica	sDi
Compresibilidad	CPi
Fluencia a compresión	CC(i ₁ /i ₂ ,y)σ _c
Coefficiente práctico de absorción acústica	APi
Coefficiente ponderado de absorción acústica	AWi
Resistencia al flujo de aire	AFi

donde:

"i" se utilizará para indicar la clase o nivel correspondiente.

"σ_c" se utilizará para indicar la tensión de compresión.

"y" indicará el número de años.

El siguiente ejemplo ilustra el código de designación para un producto de lana mineral:

MW – EN 13162 – T6 – DS(T+) – CS(10)70 – TR15 – PL(5)100 – MU1 – CP3 – AP0,35 – AW0,40

Nota: Las características determinadas en el apartado "Requisitos para todas las aplicaciones" no serán incluidas en el código de designación si se declara el valor límite (valor umbral) para el producto.

4.3.6. Evaluación de la conformidad.

El fabricante o su representante autorizado será responsable de la conformidad de su producto con los requisitos de esta norma europea. La evaluación de la conformidad se efectuará de acuerdo con la Norma EN 13172 y se basará en el control de producción en fábrica y ensayos efectuados sobre muestras tomadas en ésta.



Si el fabricante decide agrupar sus productos, lo hará de acuerdo con la Norma EN 13172.

Las frecuencias mínimas de ensayo en el control de producción en fábrica se establecerán de acuerdo con el anexo B de esta norma (UNE-EN 13162). Cuando se realicen ensayos indirectos, la correlación con los ensayos directos se establecerá de acuerdo con la Norma EN 13172.

El fabricante o su representante autorizado proporcionará, cuando se le requiera, el correspondiente certificado o declaración de conformidad.

4.3.7. Marcado y etiquetado.

Los productos conformes a esta norma UNE EN 13162 se marcarán con claridad, ya sea sobre el producto, la etiqueta o sobre el embalaje, con la siguiente información:

- nombre del producto u otras características de identificación.
- nombre o marca de identificación y dirección del fabricante o de su representante autorizado.
- turno u hora de producción o código de trazabilidad.
- clase de reacción al fuego.
- resistencia térmica declarada.
- conductividad térmica declarada.
- espesor nominal.
- código de designación.
- tipo de revestimiento, si procede.
- longitud nominal, anchura nominal.
- número de piezas y área del embalaje, según proceda.

Los productos de lana mineral tienen la marca N voluntaria AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación) de producto certificado, que certifica que el producto mantiene en el tiempo el cumplimiento con las especificaciones y procedimientos de aseguramiento de la calidad que imponen las normas UNE- EN 13172 y UNE-EN 13162 y los reglamentos propios de AENOR.

La obtención de la certificación de producto AENOR permite la inclusión de la marca N en el etiquetado de los productos de lana mineral.





4.3.8. Marcado CE y etiquetado.

El fabricante o su representante autorizado dentro del EEE es responsable del marcado CE. El marcado se hará sobre el propio producto, en una etiqueta sobre el mismo o en su embalaje.

El marcado CE consiste exclusivamente en las letras “CE” en la forma indicada por la Directiva 93/68/CE seguidas del número de identificación del organismo notificado en el caso de productos bajo el sistema 1.

El marcado CE para productos de lana mineral irá acompañado por la siguiente información:

Tabla 4.3.3
Ejemplo de información del marcado CE

Número del organismo de certificación (para productos bajo el sistema 1)
Nombre o identificación y dirección registrada del fabricante
Últimos dos dígitos del año de obtención del marcado CE (ETI)
Número de certificado de conformidad CE (si procede)
Número de esta norma EN
Identificación del producto
Clase de reacción al fuego
Resistencia térmica - Conductividad térmica
Espesor
Código de designación

Además de cualquier información específica relacionada con sustancias peligrosas, el producto debe adjuntar, cuando y donde se requiera en la forma correspondiente, documentación que incluya cualquier otra legislación sobre sustancias peligrosas que requiera conformidad, junto con cualquier información que exija dicha legislación.

4.3.9. Almacenamiento del material.

Este material debe resguardarse de las inclemencias del tiempo y de la humedad entre otros, por lo que lo mejor es no retirar el embalaje del producto hasta que no se vaya a usar, y colocarlo en un lugar que a la vez de estar algo resguardado no estorbe en los trabajos.



4.3.10. Aplicaciones principales.

Lana de vidrio: Se usa como aislamiento termoacústico en cubiertas (aplicación horizontal o inclinada sin carga) de cielos rasos, techos, terrazas a la catalana, y en cubiertas metálicas tipo sándwich.

Lana de roca: Aislamiento termo-acústico de cubiertas planas en edificación residencial, terciaria e industrial mediante paneles ya sean soldables o no.

4.4. ESPUMA DE POLIURETANO PRODUCIDA IN SITU POR PROYECCIÓN (PUR)¹.

4.4.1. Definiciones.

sistema de poliuretano: Conjunto de dos componentes líquidos, polioliol e isocianato, que mediante reacción química entre ellos dan lugar a la espuma rígida de poliuretano con un porcentaje de celdas cerradas superior al 90%.

espuma rígida de poliuretano: La espuma rígida de poliuretano producida in situ a que hace referencia esta norma es una espuma plástica rígida con un porcentaje de celdas cerradas superior al 90%, que se obtiene mediante reacción química de un sistema de poliuretano compuesto por dos componentes líquidos: polioliol e isocianato

componente polioliol: Mezcla de polioliol con grupos reactivos –OH, conteniendo catalizadores, ignífugos, expandentes y agentes estabilizadores de la espuma.

componente isocianato: Isocianato con grupos reactivos –NCO.

4.4.2. Proceso de obtención de la espuma.

Los sistemas de poliuretano para instalación in situ a que hace referencia la norma UNE 92120-1 están formados por 2 componentes que, mediante reacción química entre ellos, dan lugar a una espuma rígida de poliuretano con un porcentaje de celda cerrada superior al 90%.

La producción de la espuma rígida de poliuretano tiene lugar in situ, en el mismo lugar de instalación, empleando máquinas para el procesado de los sistemas capaces de dosificar y mezclar los dos componentes. Dichas máquinas van montadas sobre vehículos autotransportados o remolcados (factoría móvil).

¹ - AENOR. Productos de aislamiento térmico para construcción. Espuma rígida de poliuretano producida in situ por proyección. Parte 1: Especificaciones para los sistemas de poliuretano antes de la instalación. **UNE-EN 92120-1:1998/1M:2003**. Madrid. AENOR, 2003. y Parte 2: Especificaciones para el producto instalado. **UNE-EN 92120-2:1998/1M:2000**. Madrid. AENOR, 2000.



El proceso de ejecución de la aplicación por proyección consiste en pulverizar, mediante la máquina citada, la mezcla de dos componentes produciendo una reacción química exotérmica sobre la superficie a aislar, donde por esta reacción rápidamente expande y endurece formando la espuma. La aplicación se realiza en sucesivas capas, hasta alcanzar el espesor final de aislamiento deseado en conformidad con las condiciones contractuales.

4.4.3. Propiedades de la espuma de poliuretano.

Entre otras se pueden destacar las siguientes propiedades generales:

- Espumas de consistencia rígida con estructura celular con un alto porcentaje de celdas cerradas, lo que le convierte en un material de aislamiento térmico extraordinario.
- El coeficiente de conductividad térmica de estas espumas es excepcionalmente bajo debido a la naturaleza del gas ocluido en sus celdillas ($\lambda = 0,027 \text{ W/ m } ^\circ\text{C}$).
- El poliuretano resiste perfectamente el paso del tiempo y no está sometido a procesos de envejecimiento.
- Buena resistencia química. Las espumas son inertes frente a los materiales tradicionales de la construcción a los que no ataca ni corroe.
- La resistencia a la compresión, a la tracción, a la flexión y al cizallamiento está en función de la densidad del poliuretano.
- La acción de los rayos ultravioleta altera superficialmente el color de estas espumas, pero no modifica sus propiedades. Se recomienda una protección superficial para aplicaciones al exterior.
- Estas espumas se consideran imputrescibles y no favorecen en ningún caso el desarrollo de hongos ni otros microorganismos.
- Por su naturaleza química y su carácter de espuma de celdas cerradas, la absorción de agua es prácticamente nula ($< 5\%$) y la permeabilidad al vapor de agua es mínima ($600\text{-}700 \text{ MN s/g m}$); esta última disminuye cuando aumenta la densidad.

Esta propiedad está en consonancia con lo que especifica el CTE.

"Cuando el aislante térmico se disponga por el exterior de la hoja principal, debe ser no hidrófilo"¹.

De ahí la gran aplicación de las espumas de poliuretano sobre faldones de cubiertas inclinadas.

¹ España. Código Técnico de la Edificación. Documento DB HS Salubridad. Apartado 4.1.3.



- Resistente a disolventes. La espuma rígida de poliuretano sólo se ve afectada por acción de ácidos y álcalis fuertes y concentrados y por algunos disolventes clorados.
- El poliuretano se adhiere perfectamente sobre madera, metal, ladrillo, fibrocemento y, en general, sobre cualquier material utilizado habitualmente en construcción.
- Puede usarse indistintamente en superficies verticales, horizontales o inclinadas.

En cuanto a su uso en construcción, hay que destacar las siguientes características:

- Impermeabilidad y aislamiento térmico en una sola operación.
- Ligereza de peso disminuyendo la carga de la estructura.
- Único procedimiento de aplicación para un aislamiento exterior, sin interferir en la utilización del local.
- Buena resistencia a la compresión (de 1 a 3 Kg/cm²), lo que permite su utilización en azoteas transitables con acabado tradicional.
- Mayor rigidez estructural de las estructuras ligeras.
- Eliminación de las condensaciones en general y, en especial, las que se presentan en superficies metálicas.
- Aislamiento de cualquier cubierta por complicada que sea su configuración.
- Se aumenta la superficie habitable, al requerir un menor espesor que los demás materiales aislantes que proporcionan el mismo grado de aislamiento.
- Evita la formación de humedades por la condensación, ya que establece una barrera térmica que impide que el tabique interior alcance bajas temperaturas y que se condense la humedad ambiente del interior.

4.4.4. Especificaciones, métodos de ensayo, verificaciones, control de las espumas, preparación de las probetas y declaración del instalador (s/ UNE 92120-2:1998).

4.4.4.1. Especificaciones y métodos de ensayo

a) Generalidades

El instalador utilizará un sistema que cumpla con la norma UNE 92120-1.

b) Condiciones de aplicación

El instalador cumplirá las condiciones generales de aplicación descritas en el apartado de “verificaciones y control” del poliuretano (**véase apartado 5.6. del presente PFG**), así como las particulares, si proceden, indicadas por los fabricantes de los sistemas de poliuretano en la Información Técnica del sistema (UNE 92120-1).



c) Densidad

La densidad de la espuma aplicada, con todas sus pieles, no será inferior a 30 kg/m³, determinada según el apartado de control.

d) Espesor

El espesor de la espuma aplicada no será inferior a 20 mm., determinado según el apartado de control.

e) Conductividad térmica λ (valor inicial)

El valor del coeficiente de conductividad térmica de la espuma aplicada, medido no más tarde de dos días después de la aplicación, no será superior a 0,022 W/(m.K).

f) Reacción al fuego.

La reacción al fuego de la espuma aplicada se determinará según la norma UNE-EN 13501-1 y no será más desfavorable que clase E según declaración y especificaciones técnicas del sistema, parte 1 de esta norma.



Tabla 4.4.1
Características, normas de aplicación, unidades, y propiedades.

Características	Norma	Unidad	Propiedades					
			Paredes, techos, suelos y cubiertas		Cubiertas impermeables			
DENSIDAD	UNE 1602	Kg/ m3	35	40	45	50	55	60
ESPESOR	Según método UNE 92120	mm	>30					
COEFICIENTE DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	UNE 92202	W/ m.K	0.026					
ABSORCIÓN DE AGUA	DIN 53428	%volumen	<3,7	<3.3	<2.9	<2,6	<2,4	<2,3
PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA	UNE 92226	μ	>107	>115	>127	>142	>150	>164
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	UNE EN 826	KPa	>150	>185	>220	>255	>290	>325
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	UNE EN 1607		>275	>370	>450	>550	>680	>820
ESTRUCTURA CELULAR	ISO 4590	% Cerrada	>90					
COMPORTAMIENTO AL FUEGO	UNE 23 727	-	M1 a M4					
COEFICIENTE DE DILATACIÓN O CONTRACCIÓN		K-I	5 a 8.10 ⁻⁵					

4.4.4.2. Condiciones de aplicación

a) Máquina.

La temperatura de la máquina, de los precalentadores y de las mangueras, se deben ajustar entre 25 y 60°C, dependiendo de las condiciones ambientales, hasta conseguir una mezcla homogénea y un cono regular en el proceso de proyección.

Un ajuste preciso de las temperaturas se llevará a cabo después de haber realizado una pequeña prueba de proyección sobre el soporte.



b) Ambiente.

- *Temperatura ambiente y del soporte:* Durante la aplicación, la temperatura ambiente y la del soporte no deben ser inferiores a + 5°C.

- *Humedad ambiente y del soporte:* La humedad relativa del aire en el lugar de aplicación no debe ser superior al 85%. En soportes porosos (por ejemplo, hormigón, soporte cerámico, yeso, piedra, madera ...) la humedad no debe ser superior al 20%. En soportes no porosos (por ejemplo, metales, láminas asfálticas, láminas poliméricas ...) deberá comprobarse que no hay condensaciones superficiales.

- *Velocidad del viento:* En aplicaciones por proyección al exterior, se debe vigilar que la velocidad del viento no sobrepase los 30 Km/h, en el lugar de proyección.

- *Preparación del soporte:* Ver apartado “**5.6.1. Preparación de la base o soporte**”.

4.4.4.3. Preparación de las probetas

Para la realización de los ensayos ya las probetas se tomarán preferentemente de la espuma instalada. Si esto no fuera posible para algún ensayo, se fabricará en el mismo lugar y en las mismas condiciones de aplicación la cantidad de espuma necesaria para la elaboración de las probetas. En el caso de espuma aplicada por proyección, la relación entre el espesor total de probeta y el nº de capas aplicadas deberá ser la misma que la de la espuma instalada. El espesor de las probetas para el ensayo de la conductividad térmica será de (6 cm \pm 1 cm), espesor medio, según las recomendaciones dadas en el procedimiento de incremento fijo (valor envejecido) consiguiendo de esta forma uniformidad de resultados en los valores obtenidos (ver UNE 92120-1 apartado 5.3.2).

Durante la producción de la espuma se cumplirán las condiciones generales de aplicación (apartado II).

4.4.4.4. Declaración del instalador

Al finalizar la instalación de la espuma, el instalador declarará a su cliente que la aplicación de la espuma se ha realizado de acuerdo con los requerimientos de esta norma y utilizando un sistema de poliuretano que cumple con la Norma UNE 92120-1.

En la declaración constarán, también, los siguientes datos:

1. Datos del instalador:

- Nombre y dirección de la empresa.
- Nombre de los instaladores.
- Identificación de la máquina.



2. Datos de la instalación:

- Nombre/referencia y dirección de la obra.
- Tipo de aplicación
- Superficie aislada.

3. Datos del sistema de poliuretano:

- Denominación o referencia del sistema.
- Nombre y dirección del fabricante.

4. Datos de la espuma aplicada:

- Condiciones de aplicación.
- Densidad.
- Espesor.
- Resistencia térmica.
- Clasificación de reacción al fuego
- Resistencia a la compresión (si procede).

4.4.5. Precauciones.

En la práctica, la única restricción a tener en cuenta es la que hace referencia al comportamiento al fuego. El poliuretano, debido a ser un material plástico, orgánico, **posee una clasificación al fuego máxima de material M1 (Euroclase E según norma UNE EN 13501-1)**. Es imposible conseguir un poliuretano M0. Esto significa que debe tenerse su utilización a la hora de definir el proyecto, en el conjunto de materiales que conformen la solución constructiva más adecuada. Debe seguirse la norma correspondiente (**CTE DB-SI**).

Otra consideración a tener en cuenta es que **el poliuretano es un material que se degrada bajo la acción de los rayos ultravioleta**. Por tanto, siempre que la espuma de PUR esté expuesta a la radiación UV debe protegerse convenientemente, mediante pinturas o recubrimientos adecuados (protecciones ligeras o pesadas) con el fin de proporcionar una durabilidad suficiente al material.

En su aplicación deben observarse ciertas precauciones dado que se trata de la fabricación de la espuma en la obra, “in situ”, y al tratarse de una reacción química deben cumplirse ciertos parámetros:

1.- Estequiometría: Significa que las cantidades que se mezclen de ambos componentes sean las adecuadas (relación 1:1). Debido a que los isocianatos reaccionan con el agua (humedad), es totalmente imprescindible que no exista agua o humedad en el sustrato, ya que de otro modo podría formarse una espuma defectuosa (celdas abiertas, baja densidad) y con mala adherencia al sustrato, perjudicándose gravemente las propiedades de conductividad, resistencia a la compresión e impermeabilidad (absorción de agua).



2.- **Exotermia:** Si la superficie donde se realiza la aplicación (sustrato) está a una temperatura excesivamente baja ($< 5^{\circ}\text{C}$), el calor de reacción que se utiliza para evaporar el agente hinchante se traslada al sustrato. Esto obliga a tener que utilizar mayor cantidad de material para conseguir el mismo espesor (mayor consumo de producto), e incluso puede dar lugar a zonas de mala adherencia y a una estructura celular defectuosa.

*Además deben seguirse las normas o reglas de aplicación, no debiéndose utilizar nunca un poliuretano con una densidad inferior a 30 Kg/m^3 .

4.4.6. Forma de suministro, marcado, etiquetado e información técnica.

El material es normalmente suministrado en bidones metálicos no retornables de 250 litros de capacidad (de color azul para el Componente A y de color rojo para el componente B).

Los componentes de los sistemas de poliuretano deben suministrarse en envases provistos de marcas o etiquetas que expresen:

- Nombre y dirección del fabricante.
- Denominación o referencia del sistema.
- Tipo de componente (poliol e isocianato).
- Nº de lote.
- Fecha de fabricación.
- La inscripción: “Sistema de poliuretano según la Norma UNE 92129-1, apto para la fabricación de espuma rígida de poliuretano in situ por proyección para aislamiento térmico en construcción”.

Los fabricantes de los sistemas de poliuretano tienen que proporcionar a todos sus clientes Información Técnica de los sistemas de poliuretano que suministran, y establecer un procedimiento que asegure que las nuevas ediciones de la Información Técnica se distribuyan y reemplacen a las anteriores.

La Información Técnica del sistema tiene que contener como mínimo:

- Nombre y dirección del fabricante.
- Denominación o referencia del sistema.
- Aplicación a que se destina.
- Condiciones de aplicación.
- Condiciones de almacenamiento.
- Tiempo de vida recomendada.



- Relación de mezcla.
- Necesidad o no de incorporación de aditivos.
- Especificaciones del sistema de poliuretano.
- Propiedades de la espuma.
- Precauciones de uso y manejo.

4.4.7. Almacenamiento.

El almacenamiento de la materia prima es un punto importante a tener en cuenta en la aplicación por proyección.

Al ser una técnica de aplicación “in situ”, normalmente no se dispone de un local fijo y en condiciones para almacenar esa materia prima. Por lo tanto voy a exponer a continuación cuáles deberían ser esas condiciones para poder posteriormente llevar a cabo un óptimo procesado del sistema de poliuretano.

CONDICIONES:

A) TEMPERATURA: La temperatura óptima de almacenamiento es de +18 a +25 °C. Temperaturas inferiores a -10°C durante largos periodos de tiempo pueden provocar cristalizaciones en el Componente B (Isocianato), que posteriormente obstruirían las conducciones de la máquina. Por otro lado, a temperaturas superiores el agente expandente disuelto en el Componente A (Poliol) empieza a liberarse ejerciendo una sobrepresión en el interior de los bidones y produciendo un hinchamiento de éstos.

B) HUMEDAD: Los envases deben protegerse contra la entrada de humedad y muy especialmente contra la lluvia. La absorción de agua por el componente A puede conducir a fallos durante el procesado. Por otra parte, el componente B reacciona con la humedad, formándose aductos sólidos de urea y desprendiéndose gas CO₂. Los sedimentos cristalinos pueden producir obstrucciones en la máquina y además la presencia de CO₂ provocará una sobrepresión dentro de los bidones.

C) VALIDEZ: Tanto el componente A como el B tienen un tiempo óptimo establecido para su uso dentro del cual conservan sus propiedades físicas, la reacción entre los dos componentes conserva sus características propias de tiempos y densidad, y la espuma obtenida presenta todas sus propiedades.

Pasado este tiempo puede ir produciéndose una desestabilización progresiva y una degradación de todas las características físicas y químicas citadas, tanto más acusada cuanto mayor sea el tiempo transcurrido.



4.4.8. Mercado CE y certificación.

La **norma europea** de espuma de poliuretano aplicada in situ por proyección (prEN 14315) está aún en desarrollo, por lo que los sistemas de poliuretano para proyección no tienen aún la obligación de realizar el marcado CE.

Actualmente la espuma de poliuretano (PUR) tiene **norma de producto** (UNE 92120) tanto para los sistemas como para la puesta en obra, por lo que puede estar certificada por una certificación voluntaria de calidad (Marca N, ECA...).

4.4.8.1. Mercado de los productos certificados AENOR.

Los licenciatarios del Certificado AENOR no podrán comercializar los productos certificados sin el marcado descrito en el capítulo 7 de la Norma UNE 92120-1. Además, el marcado en la etiqueta y en la información técnica debe incluir lo siguiente:

- Logotipo de la marca N con un tamaño mínimo de A=1 mm.
- Nº de certificado o de contrato.
- Valor máximo de la conductividad térmica (sólo en el componente polioli).
- Clasificación según su reacción al fuego y espesor máximo si procede (sólo en el componente polioli).
- Resistencia a la compresión: mayor a 200 kPa o N.D. (no determinado) (sólo en el componente polioli).
- Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua: Valor Nominal o N.D. (no determinado) (sólo en el componente polioli).
- Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua: Valor Nominal o N.D. (no determinado) (sólo en el componente polioli).

Toda información suplementaria debe incluirse en una etiqueta adicional.

En los albaranes (si es posible) se marcará lo siguiente:

- Nombre comercial, fabricante o suministrador.
- Logotipo de la Marca N.
- Clasificación según su reacción al fuego y espesor máximo.

La etiqueta de cada componente por separado deberá hacer especial mención del sistema completo certificado.



4.4.9. Aplicaciones

El sistema es aplicado por proyección con equipos de alta presión, dotados de calefacción con una relación de mezcla de 1:1 en volumen. Sus principales aplicaciones son el aislamiento térmico de cubiertas y cerramientos de edificios, interiores de viviendas (tabiquería), naves industriales, granjas, buques, cámaras, etc.

4.5. PRODUCTOS MANUFACTURADOS DE ESPUMA RÍGIDA DE POLIURETANO (PUR)¹.

4.5.1. Definiciones. Presentación.

Plancha; placa: Producto aislante rígido o semirrígido de forma rectangular y sección transversal en la que el espesor es uniforme y sustancialmente mas pequeño que las otras dimensiones.

NOTA – Las planchas suelen ser más delgadas que las placas. Pueden también suministrarse en forma de rollos.

Aislamiento compuesto: Combinación de capas de al menos dos diferentes materiales aislantes. Las propiedades aislantes del compuesto se derivan de las propiedades aislantes de los materiales individuales.

panel compuesto: Panel hecho de dos o más materiales diferentes siendo sus características el resultado de la combinación de las propiedades de los materiales individuales. Ejemplo: metal, tablero de madera, tablero de partículas y material aislante.

recubrimiento: Material de superficie funcional o decorativo. Ejemplo: Papel, plástico, film, tejido u hoja metálica.

espuma rígida de poliuretano: Material aislante a base de plástico celular rígido o semirrígido con una estructura de celda sustancialmente cerrada basada en poliuretano.

4.5.2. Definiciones adicionales.

nivel: Valor dado que constituye el límite superior o inferior de un requisito. El nivel se obtiene a partir del valor declarado de la característica correspondiente.

clase: Combinación de los dos niveles de la misma propiedad entre los que debe situarse el rendimiento.

refuerzo integral: Producto diferente del poliuretano introducido en la espuma de poliuretano para mejorar algunas propiedades.

¹ AENOR. Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de espuma rígida de poliuretano (PUR). Especificación. **UNE-EN 13165:2001/A1:2004**. Madrid. AENOR, 2004



espuma de poliisocianurato: Material aislante a base de plástico celular rígido con una estructura de celda sustancialmente cerrada basado en polímeros principalmente del tipo isocianurato.

NOTA – En lo que hace referencia a las propiedades descritas en esta norma no se distingue entre espuma rígida de poliuretano (PUR) y espuma de poliisocianurato (PUR).

4.5.3. Requisitos (s/ norma UNE-EN 13165).

4.5.3.1. Para todas las aplicaciones.

Generalidades. Para mostrar su conformidad con esta norma, los productos deberán cumplir los requisitos de este apartado, así como los requisitos "para aplicaciones específicas" en los casos en que corresponda.

El resultado de ensayo de una propiedad de un producto es la media de los valores obtenidos sobre el número de probetas de ensayo indicado en la **tabla 4.5.6**.

a) Conductividad térmica y resistencia térmica.

Conductividad térmica es la propiedad fundamental para los materiales destinados al aislamiento térmico. Indica la facilidad que presenta el material a la transmisión de calor. El símbolo para esta propiedad es la letra griega λ (lambda). Las unidades en el Sistema Internacional para expresar los valores de la conductividad térmica son: W/(m.K).

La *resistencia térmica* de un material representa la capacidad del material de oponerse al flujo del calor.

La resistencia térmica y la conductividad térmica se basarán en mediciones realizadas de acuerdo con la Norma Europea EN 12667 o la Norma EN 12939 para productos de alto espesor.

La resistencia térmica y la conductividad térmica se determinarán de acuerdo con el Anexo A y el anexo C, y fabricante debe declararlas teniendo en cuenta entre otros los siguientes aspectos:

- la temperatura media de referencia será de 10° C.
- los valores medidos se expresarán mediante tres cifras significativas.
- la resistencia térmica, R_D , se declarará siempre. La conductividad térmica, λ_D , se declara cuando sea posible.
- la resistencia térmica declarada, R_D , y la conductividad térmica declarada, λ_D , se indicarán como valores límite que representen al menos el 90% de la producción, determinados con un nivel de confianza del 90%.



b) Longitud y anchura.

La longitud, l , y la anchura, b , se determinarán de acuerdo con la Norma EN 822. Ningún resultado de ensayo deberá desviarse de los valores nominales en más de las tolerancias indicadas en la **tabla 4.5.1**.

Tabla 4.5.1
Tolerancias en longitud y anchura

Dimensiones mm	Tolerancias mm
< 1.000	± 5
1.000 a 2.000	± 7,5
2.001 a 4.000	± 10
> 4.000	± 15

c) Espesor.

El espesor, d , se determinará de acuerdo con la Norma EN 823. Ningún resultado de ensayo deberá desviarse del espesor nominal, d_N , más de las tolerancias que figuran en la **tabla 4.5.2**, para la clase declarada.

Tabla 4.5.2
Clases de tolerancia en espesor

Clase	Espesor nominal mm		
	<50	50 a 75	>75
	Tolerancia mm		
T1	± 3	± 4	+6, -3
T2	± 2	± 3	+5, -2
T3	± 1,5	± 1,5	± 1,5

d) Rectangularidad.

La rectangularidad se determinará de acuerdo con la Norma EN 824. La desviación respecto a la rectangularidad en la longitud y la anchura, S_b , de planchas y paneles no excederá de 6 mm/m.

e) Planeidad.

La planeidad se determinará de acuerdo con la Norma EN 825. La desviación respecto a la planeidad, $S_{máx.}$, no excederá los valores dados en la **tabla 4.5.3**.



Tabla 4.5.3
Desviación respecto a planeidad

Producto de tamaño real		Desviación de planeidad mm
Longitud m	Área m ²	
≤ 2,50	≤ 0,75	≤ 5
	> 0,75	≤ 10

f) Estabilidad dimensional bajo condiciones específicas de humedad y temperatura.

Se determinará de acuerdo con la Norma EN 1604. El ensayo, uno para cada diferente grupo de probetas, debe realizarse bajo las siguientes condiciones de ensayo:

- 1) (48 ± 1) h a (70 ± 2) °C y (90 ± 5) % de humedad relativa;
- 2) (48 ± 1) h a (-20 ± 3) °C

Los cambios relativos en la longitud, $\Delta\epsilon_l$, la anchura, $\Delta\epsilon_b$, y el espesor, $\Delta\epsilon_d$, no excederán de los valores indicados en la **tabla 4.5.4.** para el nivel declarado.

Tabla 4.5.4.
Niveles para estabilidad dimensional

Condi- ciones de ensayo	Cambios relativos		Nivel DS (TH)											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	$\Delta\epsilon_l$	%	≤5	≤5	≤5	≤3	≤3	≤3	≤2	≤2	≤2	≤1	≤1	≤1
	$\Delta\epsilon_b$	%	≤10	≤10	≤10	≤8	≤8	≤8	≤6	≤6	≤6	≤4	≤4	≤4
2	$\Delta\epsilon_l$	%	^a	≤1	≤0,5	^a	≤1	≤0,5	^a	≤1	≤0,5	^a	≤1	≤0,5
	$\Delta\epsilon_d$	%	^a	≤2	≤2	^a	≤2	≤2	^a	≤2	≤2	^a	≤2	≤2

^a Sin requisito.

g) Tensión de compresión o resistencia a compresión.

La tensión de compresión a una deformación del 10%, σ_{10} , o la resistencia a compresión, σ_m , se determinará de acuerdo con la Norma EN 826. Ningún resultado de ensayo, ya sea de tensión de compresión a una deformación del 10% o de resistencia a compresión, el que resulte menor de las dos, será inferior al valor indicado en la **tabla 4.5.5.**



Tabla 4.5.5.
Niveles para tensión de compresión o resistencia a la compresión

Nivel	Requisito kPa
CS(10/Y)25	≥ 25
CS(10/Y)50	≥ 50
CS(10/Y)100	≥ 100
CS(10/Y)120	≥ 120
CS(10/Y)130	≥ 130
CS(10/Y)140	≥ 140
CS(10/Y)150	≥ 150
CS(10/Y)175	≥ 175
CS(10/Y)200	≥ 200
CS(10/Y)225	≥ 225
CS(10/Y)250	≥ 250
CS(10/Y)350	≥ 350
CS(10/Y)400	≥ 400
CS(10/Y)800	≥ 800

A efectos de manipulación, los productos deben tener una tensión de compresión o resistencia a la compresión mínima de 25 kPa.

h) Reacción al fuego.

La clasificación respecto a la reacción al fuego (Euroclases) se determinará de acuerdo con la Norma Europea EN 13501-1.

4.5.3.2. Para aplicaciones específicas.

Generalidades. Si no existe ningún requisito para alguna propiedad de las citadas a continuación para un producto en uso, no será necesario que el fabricante determine y declare dicha propiedad.

Entre las propiedades para aplicaciones específicas se pueden citar las siguientes:

- a) Deformación bajo condiciones específicas de compresión y temperatura.*
- b) Resistencia a la tracción perpendicular a las caras.*
- c) Carga puntual.*
- d) Fluencia a compresión.*
- e) Absorción de agua.*
- f) Planeidad después de mojado por una cara.*
- g) Transmisión de vapor de agua.*
- h) Absorción acústica.*
- i) Emisión de sustancias peligrosas.*



4.5.4. Métodos de ensayo (s/ norma UNE-EN 13165).

4.5.4.1. Toma de muestras.

Las probetas de ensayo se tomarán de una misma muestra.

4.5.4.2. Acondicionamiento.

El acondicionamiento de las probetas debe ser de, al menos, 6 h a $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$ si no se especifica otra cosa en la norma de ensayo. En caso de litigio, las probetas de ensayo se almacenarán a $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ y $(50 \pm 5)\%$ de humedad relativa durante 7 días previos al ensayo.

4.5.4.3. Métodos de ensayo.

Generalidades. La **tabla 4.5.6.** indica las dimensiones de las probetas de ensayo, el número mínimo de mediciones necesarias para obtener un resultado de ensayo y las condiciones necesarias.

a) Resistencia térmica y conductividad térmica. Se determinarán de acuerdo con la Norma Europea EN 12667 o la Norma EN 12939 para productos de alto espesor y en las condiciones siguientes:

- a una temperatura media de $(10 \pm 0,30) ^\circ\text{C}$.
- tras un acondicionamiento (s/ punto anterior).
- teniendo en cuenta el efecto de envejecimiento.

NOTA - *La resistencia térmica y la conductividad térmica también puede medirse a temperaturas medias distintas de $10 ^\circ\text{C}$, siempre que se documente debidamente la precisión de la relación entre la temperatura y las propiedades térmicas.*

La resistencia térmica y la conductividad térmica se determinarán directamente al espesor medido. Si esto no es posible, se determinarán mediante mediciones sobre otros espesores del producto, siempre y cuando:

- el producto presente unas características químicas y físicas similares y se produzca en la misma unidad de producción;
- y pueda demostrarse, de acuerdo con la Norma EN 12939, que la conductividad térmica, λ , no varía más de un 2% sobre el rango de espesores al que se aplica el cálculo.

b) Acondicionamiento para planeidad bajo mojado por una cara. El procedimiento de acondicionamiento es el siguiente:

- poner la probeta en un recipiente con agua de modo que la inmersión parcial sea de 5 mm;



- poner un peso sobre la probeta para evitar que flote;
- retirar la probeta después de 15 minutos y colocarla sobre un soporte seco de modo que la cara mojada quede en la parte superior;
- dejar secar la probeta durante 30 min a (23 ± 5) °C;
- medir la desviación de planeidad de acuerdo con la Norma EN 825.

Tabla 4.5.6
Métodos de ensayo, probetas y condiciones.

Dimensiones en milímetros

Apartado (UNE-EN 13165)		Método de ensayo	Longitud y anchura de la probeta de ensayo ^a	Nº mín. de mediciones para obtener un resultado de ensayo	Condiciones específicas
Nº	Título				
4.2.1	Resistencia térmica - conductividad térmica	EN 12667 o EN 12939	Ver Anexo C	1	Ver Anexo C
4.2.2	Longitud y anchura	EN 822	Tamaño original	1	-
4.2.3	Espesor	EN 823	Tamaño original	1	Carga = 50 Pa
4.2.4	Rectangularidad	EN 824	Tamaño original	1	-
4.2.5	Planeidad	EN 825	Tamaño original	1	-
4.2.6	Estabilidad dimensional bajo condiciones específicas de humedad y temperatura	EN 1604	200 x 200	3	-
4.2.7	Tensión de compresión o resistencia a compresión	EN 826	d = 50: 50 x 50 d > 50: 100 x 100	3	-
4.2.8	Reacción al fuego		Ver EN 13501-1		-
4.3.2	Deformación bajo condiciones específicas de compresión y temperatura	EN 1605	d ≤ 50: 50 x 50 d > 50: 100 x 100	3	-
4.3.3	Resistencia a la tracción perpendicular a las caras	EN 1607	50 x 50	3	-
4.3.5	Fluencia a compresión	EN 1606	Como en 4.2.7	2	-
4.3.6	Absorción de agua	EN 12087	200 x 200	2	Método 2A
4.3.7	Planeidad después de mojado por una cara	EN 825	Tamaño original o 1.200 x 600	1 por cara	Acondicionamiento s/ 5.3.3. UNE EN 13165
4.3.8	Transmisión de vapor de agua	EN 12086	Ver 6.1 en EN 12086	3	-
4.3.9	Absorción acústica	EN ISO 354	Mínimo 10 m ²	1	por determinar
4.3.10	Emisión de sustancias peligrosas	^b	-	-	-
C.5.1	Contenido en celdas cerradas	ISO 4590	100 x 30 x 30	3	Método 2 con corrección

^a Espesor del producto original, excepto para el apartado 4.2.8.
^b Aún no disponible.



4.5.5. Código de designación (s/ norma UNE-EN 13165).

El fabricante proporcionará un código de designación para el producto. Se incluirán los siguientes elementos, excepto cuando no existan requisitos para una propiedad de las descritas para aplicaciones específicas.

Abreviatura de espuma rígida de poliuretano	PUR
Número de norma europea	EN 13165
Tolerancias en espesor	Ti
Estabilidad dimensional a temperatura específica	DS(TH)i
Comportamiento bajo carga y temperatura	DLT(i)5
Tensión o resistencia a compresión	CS(10\Y)i
Fluencia a compresión	CC(i ₁ /i ₂ /y)σ _c
Resistencia a tracción perpendicular a las caras	TRi
Planeidad después de mojado por una cara	FWi
Absorción de agua a largo plazo	WL(T)i
Transmisión a largo plazo	MUi o Zi
Coefficiente práctico de absorción acústica	APi
Coefficiente ponderado de absorción acústica	AWi

donde:

"i" se utilizará para indicar la clase o el nivel relevante.

"σ_c" se utilizará para indicar la tensión de compresión.

"y" indicará el número de años.

El siguiente ejemplo ilustra el código de designación para un producto de espuma rígida de poliuretano:

PUR - EN 13165 - T2 -DS(TH)9 - DLT(2)5 - CS(10)100 - CC(3/2/25)40 - TR1 - FW1 - WL(T)2 - MU60

4.5.6. Evaluación de la conformidad.

El fabricante o su representante autorizado será responsable de la conformidad de su producto con los requisitos de esta norma europea. La evaluación de la conformidad se efectuará de acuerdo con la Norma EN 13172 y se basará en el control de producción en fábrica y ensayos efectuados sobre muestras tomadas en ésta.

Si el fabricante decide agrupar sus productos, lo hará de acuerdo con la Norma EN 13172.



Las frecuencias mínimas de ensayo en el control de producción en fábrica se establecerán de acuerdo con el anexo B de esta norma (UNE-EN 13165). Cuando se realicen ensayos indirectos, la correlación con los ensayos directos se establecerá de acuerdo con la Norma EN 13172.

El fabricante o su representante autorizado proporcionará, cuando se le requiera, el correspondiente certificado o declaración de conformidad.

4.5.7. Marcado y etiquetado.

Los productos conformes a esta norma UNE EN 13165 se marcarán con claridad, ya sea sobre el producto, la etiqueta o sobre el embalaje, con la siguiente información:

- nombre del producto u otras características de identificación.
- nombre o marca de identificación y dirección del fabricante o de su representante autorizado.
- año de fabricación (los últimos dos dígitos).
- turno u hora de producción y planta de fabricación o código de trazabilidad.
- clase de reacción al fuego.
- resistencia térmica declarada.
- conductividad térmica declarada.
- espesor nominal.
- código de designación.
- tipo de revestimiento, si procede.
- longitud nominal, anchura nominal.
- número de piezas y área del embalaje, según proceda.

Los productos de espuma rígida de poliuretano tienen la marca N voluntaria AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación) de producto certificado, que certifica que el producto mantiene en el tiempo el cumplimiento con las especificaciones y procedimientos de aseguramiento de la calidad que imponen las normas UNE- EN 13172 y UNE-EN 13165 y los reglamentos propios de AENOR.

La obtención de la certificación de producto AENOR permite la inclusión de la marca N en el etiquetado de los productos de espuma rígida de poliuretano.





4.5.8. Marcado CE y etiquetado.

El fabricante o su representante autorizado dentro del EEE es responsable del marcado CE. El marcado se hará sobre el propio producto, en una etiqueta sobre el mismo o en su embalaje.

El marcado CE consiste exclusivamente en las letras “CE” en la forma indicada por la Directiva 93/68/CE seguidas del número de identificación del organismo notificado en el caso de productos bajo el sistema 1.

El marcado CE para productos de espuma de poliuretano rígida irá acompañado por la siguiente información:

Tabla 4.5.7
Ejemplo de información del marcado CE

Número del organismo de certificación (para productos bajo el sistema 1)
Nombre o identificación y dirección registrada del fabricante
Últimos dos dígitos del año de obtención del marcado CE
Número de certificado de conformidad CE (si procede)
Número de esta norma EN
Identificación del producto
Clase de reacción al fuego
Resistencia térmica - Conductividad térmica
Espesor
Código de designación

Además de cualquier información específica relacionada con sustancias peligrosas, el producto debe adjuntar, cuando y donde se requiera en la forma correspondiente, documentación que incluya cualquier otra legislación sobre sustancias peligrosas que requiera conformidad, junto con cualquier información que exija dicha legislación.

4.6. PANELES SANDWICH (CUBIERTAS INDUSTRIALES).

4.6.1. Presentación

Los paneles se suelen presentar embalados con plásticos y por grupos (normalmente 10). En el embalaje se debe encontrar una etiqueta o marcado en el que se den aspectos de interés como el tipo de resistencia al fuego, la conductividad o resistencia térmica del panel, las dimensiones del panel, el número de piezas, sellos o marcas de calidad que posean, así como las instrucciones de uso u almacenamiento entre otros.

4.6.2. Movimiento y almacenaje de los paquetes¹.

El movimiento y almacenaje representa una fase muy delicada durante la cual es posible provocar daños al panel. Por este motivo conviene seguir una serie de instrucciones que se citan a continuación:

1. Coger el paquete utilizando un balancín y eslingas de nylon de una anchura mínima de 200 mm.

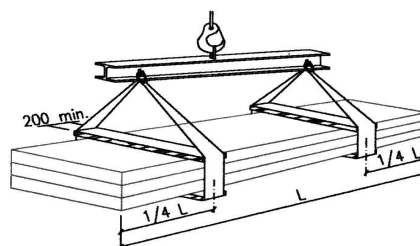


Imagen 4.6.1. Movimiento del paquete.

Colocar entre el paquete y las eslingas tabloncillos de madera de 200 mm. de ancho mínimo. Los tabloncillos tendrán una longitud superior en 20 mm. a la del paquete que está levantado.

2. Situar el paquete en una superficie plana y rígida, colocando a la distancia máxima de cada metro un taco de porex o de madera de 50 mm. de espesor y 200 mm. de ancho.

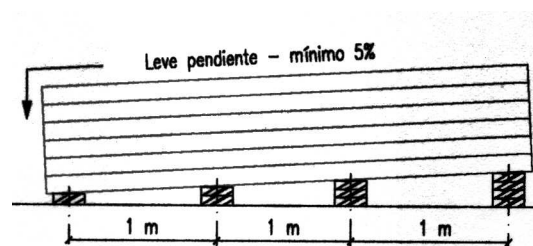


Imagen 4.6.2. Asentamiento del paquete.

El paquete deberá estar en una leve pendiente a fin de evacuar el agua originada por posibles condensaciones.

3. No se puede colocar más de tres alturas (paquetes) y siempre interponiendo entre ellos y en varios puntos, tacos de madera ó porex.

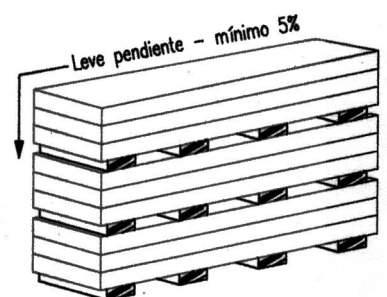


Imagen 4.6.3. Colocación de paquetes en la misma vertical, con un máximo de 3.

¹ Información e imágenes obtenidas de la web *metecno.es* (Panel Glamet)



4. Guardar los paquetes a cubierto, si no es posible, protegerlos con una tela impermeable y asegurarse en todo momento de que haya una buena ventilación.

La eventual película protectora no debe estar expuesta a los rayos solares y se tiene que desprender en un plazo de 4 meses desde la fecha de fabricación del panel.

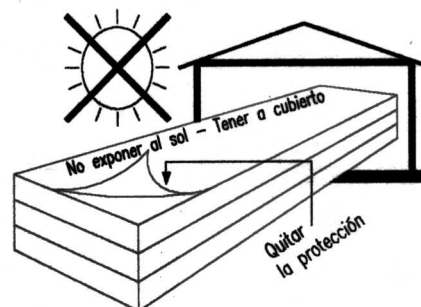


Imagen 4.6.4. Precauciones en el almacenamiento de los paquetes.

** UNA VEZ MONTADOS LOS PANELES, EL ACERO GALVANIZADO Y EL ALUMINIO NATURAL NO HAY PELIGRO DE QUE ENTREN EN CONTACTO CON EL AGUA; APILADOS LOS PAQUETES, LAS CHAPAS DE LOS PANELES SON SENSIBLES A LA HUMEDAD Y A LA CONDENSACIÓN.*

- El agua que se genera, bien por efecto de la lluvia o por causa de la condensación, pueden hacer que se forme fácilmente en el caso del acero galvanizado, hidrocbonato u óxido de zinc, conocido más comúnmente como “óxido blanco” y en el caso del aluminio natural unas manchas de color gris oscuro que aparecen debido al fenómeno de la corrosión acelerada.

La eventual película adhesiva protectora de polietileno, deberá ser retirada a medida que los paneles sean utilizados. No debiendo ser expuesta a las radiaciones ultravioletas. En cualquier caso, tiene que ser retirada dentro de los cuatro meses siguientes a la fecha de fabricación.

MONTAJE: Durante el montaje hay que prestar mucha atención al eliminar todos los cuerpos extraños; en particular: las limaduras de hierro que se originan al cortar, las virutas que se producen al agujerear, los fragmentos, etc. Estos cuerpos extraños se pueden adherir a la superficie del revestimiento y provocar daños.



Imagen 4.6.5. Recepción de los paneles. Máximo tres alturas interponiendo tacos de pórex. Detalle ampliado de la colocación de los tacos de pórex.



Imagen 4.6.6.- Embalaje y etiquetado de los paneles.

4.6.3. Tipos de junta en paneles sandwich de poliuretano.

La unión entre los diferentes paneles, para la realización de una instalación, se lleva a cabo mediante un sistema conocido como junta. Este sistema puede ser de dos tipos:

- **Junta seca (JS):** Mediante un sistema macho- hembra y las correspondientes fijaciones mecánicas, se lleva a cabo el perfecto ajuste entre los dos paneles asegurando la estanqueidad requerida y permitiendo un rápido y económico montaje.

- **Junta inyectada (JI):** mediante un sistema de perfiles de remate, se crea un espacio hueco entre los dos paneles, el cual es inyectado en obra, consiguiendo así una perfecta comunión entre los dos paneles y confiriendo un altísimo grado de estanqueidad.

4.6.4. Partes de un panel sandwich.

1. **Capa superior e inferior de acero o aluminio**, con un espesor que ronda los 0'5-0'6 mm., actúa como barrera de vapor y permite dar el acabado que se requiera.

2. **Alma constituida por un aislante térmico**, normalmente espuma rígida de poliuretano (PUR) o lana de roca, con un espesor variable entre 30 y 250 mm según necesidades.

3. **Capas exteriores protectoras**, que le conferirán la resistencia necesaria a las posibles alteraciones por medios exteriores agresivos.

4.6.5. Unión entre chapa y aislante

El proceso de unión entre la chapa y la espuma de poliuretano (PUR) puede obtenerse por continuo o por discontinuo. Los expertos aconsejan la fabricación en continuo pero no todos la hacen, ya que requieren unas instalaciones- procesos algo más complejos o costosos.



En el proceso continuo se consigue una espuma con un altísimo porcentaje de células cerradas (casi el 100%) evitando de este modo coqueas y defectos apreciables en los paneles. Normalmente se trata de dos bobinas con dos perfiladoras las que fabrican el panel.

El proceso de unión de ambos materiales se obtiene mediante las propias características de la espuma en su fase expansiva, siendo la adherencia de la misma de una excelente calidad.

El proceso de unión entre la lana de roca y la chapa es diferente, ya que en este caso el material aislante no es expandente, y necesita de una imprimación previa para que se produzca la unión (por compresión).

4.6.6. Grecado de las chapas.

Tanto la chapa superior, como la inferior, suelen presentar un ligero grecado con profundidades inferiores a los 2 mm, incrementando así, la superficie de pegado y confiriéndole un excelente grado de agarre chapa- espuma.



5. EJECUCIÓN Y PUESTA EN OBRA.

5.1.POLIESTIRENO EXTRUIDO.

5.1.1. Preparación de la base o soporte.

Las irregularidades del soporte en las cubiertas deben estar dentro de ciertos límites.

Así pues, el soporte debe cumplir las condiciones de planeidad especificadas en la norma MV-301 o la que la sustituya y se encuentre en vigencia. Asimismo habrá que observar que el soporte sea compatible químicamente con las planchas, sea una impermeabilización en cubiertas invertidas, u otros en otros tipos de cubiertas.

5.1.2. Opciones habituales.

Entre las opciones más habituales nos encontramos con las siguientes:

5.1.2.1. Cubiertas inclinadas.

a) Sobre soporte inclinado con planchas (ejemplo).

Las planchas de poliestireno extruido (XPS) se instalan sobre el soporte, con las acanaladuras paralelas a cumbrera, mediante:

- **fijaciones mecánicas** (tipo espiga o taco plástico de expansión, de 90 mm. de longitud para planchas de 55 y 45 mm. de espesor, de 60 mm. para planchas de 35 mm), si no se va a impermeabilizar (en pendientes de hasta $45^\circ = 100\%$).



Imágenes 5.1.1. y 5.1.2.- Instalación de planchas de XPS sobre faldones de cubiertas inclinadas¹.

- **adhesivos compatibles con el poliestireno extruido** típicamente de base cementosa en pendientes de hasta $30^\circ = 57\%$. A este fin, las planchas de XPS presentan una superficie rugosa, sin piel de espumación, para favorecer la adherencia.

¹ Imágenes 5.1.1. y 5.1.2. obtenidas en la web dow.com/iberica/es



- **láminas asfálticas impermeabilizantes autoadhesivas** que cubren las dos funciones de impermeabilización y fijación de las planchas en pendientes de hasta $30^\circ = 57\%$.

Tras la fijación de las planchas, se pasa a instalar la teja directamente sobre las planchas en la forma tradicional, por pellada o cordón de mortero. De este modo se simplifica la instalación del aislamiento térmico bajo teja al no necesitar de capa de compresión entre teja y planchas aislantes.



Imágenes 5.1.3. y 5.1.4. - Instalación de planchas de XPS sobre faldones de cubrición de trasteros.

En la colocación de la teja se debe llevar ante todo, un calzado de seguridad, y es conveniente, el empleo de cinturones o arneses de seguridad conectados a “líneas de vida” o “puntos fuertes” para evitar el riesgo de una caída de altura.



Imagen 5.1.5. Colocación de la teja sobre planchas de XPS.



Imagen 5.1.6. Ajuste de las planchas de XPS ante encuentros.

En la **imagen 5.1.5.** se puede comprobar como los dos operarios carecen de EPIs adecuados de protección frente al riesgo de caída de altura entre otros. El ajuste de las planchas de XPS ante encuentros (**imagen 5.1.6.**) se realizó mediante el empleo de cúter como elemento de corte.

Se recomienda empezar a aislar el faldón por su parte inferior, el alero, para ascender por sucesivas filas de planchas hasta la cumbre.



Se formará un cajeadado en los encuentros del faldón con aleros y hastiales, de modo que las planchas queden cobijadas y retenidas por los topes que forman el cajeadado. El tope en alero estará dimensionado para retener el posible deslizamiento de las planchas aislantes y la teja montada sobre ellas.

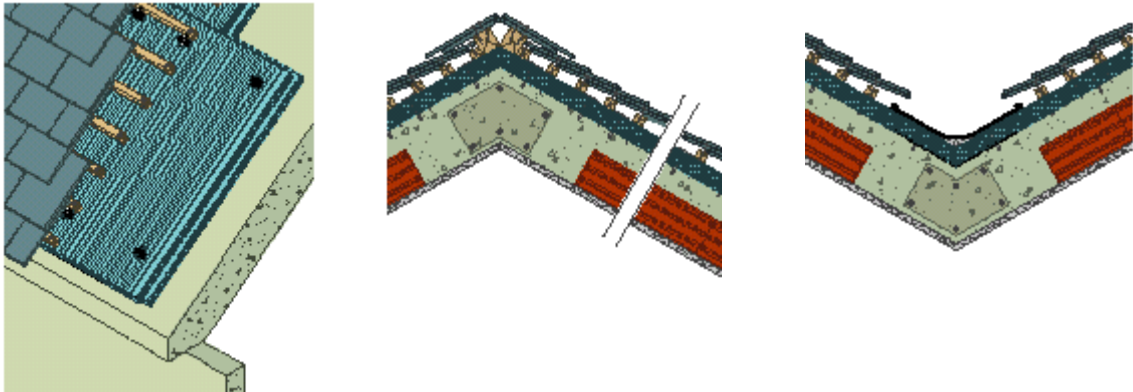
Como esquema para las fijaciones mecánicas de las planchas, se puede considerar el siguiente, para una situación normal en exposición al viento (con adhesivos se mantendrá una distribución equivalente):

- ◆ 4 fijaciones por plancha, en la primera fila de planchas a lo largo de todo el perímetro del faldón y junto a encuentros (chimeneas).
- ◆ 2 fijaciones por plancha, el resto del faldón.

Si la situación topográfica ante vientos es expuesta, es conveniente hacer un estudio particular para determinar el mejor sistema de fijación. Sin embargo, en tal caso la teja se instala siempre con fijación mecánica (ganchos, clavos, etc.), y procede entonces instalar un enrastrelado, ya fijado al soporte estructural a través de las planchas aislantes, ya recibido con mortero a las propias planchas.

Si se dispone un enrastrelado fijado al soporte estructural a través de las planchas, entonces el acanalado ya no tiene misión de dar un anclaje a la fijación con mortero, y se pueden colocar las planchas de XPS con las acanaladuras en la dirección de la pendiente: así, con un único orden de rastreles paralelos a cumbrera –los que dan apoyo a las tejas– ya hay ventilación cruzada bajo las tejas, gracias a las acanaladuras de las planchas. A la hora de instalar la teja (curva, mixta y plana) se respetará el campo de pendientes apropiado, de acuerdo con la práctica habitual de la construcción.

En el caso especial de un empizarrado, las planchas de XPS pueden ser igualmente un soporte adecuado para la pizarra instalada sobre capa de yeso o de mortero sobre extendida sobre la cara acanalada de las planchas. Del mismo modo, si se opta por enrastrelar la pizarra, se seguirá la recomendación dada anteriormente al comentar el caso de los enrastrelados (**detalles**).



Imágenes 5.1.7., 5.1.8. y 5.1.9 - Detalles de instalación de planchas de XPS en cubiertas inclinadas con tejas de pizarra¹.

b) En cubierta inclinada con teja enrastrelada.

Dado un tablero adecuado como soporte continuo (aglomerado, contrachapado, etc.), se fijarán las planchas de XPS mediante listones de un primer orden de enrastrelado, cuya escuadria debe ser tal que dé lugar a una cámara suficiente para una correcta ventilación bajo las tejas:

- ◆ 20 mm como mínimo con tejas sobre rastreles.
- ◆ 40 o 60 mm según longitud del faldón: 40 para faldones de menos de 12 metros y 60 para más- si los listones aportan un segundo tablero sobre el que se instale placa asfáltica.

Se debe prestar especial atención a que los productos con que se trate la madera sean compatibles con el poliestireno extrudido (sin disolventes).

Una vez fijado mecánicamente el primer orden de listones (y las planchas con ellos), se puede pasar a la fijación de los rastreles que soportarán la teja.



Imagen 5.1.10. – Ejemplo de instalación de planchas de XPS con teja enrastrelada en cubierta inclinada².

¹ Imágenes 5.1.7., 5.1.8., y 5.1.9. obtenidas en la web dow.com/iberica/es

² Imágenes 5.1.10. obtenida en la web dow.com/iberica/es



5.1.2.2. Cubiertas planas.

a) En cubiertas planas que llevan encima protección de acabado (ejemplo de una cubierta invertida).

La colocación de las planchas de XPS debe hacerse inmediatamente después de realizada la impermeabilización.

Las planchas aislantes se colocan directamente encima de la impermeabilización, sueltas, con total independencia, sin adherirlas (eventualmente, cuando haya riesgo de flotación por inundación de la cubierta, pueden fijarse por puntos situados en la zona central de las planchas).

Cuando, por naturaleza de la membrana impermeabilizante, haya riesgo de adherencia total entre el aislamiento y ésta, es recomendable la interposición de un geotextil de 100 g/m² como mínimo.

El canto a media madera de las planchas de XPS para cubierta invertida facilita la colocación y el encaje de las planchas, evitando los puentes térmicos.

Las planchas deben colocarse a tope entre ellas y con juntas al tresbolillo, contrapeando las filas sucesivas, debiendo comenzar por el punto más cercano al acceso a la cubierta, y procurando que cuando los materiales para la capa de lastre sean distribuidos puedan ser acarreados a través de la membrana ya protegida. Las planchas se colocan en una sola capa.

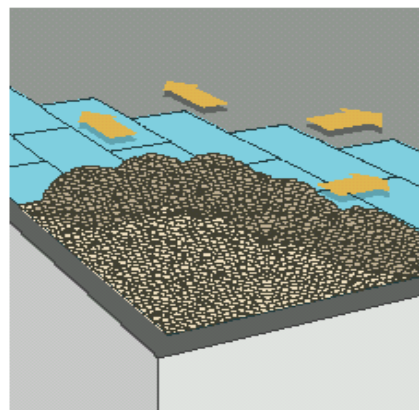


Imagen 5.1.11. Ejemplo del orden en la instalación de planchas de XPS en cubierta plana invertida¹.

¹ Imagen 5.1.11. obtenida en la web dow.com/iberica/es



En las entregas a puntos singulares donde la cubierta quede perforada (lucernarios, sumideros, chimeneas, etc), las planchas pueden ajustarse mediante cortes y orificios fácilmente practicables con las herramientas usuales en carpintería (sierras de diversos tipos), e incluso un simple “cutter”.

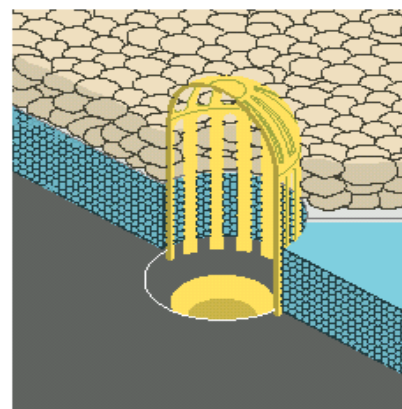


Imagen 5.1.12. Ejemplo de entrega en sumidero. Instalación de planchas de XPS en cubierta plana invertida¹.

En la unión con petos o paramentos, se adaptan las planchas a la media caña de la impermeabilización, practicando un corte en bisel. De este modo, se reduce al máximo el posible efecto de puente térmico.

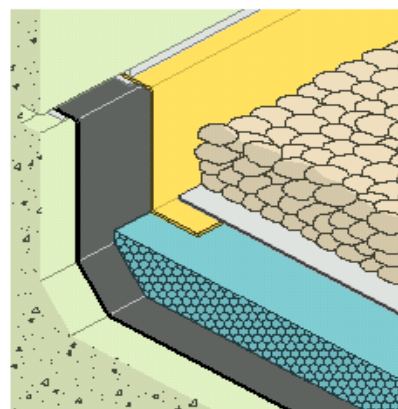


Imagen 5.1.13. Ejemplo de unión con petos o paramentos. Instalación de planchas de XPS en cubierta plana invertida².

Dada la ligereza de las planchas de XPS se debe proceder inmediatamente, tras su colocación, al lastrado con la protección pesada proyectada.

Es recomendable el empleo de un geotextil entre protección pesada y planchas aislantes para evitar, por un lado, la formación de depósitos de carácter biológico sobre la membrana y, por otro, como elemento de protección del aislante frente a la eventual acción de la radiación ultravioleta y para sujeción de las planchas.

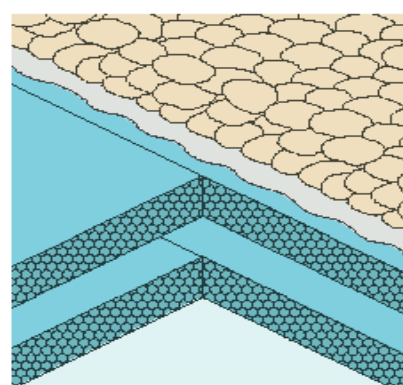


Imagen 5.1.14. Empleo de geotextil de separación entre la protección pesada y las planchas de XPS, en cubierta plana invertida³.

¹ Imagen 5.1.12. obtenida en la web dow.com/iberica/es

² Imagen 5.1.13. obtenida en la web dow.com/iberica/es

³ Imagen 5.1.14. obtenida en la web dow.com/iberica/es



Desagües

Los sumideros de desagüe deben estar alojados en las planchas, y se han de proteger con una rejilla. Igualmente, los canales de desagüe se deben proteger con aislamiento para evitar que se produzcan puentes térmicos por discontinuidad del aislamiento.

Si se utilizan losetas de pavimentación como alternativa a la grava, las planchas aislantes se pueden colocar directamente encima de la canaleta de desagüe. Las losetas de pavimentación de lastre no se deben aplicar directamente encima de las planchas aislantes. Apoyándolas sobre espaciadores o separadores se facilita un adecuado drenaje y las superficies se mantienen secas. Es posible encontrar en el mercado diferentes tipos de espaciadores adecuados. Sin embargo, hay que asegurarse de que tengan un diámetro mínimo de 125 mm para evitar la concentración de cargas sobre el aislamiento.

Protección de la membrana impermeabilizante.

Las planchas de XPS protegen la membrana de los daños causados por los cambios climáticos. En los petos y zonas elevadas debe completarse esta protección colocando un babero de protección unos 200 mm. por encima del nivel de la capa de lastre.

Capa de filtración.

Sobre las planchas de XPS es preciso colocar una capa de filtración con los bordes superpuestos y solapada en todo el perímetro, para proteger la membrana impermeabilizante de los daños provocados por los sedimentos que el agua de lluvia pudiera arrastrar por debajo del aislamiento.

En la ejecución de este tipo de cubiertas se suelen presentar una serie de encuentros y singularidades, a los que el CTE hace referencia, y que son los siguientes:

■ Encuentro de la cubierta con un paramento vertical.

1 La impermeabilización debe prolongarse por el paramento vertical hasta una altura de 20 cm como mínimo por encima de la protección de la cubierta (Véase imagen 5.1.15).

2 El encuentro con el paramento debe realizarse redondeándose con un radio de curvatura de 5 cm aproximadamente o achaflanándose una medida análoga según el sistema de impermeabilización.

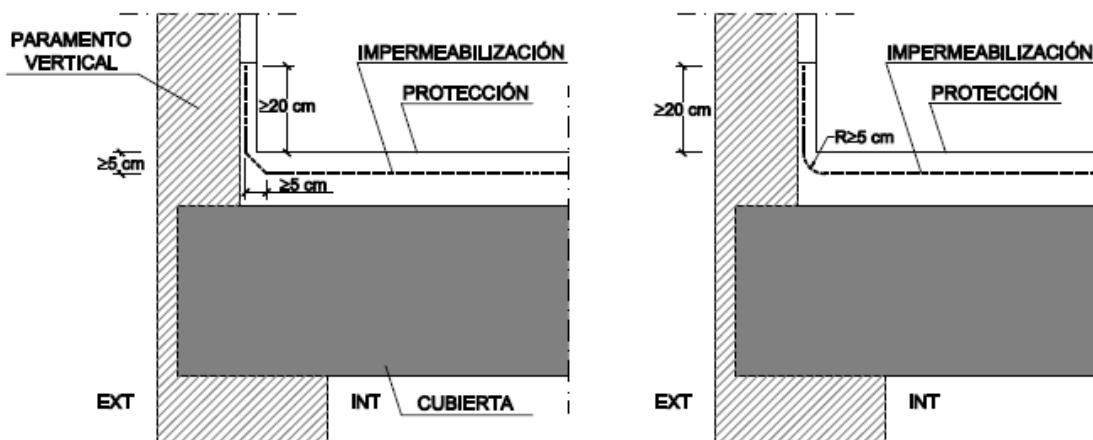


Imagen 5.1.15. Encuentro de la cubierta con un paramento vertical¹.

Es muy importante guardar esos 20 cm. como mínimo por encima de la protección de la cubierta, para evitar que en pequeñas inundaciones de la cubierta, el agua pueda colarse por detrás de la impermeabilización mojando otros elementos constructivos. Por ello debe hacer un replanteo correcto de este nivel antes de proceder a hacer las rozas perimetrales.

3 Para que el agua de las precipitaciones o la que se deslice por el paramento no se filtre por el remate superior de la impermeabilización, dicho remate debe realizarse de alguna de las formas siguientes o de cualquier otra que produzca el mismo efecto:

a) mediante una roza de 3 x 3 cm como mínimo en la que debe recibirse la impermeabilización con mortero en bisel formando aproximadamente un ángulo de 30° con la horizontal y redondeándose la arista del paramento;

b) mediante un retranqueo cuya profundidad con respecto a la superficie externa del paramento vertical debe ser mayor que 5 cm y cuya altura por encima de la protección de la cubierta debe ser mayor que 20 cm;

c) mediante un perfil metálico inoxidable provisto de una pestaña al menos en su parte superior, que sirva de base a un cordón de sellado entre el perfil y el muro. Si en la parte inferior no lleva pestaña, la arista debe ser redondeada para evitar que pueda dañarse la lámina.

Dentro de la soluciones que se indican es muy habitual la realización de la indicada en el apartado a), si bien pueden realizarse las otras dos perfectamente. Si se decide colocar el perfil metálico inoxidable es muy importante realizar un sellado correcto entre el perfil y el muro para evitar filtraciones de agua y humedades.

¹ España. Código Técnico de la Edificación. Documento DB HS Salubridad. Figura 2.13.



■ Encuentro de la cubierta con sumidero o un canalón.

1 El sumidero o el canalón debe ser una pieza prefabricada, de un material compatible con el tipo de impermeabilización que se utilice y debe disponer de un ala de 10 cm de anchura como mínimo en el borde superior.

2 El sumidero o el canalón debe estar provisto de un elemento de protección para retener los sólidos que puedan obturar la bajante. En cubiertas transitables este elemento debe estar enrasado con la capa de protección y en cubiertas no transitables, este elemento debe sobresalir de la capa de protección.

Es muy importante impedir la entrada de sólidos a través del sumidero, que puedan obturar la bajante, ya que entonces la cubierta se inundaría. Por ello existen sumideros en el mercado que incorporan elementos destinados a esta misión.

3 El elemento que sirve de soporte de la impermeabilización debe rebajarse alrededor de los sumideros o en todo el perímetro de los canalones (Véase **Imagen 5.1.16**) lo suficiente para que después de haberse dispuesto el impermeabilizante siga existiendo una pendiente adecuada en el sentido de la evacuación.

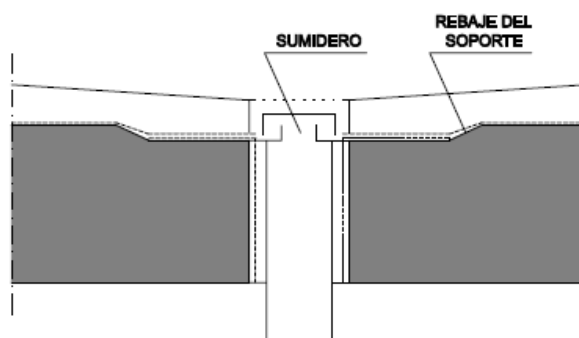


Imagen 5.1.16. Rebaje del soporte alrededor de los sumideros¹.

4 La impermeabilización debe prolongarse 10 cm como mínimo por encima de las alas.

5 La unión del impermeabilizante con el sumidero o el canalón debe ser estanca.

6 Cuando el sumidero se disponga en la parte horizontal de la cubierta, debe situarse separado 50 cm como mínimo de los encuentros con los paramentos verticales o con cualquier otro elemento que sobresalga de la cubierta.

7 El borde superior del sumidero debe quedar por debajo del nivel de escorrentía de la cubierta.

Debe revisarse en el Proyecto que los sumideros se encuentran en una situación adecuada, evitando obstáculos (pilastras de shunt, etc.) que dificulten la llegada del agua a los sumideros correctamente. También es importante dotar al Proyecto de Ejecución de detalles constructivos que faciliten la ejecución de este tipo de elementos a las empresas afectadas.

Se debe revisar durante la ejecución la correcta impermeabilización y aislamiento de este tipo de elementos en las cubiertas.

¹ España. Código Técnico de la Edificación. Documento DB HS Salubridad. Figura 2.14.



El borde superior del sumidero debe quedar por debajo del nivel de escorrentía de la cubierta para que pueda desaguar el agua de la cubierta correctamente. Para ello debe hacerse un replanteo adecuado de las pendientes de la cubierta así como de los niveles de los sumideros (respetando las pendientes mínimas).

8 Cuando el sumidero se disponga en un paramento vertical, el sumidero debe tener sección rectangular. Debe disponerse un impermeabilizante que cubra el ala vertical, que se extienda hasta 20 cm como mínimo por encima de la protección de la cubierta.

9 Cuando se disponga un canalón su borde superior debe quedar por debajo del nivel de escorrentía de la cubierta y debe estar fijado al elemento que sirve de soporte.

10 Cuando el canalón se disponga en el encuentro con un paramento vertical, el ala del canalón de la parte del encuentro debe ascender por el paramento y debe disponerse una banda impermeabilizante que cubra el borde superior del ala, de 10 cm como mínimo de anchura centrada sobre dicho borde.

El canalón al igual que un sumidero debe estar por debajo del nivel de escorrentía de la cubierta para recoger el agua la misma. El apartado 10 es una especificación destinada a garantizar que el agua del canalón no pase al paramento vertical.

■ Encuentro de la cubierta con elementos pasantes.

1 Los elementos pasantes deben situarse separados 50 cm como mínimo de los encuentros con los paramentos verticales y de los elementos que sobresalgan de la cubierta.

2 Deben disponerse elementos de protección prefabricados o realizados in situ, que deben ascender por el elemento pasante 20 cm como mínimo por encima de la protección de la cubierta.

Se pretende con el primer apartado no crear rincones que obstaculicen la escorrentía del agua de la cubierta. Con el segundo apartado en cambio se pretende impedir que el agua de la cubierta pueda penetrar sobre el elemento pasante con un mínimo de garantías.

■ Rincones y esquinas.

En los rincones y las esquinas deben disponerse elementos de protección prefabricados o realizados in situ hasta una distancia de 10 cm como mínimo desde el vértice formado por los dos planos que conforman el rincón o la esquina y el plano de la cubierta.

Se trata de otra medida destinada a garantizar la impermeabilidad de la cubierta.



■ Accesos y aberturas.

1 Los accesos y las aberturas situados en un paramento vertical deben realizarse de una de las formas siguientes:

a) disponiendo un desnivel de 20 cm de altura como mínimo por encima de la protección de la cubierta, protegido con un impermeabilizante que lo cubra y ascienda por los laterales del hueco hasta una altura de 15 cm como mínimo por encima de dicho desnivel;

b) disponiéndolos retranqueados respecto del paramento vertical 1 m como mínimo. El suelo hasta el acceso debe tener una pendiente del 10% hacia fuera y debe ser tratado como la cubierta, excepto para los casos de accesos en balconeras que vierten el agua libremente sin antepechos, donde la pendiente mínima es del 1%.

2 Los accesos y las aberturas situados en el paramento horizontal de la cubierta deben realizarse disponiendo alrededor del hueco un antepecho de una altura por encima de la protección de la cubierta de 20 cm como mínimo e impermeabilizado.

Se debe cuidar la ejecución de este tipo de elementos para garantizar la impermeabilidad de la cubierta. A la hora de ejecutar las salidas a terrazas dentro de un piso es conveniente disponer de unas pendientes adecuadas (para evacuar el agua), y algunas veces un escalón de acceso que quede convenientemente impermeabilizado, para impedir la entrada del agua al interior de la dependencia.

También se debe realizar una elevación e impermeabilización (perimetral) con otro tipo de elementos como pueden ser claraboyas o lucernarios en cubiertas planas.



EJEMPLO DE UNA CUBIERTA INVERTIDA (EDIFICIO EN MURCIA).

Primero se parte de una base soporte adecuada; limpia, fuera de grasas, objetos, etc, con los sumideros colocados, y con las rozas hechas en los paramentos.



Imagen 5.1.17. Base soporte adecuada para iniciar la ejecución de la cubierta plana invertida.

Después se coloca la lámina impermeabilizante sobre la base soporte, uniéndose estas láminas entre ellas por medio de solapes gracias al calentamiento por aire caliente. Hay que prestar bastante atención en la ejecución de los encuentros, en los solapes y guardar las distancias que dice el CTE sobre la protección de la cubierta (20 cm.).



Imagen 5.1.18. Puesta en obra de la lámina asfáltica sobre la base soporte, mediante calentamiento con soplete¹.

¹ Imagen 5.1.13. obtenida en la web repararyarreglar.com



► Después se colocan las planchas de XPS ensamblando unas con otras gracias a la junta a media madera y colocándolas a tope y a rompe junta.



Imagen 5.1.19. Junta a media de madera en las planchas de XPS..

► Si se interrumpen las tareas debe colocarse peso sobre las planchas para que no puedan salir volando por efecto del viento (por ejemplo con ladrillos si se tienen a mano).



Imagen 5.1.20. Interrupción en la colocación de las planchas de XPS.

► Las planchas de XPS se deben cortar para ajustarlas a cualquier tipo de encuentros o puntos críticos como pueden ser postes o desagües. Esto se puede hacer con cualquier utensilio de albañilería que se tenga a mano y corte bien, pero se suele hacer con un “cutter”.



Imagen 5.1.21. Encuentro de las planchas de XPS con pilar de pérgola en cubierta.



Imagen 5.1.22.. Encuentro de las planchas de XPS con sumidero en cubierta.



En esta obra en concreto no se tuvieron en cuenta de manera rígida los 20 cm que debe elevarse la lámina impermeabilizante sobre el nivel de acabado (s/ apartado 2.4.4.1.2 del DB HS del CTE), puesto que apenas los alcanzaba con relación al aislante térmico.



Imagen 5.1.23. Altura de lámina impermeabilizante insuficiente en el encuentro cubierta-antepecho.

Entre la capa de hormigón pobre y las planchas de XPS se debería haber colocado un geotextil de separación que fuera como mínimo de 100 g/m², ya que así se puede evitar que lleguen sedimentos a la membrana impermeabilizante además de obtener cierta independencia entre ambas capas.



Imagen 5.1.24. Capa de mortero sobre planchas de XPS. Ausencia de geotextil de separación entre ambos.

b) En cubiertas planas con baldosas de XPS que sirven de acabado en la cubierta.

La colocación de las baldosas aislantes debe hacerse inmediatamente después de realizada la impermeabilización.

Las baldosas aislantes se colocan directamente encima de la impermeabilización, sueltas, con total independencia, sin adherirlas (eventualmente, cuando haya riesgo de flotación por inundación de la cubierta, podrán fijarse por puntos situados en la zona central de la baldosa).

Cuando, por la naturaleza de la membrana impermeabilizante, haya riesgo de adherencia total entre el aislamiento y ésta, es recomendable la interposición de un geotextil de 100 g/m² como mínimo.



Las baldosas aislantes se colocan a tope entre sí y con juntas a tresbolillo, contrapeando las filas sucesivas, y cuidando de que los trozos de panel situados en los extremos de cada fila no tengan una longitud inferior a la mitad de la longitud total del panel. Cuando esto no es posible, se coloca el trozo sobrante de panel en la zona central de la cubierta¹.

En las entregas a puntos singulares donde la cubierta queda perforada (lucernarios, sumideros, chimeneas, etc.), las baldosas aislantes se ajustan mediante cortes y orificios practicables con sierra radial, dejando una junta con holgura de unos **5 mm**.

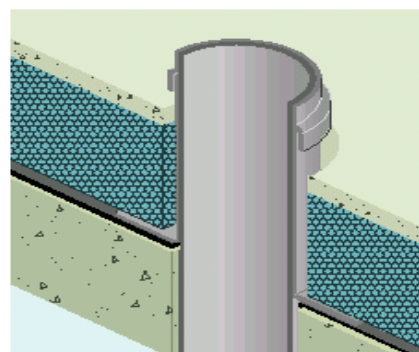


Imagen 5.1.25. Encuentro de baldosa de XPS con bajante.

En la unión con petos y paramentos, los paneles de XPS se adaptan a la media caña de la impermeabilización, practicando un corte en bisel a la base aislante del panel o baldosa, reduciéndose así al máximo posible el efecto de puente térmico.

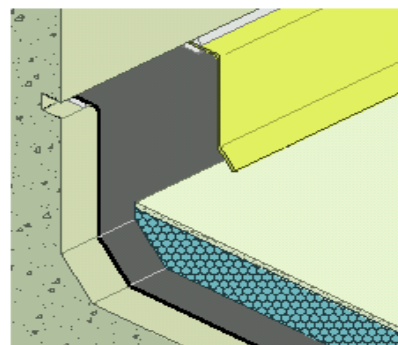


Imagen 5.1.26. Encuentro de baldosa de XPS con paramento.

En los cambios de pendiente, limatesas o limahoyas, se corta el mortero con una sierra radial a lo largo de la línea de cambio de pendiente. De esta forma se puede reducir la flexión del panel en los vanos, ocasionada por los cambios de pendiente de la cubierta; flexión que resultaría en una mayor fisuración de la capa de mortero de la que por sí sola presenta.

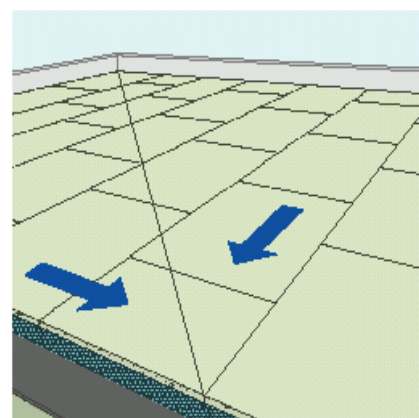


Imagen 5.1.27. Corte del mortero superior del panel XPS, ante un cambio de pendiente en cubierta plana.

¹ Imágenes 5.1.25., 5.1.26. y 5.1.27. obtenidas en la web dow.com/iberica/es



Se instala el lastre adicional o fijación suplementaria sobre la primera fila de paneles situada junto al perímetro de la cubierta o cualquier elemento singular de la cubierta que perfora el forjado.



Imagen 5.1.28. Vista general de la cubierta y sus lucernarios¹.

c) En cubiertas de naves agropecuarias (en techos).

► Procedimiento general:

Las planchas de XPS se deben fijar perpendicularmente a las correas de la estructura de la nave, con su máxima dimensión siguiendo la dirección de la pendiente de la cubierta.

Se comienza la instalación del techo siempre a partir de un testero de la nave, desde la cornisa o alero hasta la cumbre, para volver a descender hasta la otra cornisa. Tras esta primera fila de planchas, se colocan las sucesivas hasta completar el techo de la nave.

El encuentro con testeros, paramentos laterales y pórticos se produce por apoyo en rastrel de madera o angular metálico. El encuentro de las planchas en cumbre se puede hacer en bisel ya que las planchas se pueden cortar y perfilar fácilmente, con un simple “cutter” o cualquier sierra de carpintería.

Los extremos de las planchas no tienen por qué alinearse con las correas debido a su encaje perimetral machihembrado. Sin embargo, se deben disponer “al tresbolillo” las sucesivas filas de planchas, obteniéndose, gracias a las juntas alternadas, un aumento en la rigidez del techo. El solape de las planchas de filas sucesivas será, al menos, un tercio de la longitud total de las planchas (800 mm con planchas habituales).

Para la instalación de las planchas existen diversos tipos de fijaciones los cuales se relacionan a continuación:

◆ *para montaje sobre correas.*

ganchos y grapas de fijación de placas de fibrocemento; tornillos autorroscantes y autotaladrantes (cubiertas de chapa).

¹ Imagen 5.1.28. obtenidas en la web dow.com/iberica/es

◆ *para montaje bajo correas:*

fijación oculta: clip o grapa (tipo Styrofix de “Etanfix” o Styro de “Hilti”), y abrazadera (tipo Styro) para correa de hormigón (**imágenes 5.1.29. y 5.1.30**);

alternativa para clavar el clip directamente a correas de hormigón o metálicas: clavos tipo ENK, de “Hilti”, tornillos autorroscantes y autotaladrantes, o remaches en flor.

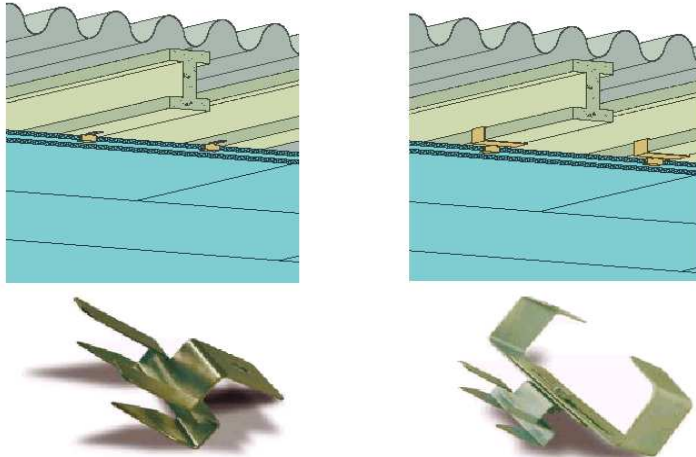


Imagen 5.1.29 y 5.1.30. Sujeción de planchas de XPS bajo correas de cubierta¹.

◆ fijación vista:

- ganchos y arandelas (**imágenes 5.1.31. y 5.1.32.**)².

- a correa de hormigón: espiga tipo X-IE, de “Hilti” (incluye clavo DI).

- a correa de acero: tornillo autotaladrante tipo Agravis de “Etanfix”.

- a correa de madera: espiga plástica tipo Agriplast de “Etanfix”.

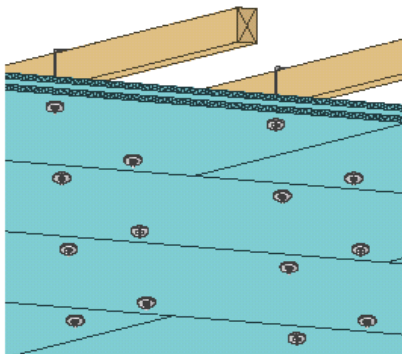


Imagen 5.1.31. Sujeción de planchas de XPS bajo correas con ganchos y arandelas.



Imagen 5.1.32. Detalle de gancho con arandela, para fijación vista de las planchas de XPS bajo correas.

¹ Imágenes 5.1.29. y 5.1.30. obtenidas en la web dow.com/iberica/es

² Imágenes 5.1.31. y 5.1.32. obtenidas en la web dow.com/iberica/es



Imagen 5.1.33. Sujeción de planchas de XPS bajo correas de acero.



Imagen 5.1.34. Vista del aislamiento bajo correas de cubierta, una vez concluido.

En cuanto a las distancias entre las fijaciones ya sean vistas u ocultas se tratan del siguiente modo:

- **Distancia entre fijaciones ocultas** (clips) con planchas de XPS:

Tabla 5.1.1.

Espesor de plancha XPS, nº fijaciones por plancha, y distancia entre las mismas¹.

Espesor de plancha (en milímetros)	Distancia máx. entre fijaciones (cm)	Nº de fijaciones por plancha
30-40	80	3
50-60	120	2

Si la luz entre correas no supera las distancias máximas entre fijaciones ocultas (clips) indicadas en la tabla, se puede proceder a fijar las planchas directamente a las correas. Si no, se dispondrá una estructura auxiliar que reduzca luces, adaptándolas a las dimensiones de las planchas.

- **Con fijaciones vistas**, la distancia máxima para todos los espesores de plancha es de 1.200 mm, con planchas habituales, con lo que se aseguran al menos dos puntos de fijación por plancha.

¹ Imágenes 5.1.33., 5.1.34 y Tabla 5.1.1. obtenidas en la web dow.com/iberica/es



► **Procedimiento general de instalación bajo correa con clips de fijación oculta.**

1.- Se fija a la pared un rastrel de madera o angular metálico para la colocación de la primera fila de planchas de XPS.



Imagen 5.1.35. Fijación de rastrel de madera a la pared¹.

2.- Se corta el macho del borde longitudinal de las planchas que vayan a ir recibidas al rastrel o angular, apoyando el borde recto sobre el rastrel.



Imagen 5.1.36. Corte del borde longitudinal de la plancha XPS para apoyo del borde recto sobre el rastrel.

3.- Tras haber determinado las posiciones de los puntos de fijación sobre la plancha, se introducen los clips en la hembra de la plancha.



Imagen 5.1.37. Colocación de los clips en la hembra de la plancha XPS.

¹ Imagen 5.1.35. obtenida en la web dow.com/iberica/es



4.- Se fijan los clips, ya introducidos en la plancha, a las correas o a la estructura auxiliar. Para correas de hormigón (viguetas) es factible el uso de abrazaderas que se adaptan a la parte inferior de la vigueta.



Imagen 5.1.38. Ajuste de la abrazadera sobre la parte inferior de la vigueta.



Imagen 5.1.39. Apriete de la abrazadera para su fijación correcta a la vigueta¹.

5.-Se introducen en las planchas ya fijadas el borde macho de la siguiente fila.



Imagen 5.1.40. Colocación de los clips en la hembra de la plancha XPS².

6.-Se repite el procedimiento con la segunda fila a partir del nº 3, y así sucesivamente con las demás filas, hasta que la última, una vez ajustada en dimensiones cortando el sobrante, vuelva a apoyarse sobre rastrel o angular fijados a pórtico o pared.

* **NOTA:** El puente térmico que representa la viga del pórtico se puede suprimir, o bien con las mismas planchas de XPS usadas para el techo fijadas mecánicamente, o con las planchas de XPS para paredes, que tienen una superficie rugosa, sin piel de espumación, ofreciendo una buena adherencia al ser pegadas con adhesivos de base cementosa (cementos-cola).

¹ Imágenes 5.1.36. a la 5.1.39 obtenidas en la web dow.com/iberica/es

² Imagen 5.1.40. obtenida en la web dow.com/iberica/es



5.2. POLIESTIRENO EXPANDIDO.

5.2.1. Preparación de la base o soporte.

Las irregularidades del soporte en las cubiertas deben estar dentro de ciertos límites.

Así pues, el soporte debe cumplir las condiciones de planeidad especificadas en la norma MV-301 o la que la sustituya y se encuentre en vigencia. Asimismo habrá que observar que el soporte sea compatible químicamente con las planchas, sea una impermeabilización en cubiertas invertidas, u otros en otros tipos de cubiertas.

5.2.2. Opciones habituales.

Entre las opciones más habituales nos encontramos con las siguientes:

5.2.2.1. Cubiertas inclinadas.

a) En nave industrial por el interior.

Hace unos años tuve la oportunidad de realizar el seguimiento en persona de esta opción, en una nave ubicada en el Llano del Beal (Cartagena).

En esta nave se optó por colocar un aislamiento térmico a base de planchas de EPS por el interior de la nave y entre las correas. Las planchas de EPS estaban clasificadas como tipo III, con dimensiones 2.000x1.200x50 mm., y reacción al fuego M1, teniendo concedidas tanto el sello INCE (hoy derogado) como el marcado N de cumplimiento con la norma UNE 92110:1997 (hoy norma UNE-EN 13163).

El proceso de puesta en obra fue el siguiente:

1) Se fijaban unos perfiles en C en las correas, mediante una máquina de taladrar y unos tornillos, solamente a uno de los lados entre las correas, para que así las planchas apoyaran correctamente, ya que si no podían colarse las planchas al no coincidir por unos centímetros el ancho de las planchas con la separación entre correas. En la foto se puede observar como el operario trabaja sin los equipos de protección personal oportunos (E.P.I.s), tales como el casco de seguridad, cinturón de seguridad, gafas, guantes, etc., aparte de emplear un andamio no homologado (plataforma sin barandillas, etc.). Una plataforma elevadora móvil de personal hubiera sido un medio auxiliar más seguro y efectivo para estos trabajos.



Imagen 5.2.1. Instalación de perfil metálico en C en el lateral de la correa.

Los perfiles en C se iban cortando cada cierta distancia, y colocando uno a continuación de otro.



Imagen 5.2.2. Corte del perfil metálico en C en el lateral de la correa.

2) Se colocaban las planchas de EPS entre correas, apoyando a un lado en una correa, y al otro lado en el perfil en C ya mencionado. Estas planchas las colocaba un solo operario, aunque algunas veces lo hacían dos. Tomaron la precaución de cortar unos trozos de planchas de EPS, y colocarlas entre la chapa metálica y las planchas aislantes, ya que de esta forma, se conseguía de manera segura, que las planchas no saltarán o se movieran ante posibles movimientos en la estructura. También se puede apreciar en las fotos, que estos operarios carecían de las medidas de seguridad oportunas (empleo de E.P.I.s y medio auxiliar seguro).



Imagen 5.2.3. Colocación de trozo de plancha de EPS entre las planchas aislantes y la chapa metálica de la cubierta.



Imagen 5.2.4. Colocación de la última plancha de EPS en una fila.



Imagen 5.2.5. Realización de los ajustes oportunos en la colocación de la última plancha de EPS de la fila.

3) Se colocaron unos perfiles en forma de T invertida que apoyaban de correa a correa, y que servían de apoyo secundario para las planchas de EPS, consiguiendo por tanto, mayor solidaridad entre ellas.

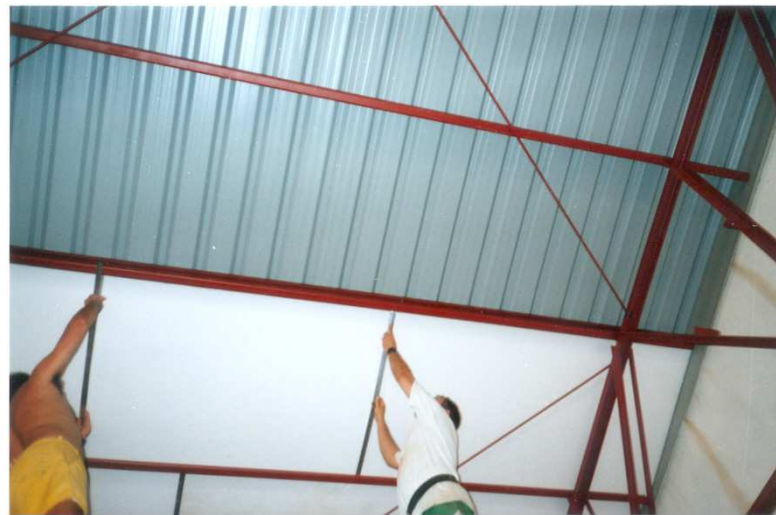


Imagen 5.2.6. Colocación de los perfiles en forma de T invertida para mayor solidaridad entre las planchas de EPS.

Como es de suponer, se trató de aislar térmicamente cualquier punto que potencialmente fuera un futuro puente térmico.



Imagen 5.2.7. Colocación de EPS, cortado a la medida, en puntos como la cumbre (por el interior).

En esta nave también se tenía previsto colocar un segundo aislamiento de la siguiente forma:

- 1º) Colocando una estructura auxiliar o mallazo.
- 2º) Colocando sobre dicha estructura auxiliar o mallazo, un fieltro de lana de vidrio con la cara de papel kraft-aluminio hacia el interior.
- 3º) Realizando un falso techo por debajo de la estructura auxiliar, a la altura adecuada.

Esta previsión de un segundo aislamiento, quedó patente en la nave, mediante la disposición de aberturas con sus correspondientes rejillas, para lograr una cámara de ventilación entre el primer aislamiento en el techo, y el segundo por encima del falso techo y apoyado en la estructura auxiliar o mallazo.



Imagen 5.2.8. Vista de la altura prevista para el falso techo, apreciándose la rejilla de ventilación en fachada.



b) Bovedillas de EPS en faldones de cubiertas.

En esta solución se crean puentes térmicos debido a los nervios de hormigón armado, o viguetas en su caso, por lo que se suele usar más bien desde el punto de vista del aligeramiento de la estructura, no obstante, aíslan térmicamente. Bajo pedido se fabrican con alas laterales para evitar puentes térmicos (bovedilla descolgada).

Estas bovedillas disponen de ranuras superiores e inferiores para mejorar la adherencia, como por ejemplo el enlucido de yeso inferior. Es necesario reducir la proporción de agua en el amasado de yeso. Se recomienda una relación de agua yeso de 0,6-0,8.



Imagen 5.2.9. Bovedillas de EPS entre viguetas de hormigón. Se aprecian ranuras en la parte inferior para mejorar la adherencia de los revestimientos posteriores.

Las bovedillas de EPS se colocan de igual forma que las tradicionales de cerámica u hormigón, pero se caracterizan por un peso inferior a las otras, y unas propiedades químicas también diferentes (en el apartado "**4.2.11. Precauciones**" se establecen las incompatibilidades químicas del EPS).

PROCEDIMIENTO:

- 1) Primero se encofra el forjado.
- 2) Se colocan las armaduras de las vigas, nervios "in situ", o las viguetas en su caso.
- 3) Se colocan las bovedillas de EPS entre viguetas o nervios "in situ".
- 4) Se coloca la armadura de negativos y el mallazo de la capa de compresión.
- 5) Se hormigona el faldón (vibrado, y posterior curado).



A modo de resumen se establece la siguiente tabla:

Tabla 5.2.1.
Características bovedillas EPS.

Tipo de viga/vigueta	Distancia entre ejes	Ancho mm	Largo mm	Canto mm	Densidad Estandar	Reacción al fuego	Norma Especificaciones
Hormigón	700	620	520	200 220 225	10 Kg/m ³	M1 Autoextinguible UNE 23.727	UNE-EN 13163
Hormigón	600	520	520	200 220 225	10 Kg/m ³	M1 Autoextinguible UNE 23.727	UNE-EN 13163
Hierro	700	675	520	200 220 225	10 Kg/m ³	M1 Autoextinguible UNE 23.727	UNE-EN 13163
Hierro	600	575	520	200 220 225	10 Kg/m ³	M1 Autoextinguible UNE 23.727	UNE-EN 13163

Nota: A día de hoy le norma UNE 23.727 comparte su vigencia junto con la norma UNE-EN 13501-1:2007+A1:2010.

c) Placas de EPS en cubiertas inclinadas, colocadas bajo teja y pizarra.

► Estas placas **colocadas bajo teja (cerámica u hormigón)** proporcionan un aislamiento sin puentes térmicos y su utilización en cubiertas con pendientes no superiores a 45 ° no precisan de mortero de retención. Se presentan con un encaje perimetral en sus cuatro lados, y sus ranuras sustituyen la colocación de rastreles de madera, pero las tejas se tienen entonces que clavar directamente sobre las planchas¹.



Imagen 5.2.10. Vista de las planchas de EPS con encaje perimetral ya colocadas en cubierta inclinada.

¹ Imágenes 5.2.10. y 5.2.11. obtenidas en la web *sundolitt.es*



PROCEDIMIENTO:

- 1) Se empiezan a colocar las planchas por el alero y ascendiendo hasta la cumbrera, con las fijaciones metálicas adecuadas se fijan al soporte y se van colocando a tope entre ellas y con las juntas al tresbolillo (el procedimiento es similar al de las planchas de XPS), disponiendo las ranuras horizontalmente. Se cubre toda la superficie con estas planchas, si es necesario ante encuentros (p.ej. chimeneas) o esquinas, estas planchas se pueden cortar con los utensilios típicos de albañilería, aunque también se puede hacer con un simple “cutter”.
- 2) Se van fijando las tejas con clavos o ganchos a las planchas de EPS y con arreglo al sistema tradicional.



Imagen 5.2.11. Detalle de la sujeción de la teja a las planchas de EPS en la cubierta inclinada.

► Las placas de EPS **bajo pizarra**, junto con la colocación de rastreles de madera incorporados en sus ranuras, también consiguen aislar térmicamente la cubierta. Es significativo el ahorro en mano de obra, al no tener que trazar previamente las líneas de separación de rastreles horizontales, y además, no precisa colocar rastreles verticales.

PROCEDIMIENTO:

- 1) Se colocan las placas de igual forma a como se ha explicado “bajo teja”.
- 2) Se colocan los rastreles horizontalmente en las ranuras de las placas, clavándolos al soporte a través de las placas.
- 3) Se fijan las tejas de pizarra a los rastreles, con sus ganchos respectivos, y con arreglo al sistema tradicional empleado para los tejados de pizarra¹.

A continuación se da una tabla resumen de aplicación de las placas de EPS.

¹ Imágenes 5.2.12., 5.2.13. y Tabla 5.2.2. obtenidas en la web sundolitt.es

Tabla 5.2.2.
Características placas de EPS.

Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Paso de Teja (mm)	Densidad Estandarizada*
1300	980	40	320	20 Kg/m ³ (tipo IV)
1300	1160	40	380	20 Kg/m ³ (tipo IV)
1300	1175	40	385	20 Kg/m ³ (tipo IV)
*Bajo pedido se fabrican en otras unidades				
1200	980	40	Pizarra	20 Kg/m ³ (tipo IV)



Imagen 5.2.12. Detalle de la sujeción de las tejas de pizarra a los rastreles horizontales en la cubierta inclinada.

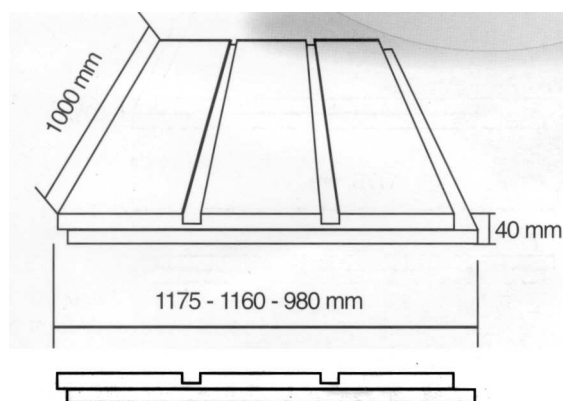


Imagen 5.2.13. Detalle de las dimensiones habituales de estas planchas de EPS.

5.2.2.2. Cubiertas planas.

a) *Bandas o planchas de EPS en cubiertas planas¹*

Según el diseño de cubierta plana, el material aislante se coloca suelto, fijado con adhesivo o fijado mecánicamente. La capa impermeabilizante juega un papel muy importante y hay soluciones que la incorporan, como las bandas enrolladas. El producto más extendido son las planchas mecanizadas con posibilidad de encaje en su perímetro.

¹ Imágenes 5.2.14. y 5.2.15. obtenidas en la web sundolitt.es



Estas planchas de EPS que se encajan en su perímetro unas con otras siguen el mismo procedimiento de ejecución que las de XPS, es decir, colocadas a tope y con juntas al trespelillo.



Imagen 5.2.14. Bandas de EPS enrolladas.

Según diferentes criterios, las cubiertas planas pueden ser: transitables o no en función del acabado superficial, *convencionales* o *invertidas* según la posición de la membrana impermeabilizante, y *ajardinadas*. La ejecución de las mismas se realiza con arreglo al Proyecto de Ejecución, y el sistema de ejecución, es similar al de las planchas de XPS con las particularidades e incompatibilidades propias del EPS.



Imagen 5.2.15. Colocación de planchas de EPS en cubierta plana.

Lo que sí es importante, es que en todas estas aplicaciones, se recomienda el uso de productos de alta densidad, es decir, del tipo IV al VII, que se corresponden con unas densidades que van desde los 20 kg/m^3 a los 35 Kg/m^3 , oscilando por tanto el valor de la resistencia a compresión para estas densidades, entre 100 y 250 kPa.



5.3. LANA DE VIDRIO

5.3.1. Preparación de la base o soporte.

El soporte (p.ej. falso techo) deberá estar exento de elementos extraños que dificulten que el fieltro quede lo más junto posible a la superficie. Se debe vigilar las incompatibilidades químicas de estas lanas minerales con el soporte correspondiente.

5.3.2. Opciones habituales.

Entre las opciones más habituales nos encontramos con las siguientes:

5.3.2.1. Aislamiento interior. Pesada (Techo continuo).

a) Descripción.

Cubierta constituida por un cerramiento inclinado autoportante. Incorpora un aislamiento térmico y acústico por el interior, constituido por fieltro de lana de vidrio, apoyado sobre un techo continuo de placas de yeso laminado.

b) Puesta en obra.

Aislamiento y techo soporte (interior).

El techo está constituido por placas de yeso laminado de espesor 13-15 mm., fijadas con tornillos auto-taladrantes, a maestras para techo continuo distanciadas entre ejes a 600 mm.

Las maestras se suspenden de la cubierta (forjado), mediante horquillas de presión y varillas roscadas fijadas a tacos de expansión.

Antes de fijar las placas de yeso, se coloca el fieltro de lana de vidrio apoyándolo sobre las maestras, con el complejo (papel kraft) hacia al interior. Los fieltros de lana de vidrio se colocan de forma que queden juntos unos con otros, a parte, deben quedar pegados a las placas de yeso laminado, es decir, sin ondulaciones. Estos fieltros se suelen colocar a tope o solapados, siendo este último caso algo más eficaz para evitar los puentes térmicos que el primero (se ahorra tiempo pero se gasta más material). La colocación de estos fieltros se va haciendo conforme se avanza en las hiladas de las placas de yeso laminado.

Fijación de la cubrición (exterior).

En función de la pendiente, las tejas se fijan mediante pelladas de mortero aplicadas en una de cada tres hiladas, y en el perímetro del tejado, o bien sobre rastreles. Igualmente la cubrición puede realizarse con pizarra, siguiendo el procedimiento tradicional.



NOTAS:

* *El fieltro se suele presentar sin ningún tipo de revestimiento, y revestido con un complejo de papel kraft + oxiasfalto.*

* *El riesgo de condensación se elimina mediante la ventilación de la cámara de aire, entre la capa aislante y el faldón.*

5.3.2.2. Aislamiento interior. Ligera (Techo continuo).

a) Descripción

Cubierta constituida por un cerramiento ligero (armadura metálica), inclinado, autoportante. Incorpora un aislamiento térmico y acústico por el interior constituido por fieltro de lana de vidrio, apoyado sobre un techo continuo de placas de yeso laminado.

b) Puesta en obra.

El techo está constituido por placas de yeso laminado de espesor 13-15 mm., fijadas con tornillos auto-taladrantes, a maestras para techo continuo distanciadas entre ejes a 600 mm.

Las maestras se suspenden de la cubierta (correas metálicas en este caso), mediante grapas de acero galvanizado, varillas roscadas y horquillas de presión (para fijación de maestras).

Antes de fijar las placas de yeso, se coloca el fieltro IBR, apoyándolo sobre las maestras con el complejo (papel kraft) hacia el interior.



Imagen 5.3.1. Operario colocando la lana de vidrio sobre el techo de placas de yeso.



Imagen 5.3.2. Vista de la lana de vidrio, una vez colocada sobre el falso techo.

Los fieltros de lana de vidrio se colocan de forma que queden juntos unos con otros; a parte, deben quedar pegados a las placas de yeso laminado, es decir, sin ondulaciones y siendo sólo interrumpidos por los cordones de estopa, de tal forma que el fieltro sólo queda rajado ante estos, a modo de “cremallera”. Estos fieltros se suelen colocar a tope o solapados siendo este último caso algo más eficaz para evitar los puentes térmicos que el primero (se ahorra tiempo pero se gasta más material). La colocación de estos fieltros se va haciendo conforme se avanza en las hiladas de las planchas de yeso laminado.



Fijación cubrición

Las tejas o planchas metálicas descansan sobre rastreles metálicos (perfiles en omega de acero galvanizado), fijados a las correas mediante tornillos auto-taladrantes. En función de la pendiente, las tejas se fijan a los rastreles mediante tornillos auto-taladrantes (ya no cabe la pellada de mortero).

NOTAS:

* *El fieltro habitualmente se presenta sin ningún tipo de revestimiento y revestido con un complejo de papel kraft + oxiasfalto.*

* *El riesgo de condensación se elimina mediante la ventilación de la cámara de aire, entre la capa aislante y el faldón.*

5.3.2.3. Cubiertas inclinadas con espacio bajo cubierta no habitable. El faldón es soportado por tabiques palomeros

a) Descripción.

Cubierta constituida por un cerramiento horizontal (forjado) y faldón de rasillones o elementos prefabricados (hormigón armado, etc.), apoyado sobre tabiques palomeros (existiendo por tanto un espacio no habitable). Incorpora un aislamiento térmico y acústico por un fieltro o manta de lana de vidrio, que descansa sobre el forjado.

b) Puesta en obra.

Aislamiento y características del faldón.

El fieltro se apoya sobre el forjado por la cara que incorpora el complejo de papel kraft + oxiasfalto (cara caliente).

El faldón está constituido por rasillones o elementos prefabricados, fijados con mortero sobre tabiquillos palomeros que sirven de soporte.

Sobre el faldón se aplica una capa de mortero de cemento 1:6 de 2cm., una lámina de betún elastómero fijada con betún y sobre la misma, una segunda capa de mortero de las mismas características.

Los tabiques palomeros se separan dejando un espacio de 60 cm., para la ubicación del fieltro.

Fijación cubrición (tejas)

Las tejas se fijan mediante pelladas de mortero aplicadas en una de cada tres hiladas y en el perímetro del tejado. La pendiente máxima del tejado no debe ser superior al 50 %.



Es conveniente la aireación de la cámara, pudiendo situarse en diferentes puntos del faldón, tejas de ventilación.

NOTAS:

* *El fieltro habitualmente se presenta sin ningún tipo de revestimiento y revestido con un complejo de papel kraft + oxiasfalto.*

* *El riesgo de condensación se elimina mediante la barrera de vapor, por la ventilación de la cámara de aire, entre la capa aislante y el faldón.*

5.3.2.4. Cubiertas inclinadas con espacio bajo cubierta no habitable. Armadura autoportante de perfiles normalizados de acero.

a) Descripción.

Cubierta constituida por un cerramiento horizontal (forjado) y faldón apoyado o no en el mismo, separados por un espacio no habitable. Incorpora un aislamiento térmico y acústico constituido por un fieltro o manta de lana de vidrio, que descansa sobre el forjado.

b) Descripción de las soluciones constructivas (puesta en obra).

Aislamiento y características del faldón.

El fieltro se apoya sobre el forjado por la cara que incorpora el complejo de papel kraft + oxiasfalto (cara caliente). El faldón está constituido por planchas de fibrocemento, o bien chapa perfilada con mallazo, diseñadas para soporte de las tejas, que descansa sobre una armadura autoportante de perfiles normalizados de acero.

Fijación de la cubrición (tejas).

Para una pendiente máxima de hasta el 50%, las tejas se fijan mediante pelladas de mortero aplicadas sobre la cresta de la onda o greca, en una de cada tres hiladas y en el perímetro del tejado (también con planchas soporte).

Para pendientes superiores, se atornillan perfiles en omega o listones de madera a las planchas soporte, y sobre las mismas se fijan las tejas con tornillos o clavos.

Remate alero.

Se asegura la estanqueidad al agua de lluvia, mediante una pieza de remate de la hoja soporte, que vierte sobre el canalón pero que a la vez facilita la entrada de aire de ventilación.

Para asegurar la estanqueidad al agua y a la nieve, y a la vez la ventilación, se coloca bajo las piezas de cumbrera, un cerramiento o perfil de plomo con perforaciones.



NOTAS:

* Para aumentar la aireación de la cámara, pueden situarse en diferentes puntos del faldón, tejas de ventilación.

* El fieltro habitualmente se presenta sin ningún tipo de revestimiento y revestido con un complejo de papel kraft + oxiasfalto.

* El riesgo de condensación se elimina mediante la barrera de vapor, por la ventilación de la cámara de aire, entre la capa aislante y el faldón.

5.3.2.5. Cubierta industrial. Sandwich metálico de montaje “in situ”.

a) Descripción.

Cubierta inclinada constituida por dos hojas de chapa perfilada o grecada, entre las cuales se sitúa un aislamiento constituido por un fieltro de lana de vidrio.

b) Descripción de las soluciones constructivas (ejecución).

Hoja interior

La hoja interior está formada por chapa perfilada galvanizada o lacada, de un espesor comprendido entre 0,6 y 1,0 mm.

La chapa perfilada se fija con tornillos auto-roscantes a la armadura soporte (correas), al igual que la armadura de unión de ambas hojas, constituida por perfiles en Omega, cuyas dimensiones dependen del espesor del material aislante.

Hoja exterior

La hoja exterior de chapa perfilada lacada y de espesores comprendidos entre 0,6 y 1,0 mm., se fija a la armadura de perfiles en Omega, intercalando el fieltro de material aislante (comprimiéndolo) para reducir el “puente térmico”, mediante tornillos auto-roscantes o auto-taladrantes que incorporan arandelas de estanqueidad.

c) Aislamiento.

Los fieltros se apoyan sobre las Omegas, con el complejo de papel Kraft-aluminio situados hacia abajo (cara caliente para el periodo de invierno), produciéndose el aplastamiento de los mismos al apoyar y fijar la hoja de chapa perfilada exterior.

NOTAS:

* Los fieltros habitualmente se presentan revestidos por una de sus caras con un soporte de papel kraft, fijado con oxiasfalto.



5.3.2.6. Aislamiento por el interior de una cubierta, mediante paneles de lana de vidrio (falso techo).

Hace unos años tuve la oportunidad de realizar el seguimiento en persona de esta opción, en una nave ubicada en Monteagudo (Murcia).

Se trata de la ejecución de un falso techo con paneles de lana de vidrio con un complejo de papel Kraft aluminio pegado con polietileno.

Los paneles tenían concedidos el sello INCE (actualmente derogado) y la marca N. Las dimensiones eran 1200x1200x50 mm.

Primero se colocaron los perfiles en C sobre las paredes (tornillos auto-taladrantes) y más tarde se colocaron los perfiles en I atados con alambre a las cerchas.

Después se colocaron los paneles apoyando en los perfiles (C y T invertida en extremos, y en el centro perfiles en I), uno a continuación del otro. En el otro sentido, transversal, se usaron perfiles en T invertida, de menor dimensión, que iban solidarizando los paneles entre sí, y se colocaban entre panel y panel, pudiendo cortarse éstos con la ayuda de unas simples tenazas.



Imagen 5.3.3. Panel aislante empleado para ejecutar el falso techo..

Durante la instalación de este falso techo se pudo comprobar el empleo de un andamio tubular no homologado, que carecía entre otros, de barandillas de seguridad, y de una plataforma de 60 cm. de ancho mínimo, que ofreciera una garantías de resistencia y seguridad adecuadas.



Imagen 5.3.4. Vista del andamio tubular empleado para ejecutar el falso techo. Perfil en C de remate en pared, perfil en I en sentido longitudinal, y perfil en T invertida entre paneles.



Imagen 5.3.5. Vista del falso techo durante la ejecución. Perfiles en I en sentido longitudinal, sujetos bajo cercha. La cara del panel de papel Kraft aluminio colocada hacia abajo (interior del recinto).

Los paneles se cortaron en algunos casos concretos, como encuentros, con la ayuda de los utensilios típicos de la albañilería tradicional, de tal forma que se ajustaran lo más posible a los mismos (evitando en lo posible la creación de puentes térmicos).



Imagen 5.3.6. Vista del encuentro entre el falso techo y un pilar metálico de la nave. Corte en el panel lo más ajustado posible para evitar puente térmico.

5.4. LANA DE ROCA.

5.4.1. Preparación de la base o soporte.

El soporte (p.ej. falso techo) deberá estar exento de elementos extraños que dificulten que el fieltro quede lo más junto posible a la superficie. Se debe vigilar las incompatibilidades químicas de estas lanas minerales con el soporte correspondiente.

5.4.2. Opciones habituales.

Entre las opciones más habituales nos encontramos con las siguientes:

5.4.2.1. Aislamiento por el exterior (tejado caliente).

a) Descripción.

Cubierta constituida por un cerramiento inclinado autoportante. Incorpora un aislamiento térmico y acústico por el exterior, constituido por paneles rígidos de lana de roca para cubiertas.

b) Puesta en obra.

Aislamiento y características de la cubierta.

Los paneles se fijan al faldón mediante adhesivo de betún elastómero que aplicado a razón de 1,5-2 kg/m², constituye una barrera de vapor.



Sobre los paneles se aplica una barrera impermeabilizante y un mallazo o metal expandido, que se fija sobre el cerramiento con tornillos y tacos de expansión con collarín, de diámetro 8 mm. (collarín de 15 mm.). En función de las dimensiones de la malla deben utilizarse arandelas avellanadas, garantizándose en cualquier caso, la fijación del aislamiento.

También pueden utilizarse clavos tipo “sombriilla” de aluminio-zinc de 9 mm. de diámetro y corona de 35 mm. de diámetro.

Se utilizan 3 fijaciones/m², por lo que la distancia entre las mismas y a ambos ejes, debe ser de aproximadamente 600 mm.

Posteriormente se aplica una capa de mortero 1:6 de 2 cm. de espesor.

Fijación cubrición (tejas).

Las tejas se fijan mediante pelladas de mortero aplicadas en una de cada tres hiladas y en el perímetro del tejado. La pendiente máxima del tejado no debe ser superior al 50 %.

NOTAS:

** El panel de cubierta se presenta sin ningún tipo de revestimiento, y revestido con un complejo de oxiasfalto armado con un velo de vidrio y polipropileno termofusible (panel de cubierta soldable). Ambos tipos se fabrican en densidades de 150 Kg/m³ y 175 Kg/m³.*

5.4.2.2. Cubierta transitable con solado de baldosas cerámicas

a) Descripción.

Azotea transitable (con pendiente del 1 al 5%) que incorpora un aislamiento térmico y acústico, constituido por paneles rígidos de lana de roca para cubierta, sobre formación de pendientes y barrera de vapor en cara caliente. Por encima de estos paneles se coloca la lámina impermeabilizante y el pavimento cerámico.

b) Puesta en obra.

Aislamiento y barreras impermeabilizantes.

Los paneles para cubierta se fijan sobre lámina impermeabilizante (barrera de vapor), fijada a su vez sobre la formación de pendientes, con adhesivo de betún elastómero por “puntos” o “franjas”. Aplicando el adhesivo para la fijación de los paneles aislantes a razón de 1,5-2 Kg/m², constituye por sí mismo “barrera de vapor”.

Los paneles para cubierta se aplican en una sola capa, o bien en dos o más capas, colocándolos cubriendo juntas y fijándolos entre sí, con adhesivo de betún elastómero por “puntos” o “franjas”.



Sobre los paneles aislantes, se aplica un lámina impermeabilizante antipunzonante, fijada con adhesivo de betún elastómero. En el caso de los paneles para cubierta soldables (que incorporan un complejo termofusible), la lámina impermeabilizante se fija con soplete.

Acabado del pavimento.

Se aplica sobre la capa aislante una capa de mortero de espesor 3-4 cm., con una dosificación de cemento de 300 Kg/m³ y relación cemento- arena 1:5.

Las baldosas se fijan a la capa de mortero, con mortero de cemento 1:6 de 2 cm. de espesor o bien con cemento cola.

Remates y juntas.

Se prevé una junta de dilatación de 1,5-2 cm. en la capa de mortero y solado a una distancia máxima de 6 metros (a ambos ejes), sellándola con masilla de elasticidad permanente.

En desagües, debe reforzarse la impermeabilización en el encuentro del aislamiento y solado, con el sumidero.

NOTAS:

- * Los paneles para cubierta se presentan sin ningún tipo de revestimiento y revestidos con un complejo de oxiasfalto armado con un velo de vidrio y polipropileno termofusible (panel de cubierta soldable). Ambos tipos se fabrican en densidades de 150 Kg/m³ y 175 Kg/m³.
- * El riesgo de condensación se elimina mediante la barrera de vapor, situada en la “cara caliente” del aislamiento.
- * Para zonas de alta pluviometría, deben preverse rebosaderos en el antepecho.
- * En este caso, el solado debe desligarse del antepecho intercalando una franja vertical perimetral del mismo material (panel de cubierta).

5.4.2.3. Cubierta no transitable tipo “Deck”.

a) Descripción.

Azotea no transitable de chapa perfilada para cubiertas (con pendiente del 1 al 5%) que incorpora un aislamiento térmico y acústico, constituido por paneles rígidos de lana de roca para cubierta, barrera de vapor en cara caliente, lámina impermeabilizante y lámina impermeabilizante autoprotegida o capa de gravilla.



b) Puesta en obra.

Aislamiento y barreras impermeabilizantes.

Los paneles para cubierta se prefijan sobre la chapa perfilada mediante adhesivo de betún elastómero, que constituye barrera de vapor mediante una capa en continuo a razón de 2 Kg/m².

Los paneles de cubierta se aplican en una sola capa, o bien en dos o más capas, colocándolos cubriendo las juntas y fijándolos entre sí, con adhesivo de betún elastómero por “puntos“ o “franjas”.

La fijación definitiva de los paneles aislantes sobre la cubrición de chapa perfilada, se realiza mediante tornillos auto-taladrantes y arandelas nervadas (circulares o cuadradas), de acero galvanizado.

Sobre los paneles aislantes, se aplica una lámina impermeabilizante fijada con adhesivo de betún elastómero y sobre la misma una segunda lámina autoprotegida fijada sobre la primera con soplete. La segunda lámina puede ser sustituida por una capa de gravilla de un espesor no inferior a 5 cm.

En el caso de utilizar los paneles cubierta soldables (que incorporan un complejo termofusible), se coloca una sola lámina autoprotegida fijada con soplete. Si el acabado es con gravilla, se fija previamente a los paneles de cubierta soldables, una lámina de betún elastómero con acabado de polietileno. La gravilla se aplica sobre la lámina previo riego con betún elastómero.

Remates y juntas.

En el encuentro con el cerramiento vertical (peto), se refuerza la impermeabilización utilizando doble capa de lámina, y se coloca un babero de chapa.

En desagües, se refuerza igualmente la impermeabilización aplicando doble lámina en el remate del sumidero.

NOTAS:

* *Los paneles para cubierta se presentan sin ningún tipo de revestimiento y revestidos con un complejo de oxiasfalto armado con un velo de vidrio y polipropileno termofusible (panel de cubierta soldable). Ambos tipos se fabrican en densidades de 150 Kg/m³ y 175 Kg/m³.*

* *El riesgo de condensación se elimina mediante la barrera de vapor, situada en la “cara caliente” del aislamiento.*



5.5. PANELES TIPO SANDWICH EN CUBIERTA INDUSTRIAL¹.

5.5.1. Preparación de la base o soporte.

Las irregularidades del soporte en las cubiertas deben estar dentro de ciertos límites.

Así pues, el soporte debe cumplir las condiciones de planeidad especificadas en la norma MV-301 o la que la sustituya y se encuentre en vigencia. Asimismo habrá que observar que el soporte sea compatible químicamente con los paneles aislantes.

5.5.2. Montaje de cubierta industrial.

A continuación se va describir un proceso de montaje habitual con paneles aislantes sobre una nave industrial (estructura metálica). El proceso sería el siguiente:

1. Se colocan el remate de canalón y el de cumbre interior, (este opcional) y se remachan estos a las correas (un remache por metro lineal aprox.). Los solapes entre remates de canalón se sueldan. Cuando el canalón sea doble, el solape de los remates exteriores irá soldado, mientras que el solape interior será remachado. Los solapes de la cumbre interior van remachados (**Imagen 5.5.1**).

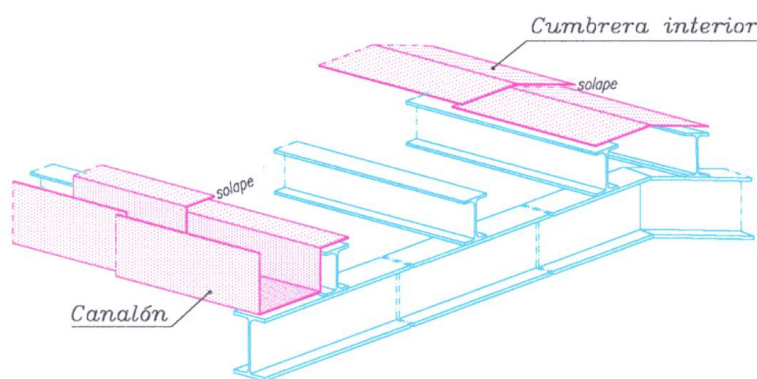


Imagen 5.5.1. Colocación de los remates de cumbre interior y de canalón.

¹ Información e imágenes obtenidas en la web *sundolitt.es*



2. Se suben los paquetes del panel a cubierta y se voltean en su caso (greca hacia arriba), despojándolos del plástico de protección que les recubre. Los paneles se presentan colocándolos de manera que queda la greca de solape en el inicio de la dirección de montaje (**Imagen 5.5.2.**).

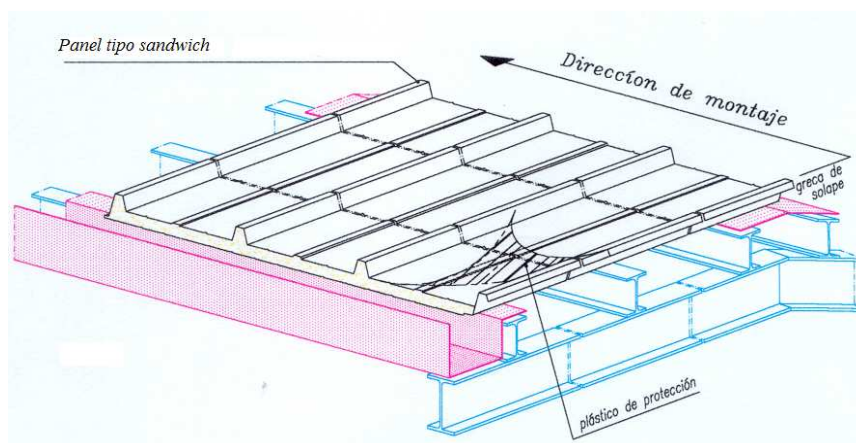


Imagen 5.5.2. Colocación del panel con greca de solape al inicio de la dirección de montaje, y retirada del plástico de protección.

3. Se atornilla el panel a las correas: capelotti + tornillo + sombrerette. En las correas de los extremos (canalón y cumbre) se pone un tornillo en cada greca, atornillando el panel junto con el canalón o la cumbre a la correa (contando para dimensionar el tornillo, la altura de la greca -38 mm.-, el espesor del panel, y una sobremedida de 30 mm. aproximadamente).

Si se ha previsto que la cumbre exterior va a cubrir los tornillos de la greca correspondiente, estos se disponen en los valles del panel, sobrando en este caso el uso del capelotti. En las correas intermedias solo se ponen tornillos en la greca de solape, excepto cuando existe un solape entre paneles, que se atornilla igual que en las correas de los extremos (**Imagen 5.5.3.**).

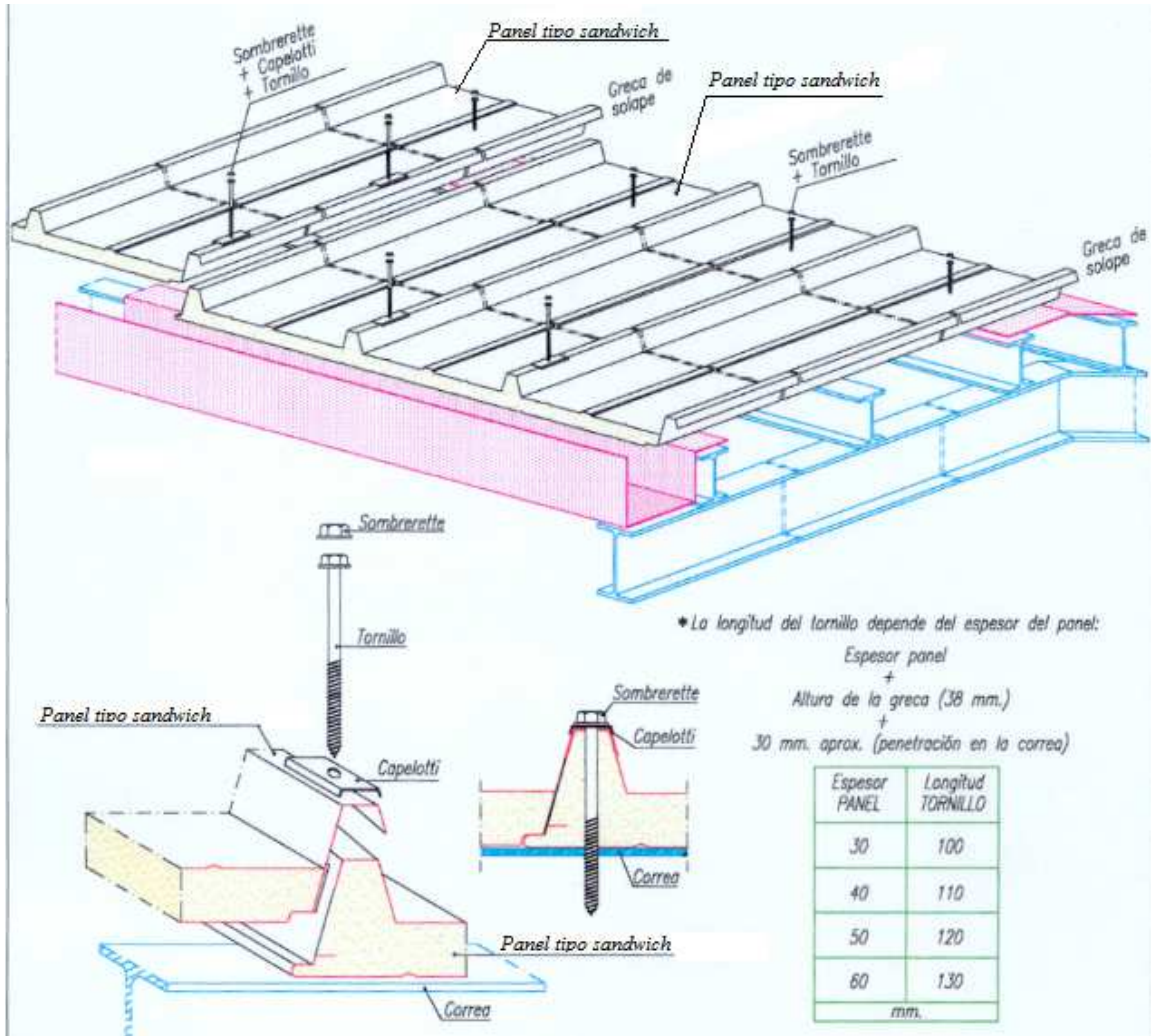


Imagen 5.5.3. Detalle de la sujeción de los paneles sandwich a las correas. Indicación de la longitud del tornillo en función del espesor del panel y la altura de la greca.



4. Se coloca la junta estanca exterior para el panel sandwich y el remate de cumbrera exterior (troquelado), atornillando este último en todas las grecas correspondientes del panel (tornillo 6,3 x 25 mm. + sombrerette). Los solapes entre remates de cumbrera exterior van remachados y sellados (**Imagen 5.5.4.**).

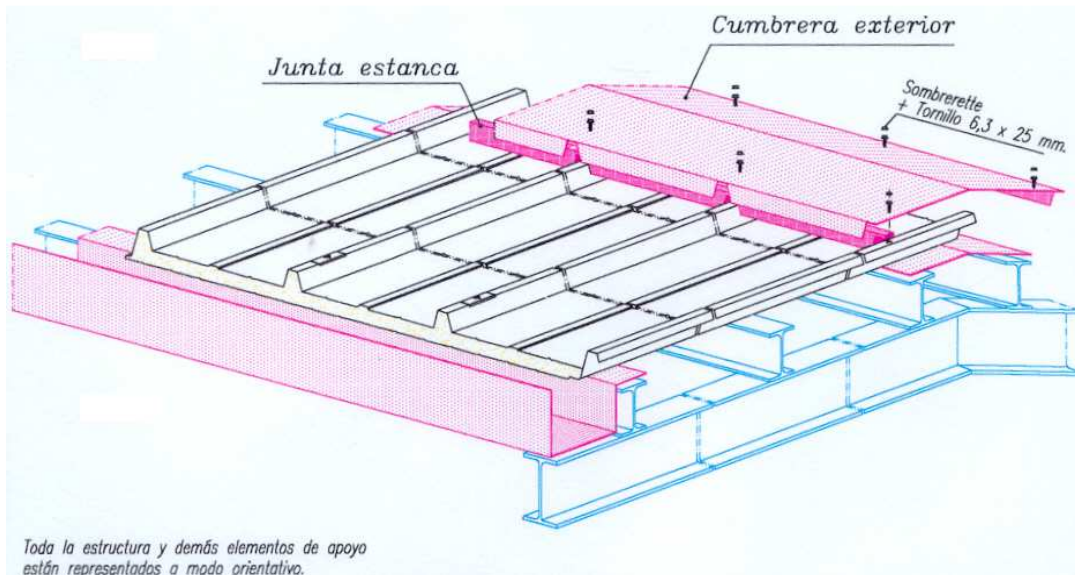


Imagen 5.5.4. Colocación de la junta estanca e instalación de la cumbrera exterior.

5. Para colocar el remate de piñón, se corta el panel de fachada enrasado en el panel de cubierta y siguiendo la pendiente de ésta. Se presenta el remate de piñón, se le practica un pliegue para que adhiera ambas pendientes, y se troquela para el paso del remate de cumbrera exterior. Por último se atornilla al panel de fachada, a los valles del panel de cubierta (arandela P-16 + tornillos 6,3 x 25 mm. + sombrerettes cada metro aprox.) y a la cumbrera con dos tornillos más; esta unión entre piñón y cumbrera irá además sellada (**Imágenes 5.5.5. y 5.5.6.**).

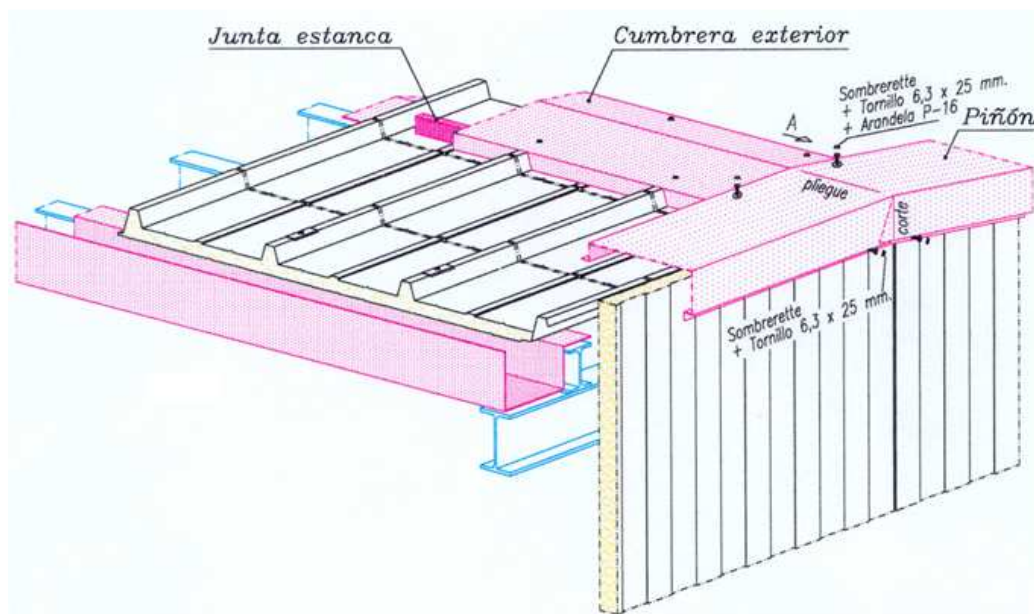


Imagen 5.5.5. Detalle de la unión entre el panel de fachada, y los remates de piñón y de cumbrera.

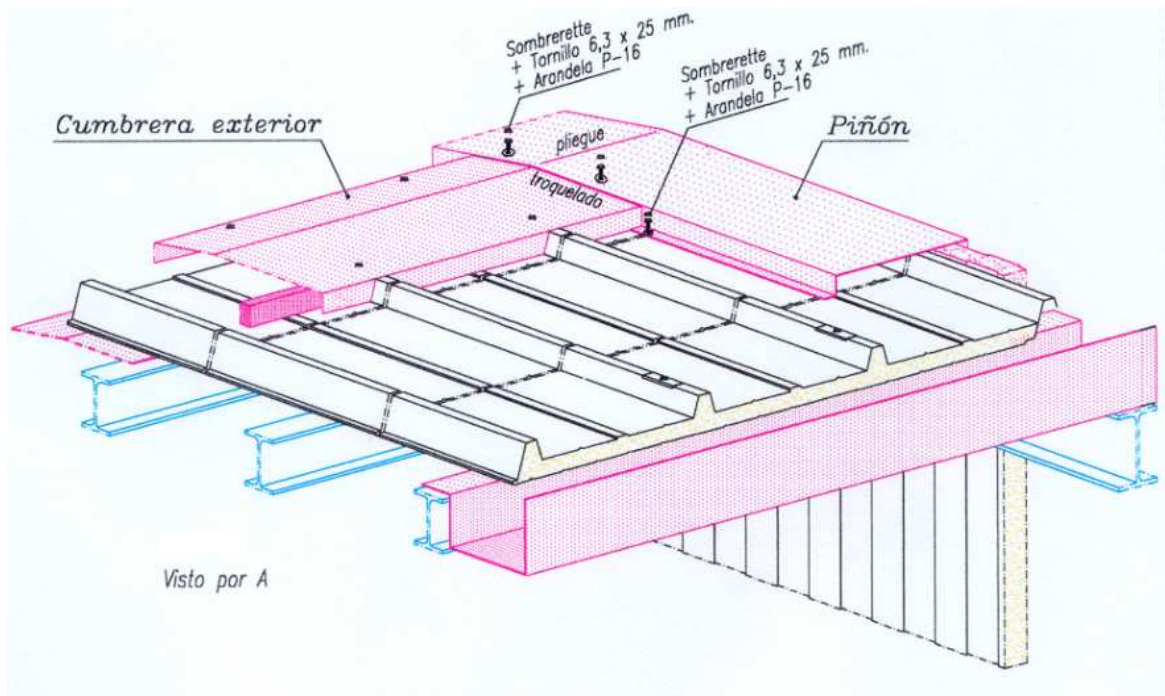


Imagen 5.5.6. Detalle de la unión entre el panel de fachada, y los remates de piñón y de cumbrera (visto por A).

NOTA IMPORTANTE:

Hay que barrer diariamente la cubierta eliminando las virutas de cortes y demás restos que pudieran ocasionar daños en la superficie del panel.

5.5.3. Herramientas para el montaje.

Durante el proceso de instalación de estos paneles sandwich se suelen emplear las siguientes herramientas:

- Taladro portátil.
- Atornillador.
- Sierra alternativa (caladora).
- Remachadora.
- Pinzas a presión.
- Pinza universal.
- Cizalla (pinzas de corte).
- Martillo de goma.
- Raqueta o espátula.
- Hilo o plomada.

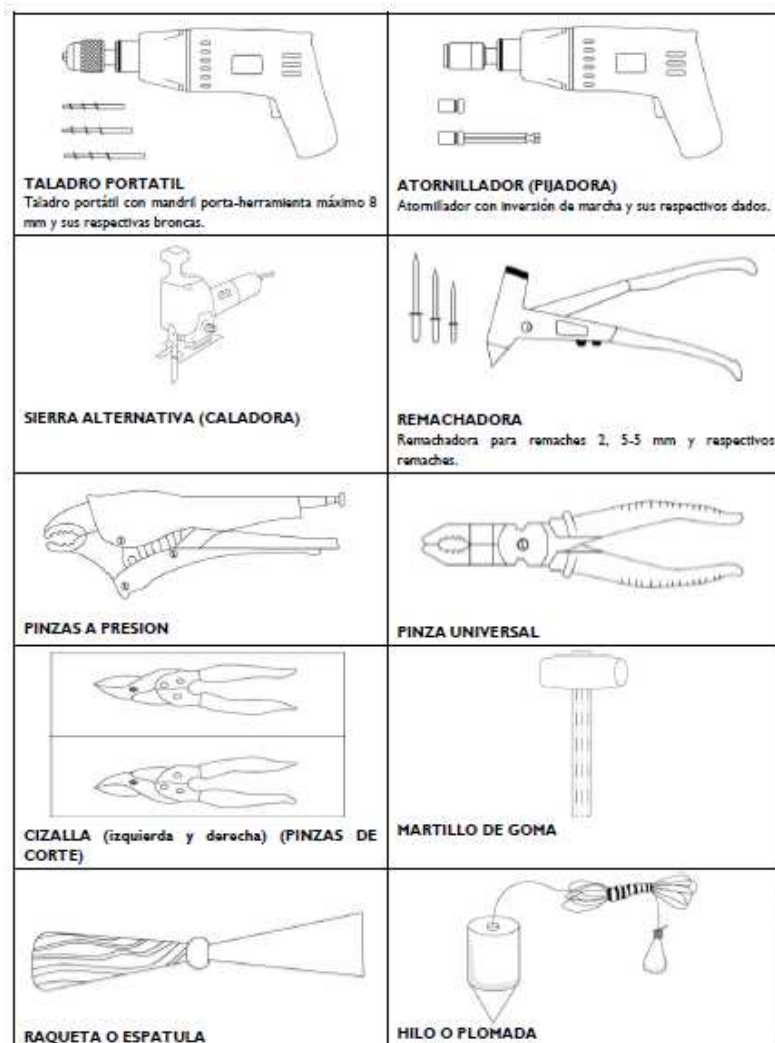


Imagen 5.5.7. Herramientas más habituales durante el montaje.

5.5.4. Retiro de desechos.

En el caso de residuos por trabajos en obra y/o no-utilización, el retiro de los paneles tienen que ser confiados únicamente a sociedades autorizadas y realizado según las leyes vigentes del país.



5.6. ESPUMA DE POLIURETANO.

5.6.1. Preparación de la base o soporte.

Para proceder a la aplicación in situ de espuma rígida de poliuretano sobre un soporte, éste debe ser lo suficientemente consistente para poder soportar las dilataciones-contracciones del poliuretano, estará limpio, seco y libre de elementos extraños (óxidos ...). También debe estar libre de ceras, grasa u otros elementos que puedan afectar la adherencia del poliuretano al soporte. La aplicación sobre algunos materiales plásticos (poliolefinas ...) y algunos metales (aluminio ...) pueden presentar problemas de adherencia; en estos casos será necesario aplicar un primario antes de proceder a la aplicación del poliuretano.

Las superficies metálicas deben protegerse con una imprimación anticorrosiva antes de ser recubiertas con espuma.

En cualquier caso, y antes de proceder a la aplicación por proyección, es preciso realizar una pequeña prueba sobre el sustrato, a fin de ajustar óptimamente los parámetros de la maquinaria en función de las condiciones de aplicación.

En cubiertas planas.

La base debe tener una consistencia suficiente, entendiéndose por ello la que da un mortero tradicional o similar, no siendo válido como base por ejemplo, un mortero celular ligero de pendientes. La pendiente mínima debe ser del 2%, presentando una superficie regular, lisa, limpia y seca. La dirección facultativa, en función de las condiciones climáticas o del acabado de la cubierta, tiene que determinar si debe ser incorporada barrera de vapor. Si lleva este tratamiento, es imprescindible conocer las características del producto utilizado, y determinar la adherencia del mismo al poliuretano. Generalmente no suele haber problemas de este tipo.

5.6.2. Opciones habituales.

Entre las opciones más habituales nos encontramos con las siguientes:

5.6.2.1. Cubiertas inclinadas.

a) Proyección bajo forjado plano, horizontal o inclinado (bovedillas tradicionales y similares).



Fundamentalmente en estos casos el objetivo principal que se persigue es el de conseguir un buen aislamiento (aparte de la impermeabilidad). Ahora que realmente se conocen las propiedades de la espuma de poliuretano, ya no hace falta enfoscar previamente, sino que se proyecta directamente sobre la superficie, confiando a esta espuma también el carácter impermeable. Hay que tener en cuenta, en este caso que proyectar verticalmente hacia arriba comporta unas dificultades añadidas, disminuyendo el rendimiento diario, e incrementando el consumo de materia prima para un mismo espesor. Todo esto justifica un aumento del coste de esta forma de realización, que habrá que tener en cuenta.



Imagen 5.6.1. Proyección espuma de poliuretano bajo forjado¹.

b) Proyección bajo teja vana.

Además del aislamiento se persiguen otros objetivos. Esta es una solución muy aceptada últimamente, ya que aporta a este tipo de cubiertas, una serie de características adicionales a las del simple aislamiento, destacando principalmente, el reafirmado y sellado de todo el conjunto, evitando infiltraciones, y consiguiendo que tanto la estructura como la teja queden integradas monolíticamente mediante el aislamiento. Este es un caso muy particular, y requiere un espesor medio de aproximadamente 5 cm, dependiendo del tipo de teja y del resultado final que queramos obtener. En estas circunstancias también habrá que tener en cuenta el aumento del coste, como consecuencia de las dificultades asociadas. Es muy importante que la realización sea ejecutada por un experto pues comporta ciertos riesgos, como por ejemplo desplazamientos de las tejas.

¹ Imágen obtenida en la web guiadelaseguridad.com.ar



c) Proyección sobre forjado exterior inclinado, previo a la colocación de la teja (con o sin rastreles).

Como consecuencia de las mayores sollicitaciones mecánicas a las que va a estar sometida la espuma, habrá que incrementar la densidad a 45 Kg/m^3 . Si la inclinación con la horizontal es superior a 35° , puede ser necesario aplicar alguna sustancia ligante, que garantice que el mortero de agarre de la teja no sufra deslizamientos. Otra solución puede ser incorporar una tela metálica tipo gallinero o un mallazo ligero.



Imagen 5.6.2. Proyección sobre forjado exterior inclinado, bajo teja¹.

5.6.2.2. Cubiertas planas.

En lo referente a este tipo de cubierta conviene diferenciar varias fases de la aplicación, aclarando que esta solución generalmente se adopta como aislamiento y como impermeabilización.

a) Aplicación de la espuma.

Se realizará como en los casos anteriores, teniendo en cuenta que para garantizar la impermeabilidad de cubiertas el espesor medio mínimo debe ser de 3 cm, mientras que la densidad mínima aplicada se establece en 45 Kg/m^3 .

Para garantizar la calidad de esta aplicación hay que observar con especial cuidado que las condiciones climatológicas sean adecuadas: Vientos no superiores a 25 km/h ; humedad relativa inferior al 80%; la temperatura del sustrato en ningún caso estará por debajo de 5°C y deberá estar seco. Estas observaciones han de ser tenidas muy en cuenta y resultan imprescindibles si se quieren conseguir cubiertas impermeables.

¹ Imágenes obtenida en el manual " Soluciones de aislamiento con poliuretano". Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.



Imagen 5.6.3. Proyección de espuma de poliuretano en cubierta plana¹.

b) Recubrimientos de acabado.

Es bien conocido que los rayos U.V. precipitan el proceso de envejecimiento de la mayoría de los materiales plásticos. La espuma de poliuretano es prácticamente por lo único que puede ser degradada, por lo que hay que protegerla de estos rayos de una forma eficaz. Para conseguir este propósito se pueden utilizar tres tipos de protección. De sección fina, de sección intermedia, y de sección gruesa o pesados.

Dentro del grupo de *protecciones ligeras o de sección fina* están incluidas las pinturas de reflexión, pudiendo ser acrílicas, uretánicas, etc. y los espesores oscilan entre 0,5 y 1 mm. A este tipo de cubiertas se les considera visitables. Con estas protecciones hay que tener en cuenta la necesidad de mantenimiento y repintado de las mismas en cuanto se observe deterioro. Dependiendo de la calidad y cantidad de las pinturas, esta labor habrá que realizarla con mayor o menor frecuencia. Por esta razón este tipo de protección cada vez se emplea menos.

A las cubiertas protegidas con el grupo *de sección intermedia*, también se las considera visitables. Tienen la particularidad de soportar una superior carga mecánica, siendo muy resistentes a la abrasión y teniendo una vida útil, mucho mayor que las de las pinturas. Por estas razones permiten un tránsito de personas muy superior que las de sección fina. Estos recubrimientos se realizan con materiales elastoméricos, y desde su aparición, han constituido un importante avance dentro del campo de la protección de las espumas de poliuretano contra los rayos U.V., al tratarse de un elastómero 100% poliuretano, y aplicarse por proyección con la misma maquinaria que las espumas.

¹ Imagen obtenida en el manual " *Soluciones de aislamiento con poliuretano*". Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.



Un elastómero 100% poliuretano se le conoce, como “alta densidad” o “densidad 1000” ya que este es el valor que más caracteriza al producto, oscilando según los fabricantes entre 800 y 1200 kg/m³. La alta densidad también se aplica como protección o impermeabilización en distintas soluciones constructivas, y los espesores oscilan entre 1,2 y 2 mm., aunque en casos concretos puede ser aconsejable emplear mayor cantidad de producto. Es obvio que se trata de un recubrimiento integral sin uniones ni solapes y pueden ser pigmentados de diferentes colores.

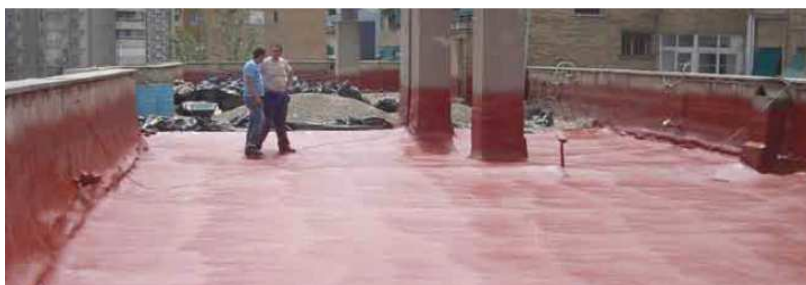


Imagen 5.6.4. Cubierta aislada con espuma proyectada y protegida con elastómero¹.

En la utilización de estos productos es necesario tener una especial observancia de las prescripciones que dicte el fabricante, fundamentalmente en cuanto a su adherencia, ya que en muchos casos habrá que utilizar imprimaciones para conseguir un buen agarre. La adherencia a las espumas de poliuretano es buena, no necesitando la aplicación de estas.

La alta densidad totalmente curada carece por completo de toxicidad, es inerte e insoluble tanto en agua, como en la mayoría de disolventes orgánicos. Al aplicarse por proyección se adapta a cualquier forma que presente el sustrato, y su rápido curado, 5 segundos, permite su aplicación en cualquier posición o grado de inclinación con la vertical. Las características de estos productos varían según el fabricante de materias primas.

El tercer grupo, *de sección gruesa o pesada*, lo constituyen desde la grava, que se considera visitable, hasta los métodos tradicionales como morteros, solados hidráulicos, baldosín catalán, aglomerados asfálticos, etc. que se consideran transitables incluso al tráfico rodado. En algunos de éstos, podría ser aconsejable la utilización de espumas de más alta densidad, comprendidas entre 70, 100, ó 200 kg/m³, por ejemplo. En estas soluciones también es recomendable emplear algún elemento protector que separe la espuma de los materiales de agarre, aconsejando una buena capa de elastómero descrito anteriormente, o de un tejido geotextil de buena calidad.

¹ Imagen obtenida en el manual " *Soluciones de aislamiento con poliuretano*". Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.



5.6.2.3. Rehabilitación de edificios.

Parece como si el poliuretano hubiera sido desarrollado pensando en su utilización con este objetivo. Su gran adherencia a casi todos los materiales empleados en construcción, nos permite resolver problemas de encuentros con los distintos productos que en muchos casos nos traen verdaderos quebraderos de cabeza.

a) Cubiertas de fibrocemento.

Aquí sí que se puede decir que se está rehabilitando, ya que en la mayoría de los casos ni siquiera es necesario sustituir las placas dañadas con fisuras o pequeñas perforaciones. Aplicando 3 cm de espesor medio mínimo y la alta densidad como protección, se habrá dado al conjunto una resistencia increíble, y aunque el ejemplo no sea muy ortodoxo, se puede saltar encima de la cubierta sin miedo a que se rompan las placas. Tratando de igual forma los canalones, se consigue una cubierta monolítica, además de ser una buena solución sin obras ni desalojos durante el tiempo de realización. Es muy rápida de ejecución, y con una buena climatología, un equipo puede realizar aproximadamente 500 m²/día, incluyendo la espuma y la protección.



Imagen 5.6.5. Rehabilitación de cubierta por el exterior¹.

¹ Imágen obtenida en la web aislamientoslamancha.com.

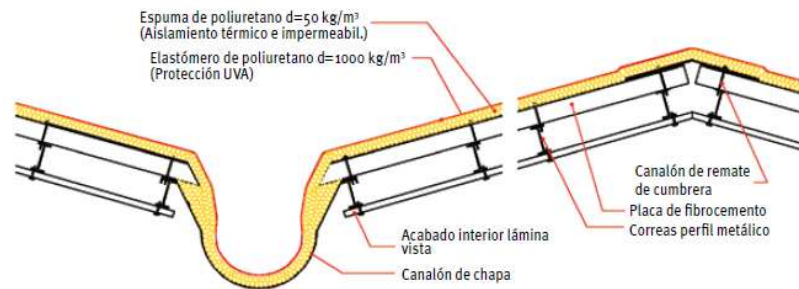


Imagen 5.6.6. Protección de espuma de poliuretano sobre cubierta de fibrocemento¹.

b) Ripias antiguas.

Este caso es muy parecido al anterior. Se puede rehabilitar la ripia haciendo la aplicación por la cara inferior, o por la superior. En la mayoría de los casos no hay que hacer reparaciones en la madera y con esta solución, a la vez de realizar un magnífico aislamiento, se está reafirmando la cubierta, dando una protección al conjunto, pues no hay que olvidar que además el poliuretano no cría hongos ni bacterias.

c) Cubiertas con protección de grava.

Esta es una solución que se realiza en muchas ocasiones ya que es simple y muy efectiva. El trabajo se hace por etapas. Se retira la grava de la parte que se va a proyectar, esparciéndola por el resto de la cubierta con el fin de repartir el peso. Posteriormente se procede a la limpieza y saneado de las partes dañadas. Tras la preparación de la base se realiza la proyección de la espuma y la alta densidad para protección. Para concluir se vuelve a extender la grava, iniciando el proceso en la zona siguiente.

d) Cubiertas con telas asfálticas.

Es muy importante comprobar si están bien adheridas al sustrato. Para confirmarlo hay que realizar pruebas. Posteriormente se puede proceder como en una cubierta plana normal. Si las telas están deterioradas hay que arrancarlas y proceder a preparar la base dando algún aglutinante o capa de mortero suficiente para garantizar una base firme y adecuada para poder realizar la proyección con garantías.

¹ Imagen obtenida en el manual " Soluciones de aislamiento con poliuretano". Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.



Imagen 5.6.7. Rehabilitación de cubierta plana sobre impermeabilización¹.

e) Cubiertas de baldosín catalán o similares.

Como en el caso anterior, es necesario levantar las partes que estén huecas, procediendo a regularizar el sustrato mediante mortero o alguna pasta niveladora. Posteriormente se adopta la solución y el acabado que más convenga.

5.6.3. El equipo.

Las máquinas que se utilizan para la proyección de poliuretanos, pueden ser hidráulicas o neumáticas, siendo su función elevar la presión que en algunas ocasiones llega hasta 14 Mpa (140 kg/cm²) y la temperatura de los productos hasta 40 ó 60 °C. Después de estas dos operaciones, mediante mangueras calefactadas con una longitud que oscila entre 80 y 100 m., los productos llegan al lugar de espumación. Allí se dispone de una pistola de mezcla que, manejada por el especialista espumador, creará el abanico de producto atomizado que tras breves instantes de reacción química producirá la espuma rígida. El proceso es muy similar al de pintar un coche, con la diferencia de que este producto aumenta aproximadamente 30 veces su volumen al crear la espuma.

El manejo de los equipos, así como la manipulación de los productos, exigen ser realizados por personal cualificado².

¹ Imagen obtenida en la web aislamientoslamancha.com

² Imágenes 5.6.8. a la 5.6.13. obtenidas en la web tecnocoat.es



Imagen 5.6.8. Modelo eléctrico.



Imagen 5.6.9. Modelo neumático.



Imagen 5.6.10. Modelo hidráulico.



Imagen 5.6.11. Modelo de pistola para pequeñas aplicaciones de poliuretano.



Imagen 5.6.12. Modelo de pistola para aplicaciones de espuma de poliuretano de gran caudal.



Imagen 5.6.13. Modelo de pistola para aplicaciones de elastómeros y poliureas a bajo caudal.

5.6.4. Proceso de obtención de la espuma.

La producción de la espuma rígida de poliuretano tiene lugar in situ, en el mismo lugar de la instalación, empleando máquinas para el procesado de los sistemas, capaces de dosificar y mezclar los dos componentes. Dichas máquinas van montadas sobre vehículos autotransportados o remolcados (factoría móvil).

5.6.5. Forma de aplicación.

El proceso de ejecución de la aplicación por proyección, consiste en pulverizar mediante la máquina citada, la mezcla de dos componentes, produciendo una reacción química exotérmica sobre la superficie a aislar, donde por esta reacción rápidamente expande y endurece formando la espuma. La aplicación se realiza en sucesivas capas, hasta alcanzar el espesor final de aislamiento deseado, en conformidad con las condiciones contractuales.



La forma de aplicar espuma PUR por el método de proyección es importante, y contribuye a obtener buenos rendimientos.

A continuación se dan una serie de reglas generales a tener en cuenta durante el procesado:

- El material conviene aplicarlo de una forma continua, acompañando con la pistola la subida de la espuma. De este modo se facilita la reacción de espumación, y se mejora el acabado superficial.

- El espesor de capa es perfectamente controlable, y se puede modificar variando la velocidad de aplicación y/o la cámara de mezcla de la pistola. Dicho espesor acostumbra a ser de 10 mm. aproximadamente.

- Hay que tener en cuenta que el rendimiento de la espuma es mayor cuanto menor es el número de capas aplicadas para el mismo espesor. No obstante, no es conveniente aplicar espesores superiores a 20 mm., ya que debido a la elevada exotermia de la reacción, podrían aparecer otros problemas.

- Sobre superficies frías, la primera capa tarda un tiempo en reaccionar, y el crecimiento no suele ser del 100%. Para mejorar el rendimiento de esta primera capa, se puede proyectar una segunda, justo en el momento en que haya empezado a reaccionar la primera. De este modo, el calor generado por la segunda capa colabora en el desarrollo de la primera, haciendo que ésta espume casi en su totalidad.

5.6.6. Problemas durante la aplicación.

A continuación se exponen algunos problemas que pueden aparecer durante el procesado, y su solución.

Debido a la gran variedad de defectos que potencialmente pueden tener lugar por distintas causas, y muchas veces por más de una sola causa, resulta difícil enumerar cada una de ellas. Por ello se va a intentar resumir los más frecuentes, que muchas veces ocasionan el 80% de los problemas (ver **tabla 5.6.1.**). Considerando que la materia prima está en perfectas condiciones, y que es válida para esa aplicación.

Primeramente, como norma general, se deben cumplir los siguientes requisitos:

- El vano de proyección debe ser regular, de sección circular y constante, sin interrupciones, durante la aplicación.

- El material proyectado debe salir en estado líquido de la punta de la pistola y espumar rápidamente después de alcanzar la superficie.



Tabla 5.2.2.
Características placas de EPS.

RELACIONADO CON EL VANO DE PROYECCIÓN		
PROBLEMA	POSIBLE CAUSA	SOLUCIÓN
Vano de forma irregular.	<ul style="list-style-type: none">- Aguja de la pistola mal reglada- Suciedad en la cámara de mezcla.	<ul style="list-style-type: none">- Reglar la posición.- Limpiar la cámara.
Vano con vetas de colores.	<p>Mala mezcla debida a:</p> <ul style="list-style-type: none">- Obstrucción parcial de algún componente.- Gran diferencia de viscosidad entre los componentes.	<ul style="list-style-type: none">- Comprobar presiones, ver cual oscila y reparar obstrucción.- Ajustar temperaturas de componentes- Subir la temperatura del más viscoso.
Vano muy pobre, muy cerrado.	<ul style="list-style-type: none">- Viscosidades altas de componentes.- Ambiente frío.	Subir temperaturas de componentes y presión de mezcla.
Vano muy abierto, formación de mucha niebla.	<ul style="list-style-type: none">- Demasiado aire en la punta de la pistola.- Presión de mezcla excesiva.	<ul style="list-style-type: none">- Disminuir el paso de aire.- Reducirla ligeramente.

Tabla 5.2.2 (continuación).
Características placas de EPS.

RELACIONADO CON LA APLICACIÓN		
PROBLEMA	POSIBLE CAUSA	SOLUCIÓN
El material llega bien a la superficie pero tarda tiempo en reaccionar.	<ul style="list-style-type: none">- Superficie fría.- Regulación incorrecta de temperaturas de los componentes.	Subir la calefacción de las mangueras.
El material reacciona rápidamente sobre la superficie, pero descuelga y el acabado es irregular. Se forma mucha niebla en el ambiente.	Exceso de presión en la proyección.	<ul style="list-style-type: none">-Reducir la presión del aire en la pistola.-Bajar ligeramente la presión de la mezcla.
El material llega a la superficie en forma de gránulos. La pistola se obstruye frecuentemente.	Exceso de temperatura.	Disminuir ligeramente la temperatura de las mangueras.



6. CONTROL DE RECEPCIÓN EN OBRA DE PRODUCTOS, EQUIPOS Y SISTEMAS SEGÚN EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CTE)¹.

El Código Técnico de la Edificación (CTE), establece en su apartado 7.2., que para comprobar que las características técnicas de los productos, equipos y servicios satisfacen lo exigido en el proyecto, el control de recepción en obra comprende:

- control de la documentación de los suministros.
- control mediante distintivos de calidad evaluaciones técnicas de idoneidad.
- control mediante ensayos.

Cada uno de estos tres apartados se describen a continuación, así como un cuarto dedicado al control de recepción de materiales con especificaciones de los documentos básicos del CTE, un quinto dedicado a la planificación del control de recepción de materiales, y un sexto relativo a la documentación para el control de recepción de materiales.

6.1. CONTROL DE LA DOCUMENTACIÓN DE LOS SUMINISTROS.

- *Para todos los materiales a controlar.*

Los suministradores entregarán al constructor, quién los facilitará al director de la ejecución material de la obra, al menos, los siguientes documentos:

- Documentos de origen, hoja de suministro, y etiquetado;
- Certificado de garantía del fabricante, firmado por persona física;
- Documentos de conformidad o autorizaciones administrativas exigidas reglamentariamente, incluida la documentación correspondiente al marcado CE (Declaración CE de Conformidad y/o Certificado CE de Conformidad)*
- Otros documentos indicados en el proyecto o por la dirección facultativa.

*** ACLARACIÓN SOBRE LOS DOCUMENTOS QUE ACOMPAÑAN AL MARCADO CE: DECLARACIÓN CE DE CONFORMIDAD Y/O CERTIFICADO CE**

La Guía D, que desarrolla la Directiva de productos de la construcción, indica: "Mientras que el marcado CE circula con el producto la declaración de conformidad y el certificado de conformidad sólo debe hacerse disponible por el fabricante, o su representante autorizado, si resultase procedente, en respuesta a una solicitud justificada, (por ejemplo, a petición de las autoridades nacionales responsables de la vigilancia del mercado)." Por lo que dichos documentos, Declaración y Certificado, no deberían pedirse y entregarse "siempre", salvo que se dieran dudas sobre el correcto marcado CE de un producto.

¹ Pérez Navarro, Julián, Campillo Domínguez, Laura y Rosa Roca, Nuria. **Documentación del control de la obra en cumplimiento del CTE.** 3ª Edición. Murcia: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de la Región de Murcia. 2009



6.2. CONTROL DE RECEPCIÓN MEDIANTE DISTINTIVOS DE CALIDAD Y EVALUACIONES DE IDONEIDAD TÉCNICA (DIT Ó DAU).

■ *Materiales con DIT, DAU y Distintivos de Calidad.*

El suministrador proporcionará la documentación precisa sobre:

- distintivos de calidad y, en su caso, el reconocimiento oficial del distintivo;
- las evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto de materiales innovadores, y la constancia del mantenimiento de sus características técnicas.

El director de la ejecución material de la obra verificará que esta documentación es suficiente para la aceptación de los productos amparados por ella.

6.3. CONTROL DE RECEPCIÓN MEDIANTE ENSAYOS.

■ *Obligatorio: en materiales o elementos, cuyo control viene reglamentado por los Registros de Calidad.*

Para verificar el cumplimiento de las exigencias básicas del CTE puede ser necesario, en determinados casos, realizar ensayos y pruebas sobre algunos productos, según lo establecido en la reglamentación vigente, o bien según lo especificado en el proyecto u ordenados por la dirección facultativa.

La realización de este control se efectuará de acuerdo con los criterios establecidos en el proyecto, o indicados por la dirección facultativa sobre:

- Muestreo.
- Ensayos a realizar.
- Criterios de aceptación y rechazo.
- Acciones a adoptar.



6.4. CONTROL DE RECEPCIÓN DE MATERIALES CON ESPECIFICACIONES DE LOS DOCUMENTOS BÁSICOS DEL CTE.

MATERIALES QUE CONFORMAN LOS CERRAMIENTOS Y PARTICIONES INTERIORES DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA (CTE DB-HE- 1 Apartado 4)

1.- Características exigibles a los productos.

1 Los edificios se caracterizan térmicamente a través de las propiedades higrotérmicas de los productos de construcción que componen su envolvente térmica.

2 Se distinguen los productos para los muros y la parte ciega de las cubiertas, de los productos para los huecos y lucernarios.

3 Los productos para los muros y la parte ciega de las cubiertas se definen mediante las siguientes propiedades higrotérmicas:

- a) la conductividad térmica λ (W/mK);
- b) el factor de resistencia a la difusión del vapor de agua μ .

4 En su caso, además se podrán definir las siguientes propiedades:

- a) la densidad ρ (kg/m³)
- b) el calor específico c_p (J/ kg.K)

5 Los productos para huecos y lucernarios se caracterizan mediante los siguientes parámetros:

- a) Parte semitransparente del hueco por:
 - i) la transmitancia térmica U (W/m²K);
 - ii) el factor solar, g_{\pm} .
- b) Marcos de huecos (puertas y ventanas) y lucernarios por:
 - i) la transmitancia térmica U (W/m²K);
 - ii) la absortividad α .

6 Los valores de diseño de las propiedades citadas se obtendrán de valores declarados para cada producto, según marcado CE, o de Documentos Reconocidos para cada tipo de producto.

7 En el pliego condiciones del proyecto debe expresarse las características higrotérmicas de los productos utilizados en los cerramientos y particiones interiores que componen la envolvente térmica del edificio. Si éstos están recogidos de Documentos Reconocidos, se podrán tomar los datos allí incluidos por defecto. Si no están incluidos, en la memoria deben incluirse los cálculos justificativos de dichos valores y consignarse éstos en el pliego.



8 En todos los casos se utilizarán valores térmicos de diseño, los cuales se pueden calcular a partir de los valores térmicos declarados según la norma UNE EN ISO 10 456:2001. En general y salvo justificación los valores de diseño serán los definidos para una temperatura de 10 °C y un contenido de humedad correspondiente al equilibrio con un ambiente a 23 °C y 50% de humedad relativa.

2.- Características exigibles a los cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica.

1 Las características exigibles a los *cerramientos y particiones interiores* son las expresadas mediante los parámetros característicos de acuerdo con lo indicado en el apartado 2 de este Documento Básico.

2 El cálculo de estos parámetros deberá figurar en la memoria del proyecto. En el pliego de condiciones del proyecto se consignarán los valores y características exigibles a los *cerramientos y particiones interiores*.

6.5. DOCUMENTO PARA LA PLANIFICACIÓN DEL CONTROL DE RECEPCIÓN DE MATERIALES.

Es conveniente contar con un listado enfocado a la planificación, que contiene la relación de materiales para los que es recomendable realizar el Control de Recepción, y los documentos que se han de aportar para cada material. Puede ser usado, antes de la ejecución como listado que se facilita al constructor para que recopile los documentos indicados, y al final de la ejecución, como listado resumen de los documentos recopilados. En ese caso, el DEO marcará las casillas de los documentos que aporta para cada material y que justifican el control de recepción en obra de dicho material.

En las columnas a la derecha de cada material se especifica la documentación exigible a cada uno de ellos, en los tres supuestos de recepción que contempla el CTE: mediante documentación de suministros, distintivos de calidad y/o evaluaciones de idoneidad técnica, y/o mediante ensayos.

Además, aparece la casilla de **Partes de Control de Recepción**. Se trata de documentos a rellenar para comprobar la recepción de materiales con especificaciones concretas de algún Documento Básico del CTE.

Las casillas en blanco se corresponden con los documentos exigibles a cada material. El documento se irá actualizando periódicamente, debido a los cambios en la exigencia de determinados documentos (Marcado CE, DIT, DAU).

A cada material, ordenado por familias, se le asigna un código para facilitar la relación de la documentación asociada a cada uno de ellos.



En el **Anexo 1** se incluye una ficha a modo de ejemplo, basada en un **control de mínimos, por lo que el director de ejecución material de la obra deberá valorar las necesidades concretas de cada obra que le llevarán a incluir otros materiales para realizar el control de recepción.**

Para ello, se prevén casillas en blanco dentro de cada familia.

Este documento se puede elaborar por ejemplo en Excel, pudiendo filtrar los materiales que aparecen en cada obra concreta, y los cambios que el Director de Ejecución Material de la Obra considere oportunos.

Nota: en la ficha se incluyen los materiales más afines al objeto de este Proyecto Fin de Grado, es decir, principalmente los relativos a las cubiertas y los aislantes.

6.6. DOCUMENTACIÓN DEL CONTROL DE RECEPCIÓN DE MATERIALES.

En cumplimiento del CTE Anejo II-Apartado 2, se ha de documentar el control de recepción de los materiales. A continuación se desarrollan tres apartados para tal fin.

6.6.1. Distribución de lotes para recepción de materiales.

Al igual que en el punto anterior, es conveniente disponer de unas fichas que nos faciliten esta misión.

En el **Anexo 1** se incluye una ficha a modo de ejemplo, basada en un **control de mínimos, por lo que el director de ejecución material de la obra deberá valorar las necesidades concretas de cada obra que le llevarán a incluir otros materiales para realizar el control de recepción.**

Para ello, se prevén casillas en blanco dentro de cada familia.

Este documento se puede elaborar por ejemplo en Excel, pudiendo filtrar los materiales que aparecen en cada obra concreta, y los cambios que el Director de Ejecución Material de la Obra considere oportunos.

Igual que en el punto anterior, a cada material, ordenado por familias, se le asigna un código para facilitar la información relativa a los lotes (medición, tamaño del lote, nº de lotes, y designación del lote), el tipo/modelo del material, fabricante, tipo de control realizado, y la fecha en la que se acepta o rechaza el lote.

En el encabezado de esta ficha se identifican los datos de la obra (obra, emplazamiento y expediente), así como los datos del Director de Ejecución Material de la Obra (nombre y apellidos, y número de colegiado).

Nota: en la ficha se incluyen los materiales más afines al objeto de este Proyecto Fin de Grado, es decir, principalmente los relativos a las cubiertas y los aislantes.



6.6.2. Partes de control de recepción de materiales.

Al igual que en el punto anterior, es conveniente disponer de unas fichas que nos faciliten esta misión.

En el **Anexo 1** se incluyen dos fichas (o partes de control de recepción de materiales) modelo, y que son las siguientes:

- Materiales que conforman las instalaciones de evacuación de agua (**CR03**).
- Materiales que conforman los cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica (**CR04**).

6.6.3. Justificación de no conformidad/ rechazo.

Ante una no conformidad o rechazo de un material o unidad de obra, se debe dejar constancia por escrito de las actuaciones llevadas a cabo.

Con este fin se adjunta en el **Anexo 3** un parte modelo llamado "**CT01 - parte de justificación de no conformidad/ rechazo**" y que deberán cumplimentar tanto el Director de Ejecución Material de la Obra, como el Director de Obra.

El Director de Ejecución Material de la Obra deberá:
<p>1. Cumplimentar los siguientes apartados:</p> <ul style="list-style-type: none">- Justificación de la no conformidad o rechazo (explicar porque no se acepta).- Medidas informativas complementarias.- Resultados de las medidas informativas complementarias.- Medidas correctivas (en su caso)
<p>2. Firmar y fechar la decisión que tome, y que será una de las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none">- Aceptación absoluta.- Rechazo absoluto (indicando fecha de comunicación al constructor).- Rechazo relativo (indicando fecha de comunicación tanto al Director de Obra como al constructor).- Rechazo definitivo (indicando fecha de comunicación al constructor).



El Director de Obra deberá:

1. Cumplimentar los siguientes apartados:

- Estudios complementarios.
- Especificación de las medidas correctoras (en su caso).
- Justificación de la nueva decisión.

2. Firmar y fechar la decisión que tome, y que será una de las siguientes:

- No viabilidad.
- Nueva especificación (de reparación, o de desclasificación o cambio de especificación).
- Fecha de comunicación al Director de Ejecución Material de la Obra.

Nota: en el encabezado de este parte, se reserva un apartado para la identificación del material o unidad de obra (código/ descripción).



7. CONTROL DE EJECUCIÓN DE LA OBRA.

7.1. SEGÚN LA NORMA NTE-CUBIERTAS¹.

La norma **NTE-Cubiertas** establece una serie de controles en la ejecución que influyen directamente en el aislamiento, y que dependiendo del elemento constructivo o del tipo de cubierta en el que se encuentren, procedo a resumir.

7.1.1. Azoteas no transitables.

7.1.1.1. Especificaciones.

QAN-3 Capa de aislamiento térmico-L	Se presentará en mantas o planchas. En el material o su embalaje figurará la conductividad térmica L del material, así como la marca y dirección de su fabricante.
--	--

7.1.1.2. Control de la ejecución.

Especificación	Controles a realizar	Número de controles	Condición de no aceptación automática
QAN-6 Faldón sobre tabiquillos y membrana autoprottegida-E.L	Espesor de la capa de aislamiento térmico	Uno cada 100 m ²	Espesor inferior al especificado en la Documentación Técnica
QAN-7 Faldón sobre tabiquillos y gravilla-E.L	Espesor de la capa de aislamiento térmico	Uno cada 100 m ²	Espesor inferior al especificado en la Documentación Técnica

7.1.2. Azoteas transitables.

7.1.2.1. Especificaciones.

QAT-3 Manta aislante -E	Tendrá una conductividad térmica de 0,03 kcal/m h °C.
--------------------------------	---

7.1.2.2. Control de la ejecución.

Especificación	Controles a realizar	Número de controles	Condición de no aceptación automática
QAT-13 Faldón sobre tabiquillos-E	Espesor de la manta aislante	Uno cada 50 m ² .	Inferior a la especificada en la Documentación Técnica.

¹ MOPT. Normas Tecnológicas de la Edificación. NTE. Cubiertas. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. 1992.



7.1.3. Tejados de fibrocemento.

7.1.3.1. Especificaciones.

QTF-33 Aislamiento térmico colocado – λ.E	Cuando se precise aislamiento térmico en la cubierta
--	--

7.1.3.2. Control de la ejecución.

Especificación	Controles a realizar	Número de controles	Condición de no aceptación automática
QTF-33 Aislamiento térmico colocado-λ.E	Colocación	Uno cada 100 m ²	Colocación distinta a la especificada

7.1.4. Tejados galvanizados.

7.1.4.1. Especificaciones.

QTG-8 Faldón de panel - K.P.S. Tipo. Protección.	Aplicación: Como elemento de cobertura de los planos inclinados de la cubierta, cuando se requiera un acabado interior de chapa vista y se precise un aislamiento térmico.
QTG-6 Panel	De coeficiente de transmisión térmica K, separación entre correas P, Solapo S, Tipo y protección según Documentación Técnica

7.1.4.2. Control de la ejecución.

Especificación	Controles a realizar	Número de controles	Condición de no aceptación automática
QTG-8 Faldón de panel - K.P.S.Tipo.Protección	Solapos longitudinales	Uno por faldón y cada 100 m ²	Solapos inferiores a los especificados con una tolerancia de -20mm
	Número y situación de los accesorios de fijación	Uno por faldón y cada 100 m ²	Distinto al especificado
	Sujeción de los paneles	Uno por correa	Falta de ajuste en la sujeción
	Verificación de la junta	Uno cada 10 juntas y no menos de uno por faldón	Colocación defectuosa de puente de unión o del ensamble

7.1.5. Tejados de tejas.

7.1.5.1. Control de la ejecución.

Especificación	Controles a realizar	Número de controles	Condición de no aceptación automática
QTT-27 Formación de pendientes con tabiquillos aligerados-A. B. C. E. L	Espesor de la capa de aislamiento térmico	Uno por faldón	Espesor inferior al especificado en la Documentación Técnica



7.2. SEGÚN EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CTE)¹.

7.2.1. Generalidades.

7.2.1.1. Control de la ejecución de cada unidad de obra.

Se deben verificar los siguientes aspectos:

- Replanteo.
- Materiales que se utilicen.
- Correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos.
- Correcta ejecución y disposición de las instalaciones.
- Verificaciones y demás controles a realizar para comprobar su conformidad con lo indicado en el proyecto, la legislación aplicable, las normas de buena práctica constructiva y las instrucciones de la dirección facultativa.

En la recepción de la obra ejecutada pueden tenerse en cuenta:

- Las certificaciones de conformidad que ostenten los agentes que intervienen.
- Las verificaciones que, en su caso, realicen las entidades de control de calidad de la edificación.

7.2.1.2. Comprobación de las compatibilidades.

Se ha de comprobar que se han adoptado las medidas necesarias para asegurar la compatibilidad entre:

- Productos.
- Elementos.
- Sistemas constructivos.

7.2.1.3. Empleo de productos, equipos y/o sistemas innovadores.

En caso de emplearse productos, equipos y/o sistemas innovadores, se adoptarán los métodos y procedimientos de control de ejecución que se contemplen en las evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto de dichos productos, equipos y/ o sistemas.

¹ Pérez Navarro, Julián, Campillo Domínguez, Laura y Rosa Roca, Nuria. **Documentación del control de la obra en cumplimiento del CTE.** 3ª Edición. Murcia: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de la Región de Murcia. 2009



7.2.2. Documentación del control de ejecución.

En cumplimiento del CTE Anejo II-Apartado 2, se ha de documentar el control de ejecución. A continuación se desarrollan tres apartados para tal fin.

7.2.2.1. Distribución de lotes para el control de ejecución.

Al igual que ocurría con la documentación relativa al control de recepción de materiales, resulta conveniente disponer de fichas que nos faciliten esta misión.

En el **Anexo 2** se incluye una ficha a modo de ejemplo (**CE01**), en la que se plasman las unidades de obra que he considerado más afines al presente Proyecto Fin de Grado, es decir, las relativas a cubiertas y aislantes principalmente.

Este documento se puede elaborar por ejemplo en Excel, pudiendo filtrar las unidades de obra que aparecen en cada obra concreta, y los cambios que el Director de Ejecución Material de la Obra considere oportunos.

Igual que en el punto anterior, a las subdivisiones, ordenadas por unidades de obra, se le asigna un código para facilitar la información relativa a las mediciones, los tamaños mínimos de lote recomendados, número de lotes, designación de los lotes y las fechas en que se aceptan o rechazan dichos lotes.

En el encabezado de esta ficha se identifican los datos de la obra (obra, emplazamiento y expediente), así como los datos del Director de Ejecución Material de la Obra (nombre y apellidos, y número de colegiado).

Nota 1: *los criterios que se indican en la ficha, en cuanto al tamaño mínimo de los lotes recomendados, son orientativos, por lo que será el director de la ejecución material el que decida en cada caso.*

Nota 2: *ante una no conformidad-rechazo, habrá que rellenar, además, un "Parte modelo de Justificación de no conformidad/ rechazo". Una vez subsanado el motivo de no aceptación, se completará un nuevo "Parte de Control", cuyo resultado será "Aceptación", y en este documento se indicará la fecha de aceptación definitiva para ese lote.*

7.2.2.2. Partes de control de ejecución.

Al igual que en el punto anterior, es conveniente disponer de unas fichas que nos faciliten esta misión.

En el **Anexo 2** se incluyen tres fichas (o partes de control de ejecución) modelo, y que son las siguientes:

- Cubierta (**CE02**).
- Instalaciones de saneamiento (**CE03**).
- Impermeabilizaciones (**CE04**).



7.2.2.3. Justificación de no conformidad/ rechazo.

Ante una no conformidad o rechazo de un material o unidad de obra, se debe dejar constancia por escrito de las actuaciones llevadas a cabo.

Con este fin se adjunta en el **Anexo 3** un parte modelo llamado "**CT01 - parte de justificación de no conformidad/ rechazo**" y que deberán cumplimentar tanto el Director de Ejecución Material de la Obra, como el Director de Obra.

El Director de Ejecución Material de la Obra deberá:

1. Cumplimentar los siguientes apartados:
 - Justificación de la no conformidad o rechazo (explicar porque no se acepta).
 - Medidas informativas complementarias.
 - Resultados de las medidas informativas complementarias.
 - Medidas correctivas (en su caso)
2. Firmar y fechar la decisión que tome, y que será una de las siguientes:
 - Aceptación absoluta.
 - Rechazo absoluto (indicando fecha de comunicación al constructor).
 - Rechazo relativo (indicando fecha de comunicación tanto al Director de Obra como al constructor).
 - Rechazo definitivo (indicando fecha de comunicación al constructor).

El Director de Obra deberá:

1. Cumplimentar los siguientes apartados:
 - Estudios complementarios.
 - Especificación de las medidas correctoras (en su caso).
 - Justificación de la nueva decisión.
2. Firmar y fechar la decisión que tome, y que será una de las siguientes:
 - No viabilidad.
 - Nueva especificación (de reparación, o de desclasificación o cambio de especificación).
 - Fecha de comunicación al Director de Ejecución Material de la Obra.

Nota: en el encabezado de este parte, se reserva un apartado para la identificación del material o unidad de obra (código/ descripción).



7.3. CONTROL DE LA EJECUCIÓN DEL AISLAMIENTO EN CUBIERTAS SEGÚN TIPO DE AISLANTE EMPLEADO.

Es conveniente que durante la ejecución de los trabajos, el Director de Ejecución Material de la Obra disponga de un listado de controles a realizar, preparado previamente, en función del tipo de material aislante empleado y de cubierta a ejecutar.

A continuación se indican un listado orientativo de controles a realizar en este sentido.

7.3.1. Poliestireno extruido (XPS).

Comprobaciones previas

- Comprobar que las planchas de XPS no van a entrar en contacto con sustancias o materiales que contengan componentes volátiles (ataque por disolventes). (Comprobar la idoneidad del adhesivo con la planchas de XPS).
- Comprobar que las planchas no se encuentren un periodo largo de tiempo bajo la luz solar directa (sobre todo si están desembaladas).

Comprobaciones en cubiertas inclinadas

Comprobar:

- Que se ha comenzado a fijar las planchas por el alero y que las planchas posicionadas en la primera fila, en todo el perímetro del faldón y las que corresponden a encuentros (chimeneas) tienen 4 fijaciones mientras que las demás tienen dos.
- Que las planchas están bien ensambladas entre sí y que están dispuestas a tope y con las juntas al tresbolillo.
- Que las planchas están apoyadas sobre el faldón por la cara adecuada, es decir, la plana mientras que las acanaladuras quedan vistas.
- Que queda aislado todo el faldón, es decir, que no queden superficies del faldón sin planchas de XPS, para ello se harán los cortes o ajustes necesarios.
- Que se ha formado un cajeadado en los encuentros del faldón con aleros y hastiales, de modo que las planchas queden retenidas y cobijadas por los topes que forman el cajeadado.
- Que se han dispuestos pasos sobre las planchas para no pisar sobre ellas directamente.
- Que en cubiertas inclinadas con teja enrastrelada, los listones del primer orden de enrastrelado tengan las escuadrías suficientes para permitir la ventilación (20-60 mm.) y que están bien fijados a la base soporte a través de las planchas. Revisar como no también que las fijaciones mecánicas del segundo orden de enrastrelado sean correctas. Es necesario controlar que los productos con que se tratan las maderas sean compatibles con el XPS (sin disolventes).
- Que la gente que trabaje en la cubierta lleve ante todo un calzado adecuado y es conveniente que dispongan de cinturones de seguridad para evitar los riesgos de una caída.
- Que los accesos a la cubierta sean seguros.



Comprobaciones en cubiertas planas

Comprobar:

- Que la colocación de las planchas se hace inmediatamente después de realizada la impermeabilización comprobando como medida preventiva que la impermeabilización está bien ejecutada con los solapes realizados correctamente. En ningún caso se harán solidarias ambas, si es preciso se colocará un geotextil (100 g/m² mínimo).
- Que las planchas no se adhieran excepto cuando éste previsto por motivo justificado en el Proyecto (p.ej. riesgo de flotación por inundación de la cubierta) fijándose entonces por puntos situados en la zona central de las planchas.
- Las planchas deben colocarse a tope entre ellas y con juntas al tresbolillo, contrapeando las filas sucesivas, debiendo comenzar por el punto más cercano al acceso a la cubierta y procurando que cuando se distribuyan los materiales de la capa de lastre esté la membrana ya protegida.

Comprobaciones en cubiertas planas (continuación)

Comprobar:

- Que en las entregas a puntos singulares donde la cubierta quede perforada (lucernarios, sumideros, chimeneas, etc), las planchas estén bien ajustadas.
- Comprobar que se han practicado en las planchas cortes en bisel para ajustarse a la media caña de la impermeabilización en la unión con petos o paramentos.
- Controlar que inmediatamente colocadas las planchas se realice el lastrado con protección pesada proyectada y en su defecto se coloque momentáneamente cuerpos pesados que impidan que se vuelen las planchas ante vientos fuertes.
- Los sumideros de desagüe deberán estar alojados en las planchas y protegidos con una rejilla. Asegurarse de que los canales de desagüe estén protegidos.
- Asegurarse de que si se usan espaciadores o separadores éstos tengan como mínimo un diámetro de 125 mm. para evitar la concentración de cargas sobre el aislamiento.
- Asegurarse de que la impermeabilización sube 15 cm. por encima del nivel final y de que se encuentra protegida hasta este nivel (+15 cm.) por un babero metálico.
- Si la cubierta está acabada con grava hay que asegurarse de que se ha colocado un geotextil con los bordes superpuestos y solapado en todo el perímetro.



Comprobaciones con baldosas aislantes.

- Serán colocadas inmediatamente después de realizada la impermeabilización.
- Deben estar colocadas sueltas, con total independencia sin adherirlas excepto cuando se haya riesgo de flotación por inundación de la cubierta que se fijarán por puntos situados en la zona central de las baldosas.
- Si hay riesgo de adherencia entre la membrana impermeabilizante y las baldosas hay que asegurarse de que se esté colocando un geotextil de 100 g/m² como mínimo.
- Las baldosas deben colocarse igual que las planchas pero hay que controlar que los trozos de panel situados en los extremos de cada fila no tengan una longitud inferior a la mitad de la longitud total del panel, sino es posible se colocará dicho trozo en la zona central de la cubierta.
- En las entregas a puntos singulares hay que asegurarse de que las baldosas aislantes están ajustadas lo suficiente (holgura de unos 5 mm.).
- Los paneles deben estar cortados a bisel en la unión con petos y paramentos para adaptarse a la media caña de la impermeabilización.
- Cerciorarse de que en los cambios de pendiente, limatesas o limahoyas, se corta el mortero con una sierra radial a lo largo de la línea de cambio de pendiente.
- Comprobar que se instala correctamente el lastre adicional o fijación suplementaria sobre la primera fila de paneles situada junto al perímetro de la cubierta o cualquier elemento de la cubierta que perfore el forjado.

Comprobaciones en naves.

Comprobar:

- Que el procedimiento de montaje de las planchas se está realizando correctamente (a título general).
- Que las planchas de XPS se están fijando perpendicularmente a las correas de la estructura de la nave, con su máxima dimensión siguiendo la dirección de la pendiente de la cubierta
- Que a ser posible se comience la instalación a partir de un testero de la nave, desde la cornisa o alero hasta la cumbre, para volver a descender hasta la otra cornisa.
- Que el apoyo de las planchas en el rastrel de madera o angular metálico ante un encuentro con testeros, paramentos laterales o pórticos es el correcto.
- Que la cumbre, viga del pórtico o canalones o puntos concretos se están aislando correctamente para que no existan puentes térmicos.
- Que la distancia máxima entre fijaciones ocultas y el número de fijaciones por plancha corresponden con las de la siguiente tabla:



Tabla 5.1.1.

Número de fijaciones y distancia entre las mismas¹.

Espesor de plancha en mm.	Distancia máx. entre fijaciones (cm.)	Nº de fijaciones por plancha
30-40	80	3
50-60	120	2

- Si las fijaciones son vistas se deberá de comprobar que la distancia máxima entre ellas sea de 1200 mm.

7.3.2. Poliestireno expandido (EPS).

Comprobaciones en cubiertas o naves

En líneas generales se controlarán los mismos aspectos que con las planchas de poliestireno extruido, excepto que se comprobará escrupulosamente que quede aislado frente a la acción del agua, de acuerdo con la solución dispuesta en el proyecto a tal efecto.

Se vigilarán las incompatibilidades (químicas) propias del EPS.

7.3.3. Lanás minerales (MW).

Generalidades.

- Comprobar que no quedan sometidas a esfuerzos mecánicos (compresión, etc), y que no van a quedar sometidos a la acción del agua.

Comprobaciones en falsos techos.

Comprobar:

- Que los fieltros se colocan con la cara de papel kraft hacia el interior.
- Que los fieltros queden juntos y que todas las zonas del falso techo queden cubiertas por el mismo, si hace falta se solaparán.
- Que la posición del fieltro o manta concuerda con la prevista en los detalles del proyecto.
- Que el fieltro o manta se vaya colocando conforme se vaya avanzando en la ejecución del falso techo siendo esto preciso si apoya en dichas placas (diseño).
- Que el fieltro quede pegado al falso techo, es decir, sin ondulaciones.

¹ Tabla encontrada en la web dow.com/iberica/es



Comprobaciones con el material entre tabiquillos.

Comprobar:

- Que los fieltros o mantas se colocan con la cara de papel kraft hacia el interior cuando lleven este.
- Que los fieltros queden juntos y que todas las zonas del forjado queden cubiertas por el mismo, si es conveniente (encuentros o zonas difíciles) se solaparán.
- Que el fieltro o manta quede pegado al forjado, es decir, sin ondulaciones.
- Que la posición del fieltro o manta concuerda con la prevista en los detalles del proyecto.

Comprobaciones en cubierta inclinada industrial. Sandwich metálico de montaje "in situ".

Comprobar:

- Que la ejecución se realiza conforme ya se ha indicado en “**5.5. PANELES TIPO SANDWICH EN CUBIERTA INDUSTRIAL**” y con arreglo a lo previsto en el Proyecto.
- Que los fieltros quedan apoyados sobre las omegas, con el complejo de papel Kraft- -- aluminio situado hacia abajo, produciéndose el aplastamiento- compresión de los mismos (excepción a lo dicho al principio sobre esfuerzos mecánicos) al apoyar y fijar la hoja de chapa perfilada exterior.

Comprobaciones en paneles de lana de roca en tejado caliente (aislamiento por el exterior).

- Comprobar que la ejecución se realiza con arreglo a lo dispuesto en el Proyecto de Ejecución.
- Comprobar que el adhesivo de betún elastómero queda aplicado a razón de 1,5-2 kg/m².
- Se recomienda que los tacos de expansión tengan un diámetro de 8 mm. y un collarín de 15 mm o los especificados en su caso en el proyecto.
- Si se utilizan clavos tipo “sombrilla” de aluminio-zinc y no se dice nada de ellos en el proyecto serán recomendables los de 9 mm. de diámetro y corona de 35 mm. de diámetro.
- Comprobar que se utilizan 3 fijaciones/m² y que la distancia entre las mismas y a ambos ejes sea de aproximadamente 600 mm.



Comprobaciones con paneles rígidos de lana de roca en cubiertas transitables con solado de baldosas cerámicas.

Comprobar:

- Que la ejecución se realiza con arreglo a lo dispuesto en el Proyecto de Ejecución (consultar apartado específico del PFG **"5.4.2.2. Cubierta transitable con solado de baldosas cerámicas"**).
- Que el adhesivo de betún elastómero queda aplicado a razón de 1,5-2 kg/m².
- Que los paneles se aplican en una sola capa, o bien en dos o más capas, colocándolos cubriendo juntas y fijándolos entre sí, con adhesivo de betún elastómero por "puntos" o "franjas".
- Que la lámina impermeabilizante colocada sobre los paneles queda fijada a los mismos mediante soplete.
- Que en los desagües se ha reforzado la impermeabilización en el encuentro del aislamiento y solado, con el sumidero.

Comprobaciones en cubierta no transitable tipo "Deck".

Comprobar:

- Que la ejecución se realiza con arreglo a lo dispuesto en el Proyecto de Ejecución (consultar apartado específico del PFG **"5.4.2.3. Cubierta no transitable tipo "Deck"**).
- Que los paneles se aplican en una sola capa, o bien en dos o más capas, colocándolos cubriendo juntas y fijándolos entre sí, con adhesivo de betún elastómero por "puntos" o "franjas".
- Que los paneles se aplican en una sola capa, o bien en dos o más capas, colocándolos cubriendo juntas y fijándolos entre sí, con adhesivo de betún elastómero por "puntos" o "franjas".

Comprobaciones en cubierta no transitable tipo "Deck" (continuación).

- En el caso de disponer dos láminas impermeabilizantes sobre el panel comprobar que la primera se fija con adhesivo de betún elastómero y la segunda lámina (autoprotegida) con soplete.
- Si los paneles son soldables, comprobar que sólo se coloca una lámina autoprotegida fijada con soplete.
- En el caso de usar gravilla, comprobar que se aplica sobre la lámina, previo riego de betún elastómero.
- En desagües, comprobar que se refuerza la impermeabilización (doble lámina).



7.3.4. Paneles tipo sandwich.

Comprobaciones con paneles tipo sandwich en cubierta industrial.

-Comprobar que la ejecución se realiza con arreglo a lo dispuesto en el Proyecto de Ejecución (consultar apartado específico del PFG “**5.5. PANELES TIPO SANDWICH EN CUBIERTA INDUSTRIAL**”).

7.3.5. Espuma de poliuretano.

Comprobación de las condiciones de aplicación.

Antes de proceder a la aplicación de la espuma, el instalador inspecciona la obra con objeto de determinar si reúne las condiciones para llevar a cabo la aplicación, así como las condiciones particulares, si proceden, indicadas por el fabricante del sistema de poliuretano en la Información Técnica.

Comprobación de la relación de la mezcla.

- El instalador realiza, cuando utiliza máquinas capaces de operar con distintas proporciones de mezcla, la comprobación de la dosificación de las mismas. Para ello, recoge de forma simultánea los dos componentes por separado, en recipientes adecuados, antes de su paso por el mezclador, y comprueba en peso o en volumen, según corresponda, la relación entre los mismos.
- En caso de utilizarse máquinas de dosificación fija, se comprueba que la relación de mezcla se corresponde con la especificada por el fabricante del sistema de poliuretano.
- El valor medio de la relación de mezcla no difiere en más del 5% de la relación de mezcla indicada por el fabricante del sistema de poliuretano.

Comprobación de la apariencia externa.

- Se aprecia visualmente que la espuma aplicada presenta una estructura uniforme, sin discontinuidades en su homogeneidad imputables a un mezclado defectuoso.

Comprobación de la densidad.

- Se comprueba que la densidad aparente global de la espuma aplicada, con todas sus pieles, determinada según la norma UNE-EN 1602, no es inferior a 30 Kg/m³ en aplicaciones por proyección.

NOTA – Cuando no se hayan realizado probetas para ensayo, dadas las particulares características de este producto y la dificultad natural de sacar muestras homogéneas de la espuma ya aplicada, para realizar el ensayo de densidad de una espuma aplicada, podrá determinarse por el método de inmersión descrito en el Anexo B – UNE 92120-2.



Comprobación del espesor.

Se comprueba en el recubrimiento de superficies, proceso por proyección, la medición del espesor, efectuado con la ayuda de un punzón graduado o instrumento similar cuyo diámetro no sobrepase los 2 mm. Para la determinación del espesor se toman por apreciación visual dentro de la superficie diez puntos, cinco de espesor aparentemente alto y cinco de espesor aparentemente bajo. El resultado es el valor medio de las medidas realizadas, descartando las cuatro medidas extremas. Se comprueba que ninguna medida de las consideradas es inferior en más de un 25% al valor medio obtenido.

Comprobación de la conductividad térmica λ (valor inicial).

- Se comprueba que el ensayo para la determinación de la conductividad térmica se realiza según las normas UNE 92202 o 92201.
- Verificación de que el coeficiente de conductividad térmica de la espuma aplicada, medido no más tarde de dos días después de la aplicación, no es superior a 0,022 W/(m.K).

Comprobación de la reacción al fuego.

- Comprobación de que la reacción al fuego de la espuma aplicada se determina según la norma UNE-EN 13501-1, no siendo más desfavorable que clase E según declaración y especificaciones del sistema, parte 1 de esta norma.



8. CONTROL DE OBRA TERMINADA DE CUBIERTAS.

8.1. SEGÚN EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CTE)¹.

Atendiendo al apartado 7.4. CTE deben realizarse:

<p>Comprobaciones y pruebas de servicio:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ previstas en el proyecto, ■ ordenadas por la dirección facultativa, ■ exigidas por la legislación aplicable y/u ■ otras establecidas de carácter voluntario. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Sobre el edificio en su conjunto. ■ Sobre sus diferentes partes y sus instalaciones parcial o totalmente terminadas.
--	---

8.2. SEGÚN LAS NORMAS TECNOLÓGICAS DE LA EDIFICACIÓN (NTE)².

A continuación se describen algunos controles a realizar y las condiciones de no aceptación automática, en función del tipo de cubierta.

8.2.1. Cubiertas planas no transitables (NTE-QAN, Cubiertas- Azoteas No Transitables).

ESTANQUEIDAD Y DESAGÜE DE LA CUBIERTA	
CONTROLES A REALIZAR	<p>En paños comprendidos entre limatesas se taponará el sumidero del paño sobre el que se deba realizar la prueba, y a continuación se reparará de forma uniforme y continua, hasta que el agua alcance una altura de 10 cm. o la de las limatesas que delimita el paño, si ésta es menor. Se mantendrá esta agua 24 horas, al término de las cuales se destaponará el sumidero y se comprobará la correcta evacuación del agua.</p> <p>En paños comprendidos entre limatesas y canalones se regará con medios mecánicos, de forma uniforme y continua sobre todo el paño durante las 24 horas.</p>
CONDICIÓN DE NO ACEPTACIÓN AUTOMÁTICA	<p>Para la impermeabilización; aparición de humedades en el plano inferior del forjado.</p> <p>Para la formación de pendientes: estancamiento de agua en la zona del paño.</p> <p>Para el sumidero, canalón y bajante: no evacuación de la totalidad del agua que llega al sumidero o al canalón.</p>

¹ Pérez Navarro, Julián, Campillo Domínguez, Laura y Rosa Roca, Nuria. **Documentación del control de la obra en cumplimiento del CTE.** 3ª Edición. Murcia: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de la Región de Murcia. 2009

² MOPT. **Normas Tecnológicas de la Edificación. NTE. Cubiertas.** Ministerio de Obras Públicas y Transportes. 1992



8.2.2. Cubiertas planas transitables (NTE-QAT, Cubiertas- Azoteas Transitables).

ESTANQUEIDAD Y DESAGÜE DE LA CUBIERTA	
CONTROLES A REALIZAR	Una vez tapados todos los desagües se verterá agua hasta superar en 2 cm. la altura de las limatesas, sin superar en 15 cm. la altura en ningún punto. Se mantendrá este agua 24 horas, al término de las cuales se destaponará el sumidero y se comprobará la correcta evacuación del agua.
CONDICIÓN DE NO ACEPTACIÓN AUTOMÁTICA	Para la impermeabilización; aparición de humedades en el plano inferior del forjado.
	Para la formación de pendientes: estancamiento de agua en la zona del paño.
	Para el sumidero, canalón y bajante: no evacuación de la totalidad del agua que llega al sumidero o al canalón.

8.2.3. Cubiertas inclinadas con teja (NTE-QTT, Cubiertas- Tejados de teja).

RESISTENCIA DEL GANCHO DE SERVICIO	
CONTROLES A REALIZAR	Antes de realizar la cobertura, se pasará por el gancho una cuerda de manera que ambos extremos cuelguen hasta el suelo del andamio. Se sujetará a esta cuerda una carga de 200 kg a 50 cm. del suelo o del andamio durante 24 horas.
CONDICIÓN DE NO ACEPTACIÓN AUTOMÁTICA	<ul style="list-style-type: none">- El gancho no resiste la carga aplicada.- Se observa movimiento en la sujeción del gancho.

ESTANQUEIDAD DE LA CUBIERTA	
CONTROLES A REALIZAR	Se sujetarán sobre la cumbrera dispositivos de riego que sometan la cubierta a lluvia simulada durante 6 horas sin interrupción.
CONDICIÓN DE NO ACEPTACIÓN AUTOMÁTICA	Se observa penetración de agua dentro de las 48 horas siguientes a la prueba.



9. CONDICIONES DE SEGURIDAD EN LA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.

9.1. CUBIERTAS INCLINADAS.

RIESGOS MÁS FRECUENTES.

- Caída de personas a distinto nivel.
- Caída de personas al mismo nivel.
- Caída de objetos a niveles inferiores.
- Sobreesfuerzos.
- Quemaduras (sellados, impermeabilizaciones en caliente).
- Golpes o cortes por manejo de herramientas manuales.
- Golpes o cortes por manejo de piezas cerámicas o de hormigón.

MEDIDAS PREVENTIVAS A ADOPTAR.

- * El personal encargado de la construcción de la cubierta será conocedor del sistema constructivo más correcto a poner en práctica, en prevención de los riesgos por impericia.
- El riesgo de caída al vacío, se controlará instalando redes de horca alrededor del edificio. No se permiten caídas sobre red superior a los 6 m. de altura.
- * Se tenderá, unido a dos “puentes fuertes” instalados en las limatesas, un cable de acero de seguridad en el que anclar el fiador del cinturón de seguridad, durante la ejecución de las labores sobre los faldones de la cubierta.
- El riesgo de caída de altura se controlará manteniendo los andamios metálicos apoyados de construcción del cerramiento. En la coronación de los mismos, bajo cota de alero, (o canalón), y sin dejar separación con la fachada, se dispondrá una plataforma sólida (tablones de madera trabados o de las piezas especiales metálicas para formar de trabajo en andamios tubulares existentes en el mercado), recercado de una barandilla existente.
- El riesgo de caída de altura se controlara construyendo la plataforma descrita en la medida preventiva anterior sobre tablones volados contrapesados y alojados en mechinales de la fachada, no dejara huecos libres entre la fachada y la plataforma de trabajo.
- Todos los huecos del forjado horizontal, (si los hubiere), permanecerán tapados con madera clavada durante la construcción de los tabiquillos de formación de las pendientes de los tableros.



MEDIDAS PREVENTIVAS A ADOPTAR (continuación).

* El acceso a los planos inclinados se ejecutará mediante escaleras de mano que sobrepasen en 1m. la altura a salvar. Hay que tener especial cuidado en el asiento de la base de escaleras, no debiendo empalmarse unas con otras.

* La comunicación y circulaciones necesarias sobre la cubierta inclinada se resolverá mediante pasarelas emplintadas inferiormente de tal forma que absorbiendo la pendiente queden horizontales.

- Las tejas, paneles aislantes, se izarán mediante plataformas emplintadas mediante el gancho de la grúa, sin romper los flejes, (o paquetes de plástico) en los que son suministradas por el fabricante, en prevención de los accidentes por derrame de la carga.

- Las tejas se acopiarán repartidas por los faldones evitando sobrecargas.

- Las tejas sueltas, (rotos los paquetes), se izarán mediante plataformas emplintadas y enjauladas en prevención de derrames innecesarios

- Las tejas, se descargarán para evitar derrames y vuelcos, sobre los faldones, sobre plataformas horizontales montadas sobre plintos en cuña que absorban la pendiente.

*Las bateas, (o plataformas de izado), serán gobernadas para su recepción mediante cabos, nunca directamente con las manos, en prevención de golpes y de atrapamientos.

*Se suspenderán los trabajos sobre los faldones con lluvia, nieve o vientos superiores a los 60 Km/h., en prevención del riesgo de caída de personas u objetos.

- Los rollos de tela asfáltica se repartirán uniformemente, evitando sobrecargas, calzados para evitar que rueden y ordenados por zonas de trabajo.

* Los faldones se mantendrán libres de objetos que puedan dificultar los trabajos o los desplazamientos seguros, además de que puede producirse su caída.

- No se debe trabajar en la proximidad de líneas eléctricas que conduzcan corrientes de alta tensión y , además, se cumplirán todas las disposiciones generales que sean de aplicación de la Ordenanza de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL.

- Casco de polietileno certificado.

- Botas de seguridad.

- Botas de goma.

- Guantes de cuero impermeabilizados.

- Guantes de goma o P.V.C.

- Cinturón de seguridad.



9.2. CUBIERTAS PLANAS.

RIESGOS MÁS FRECUENTES.

- Caída de personas a distinto nivel.
- Caída de personas al mismo nivel.
- Caída de objetos a niveles inferiores.
- Sobreesfuerzos.
- Quemaduras (sellados, impermeabilizaciones en caliente)
- Golpes o cortes por manejo de herramientas manuales.

MEDIDAS PREVENTIVAS A ADOPTAR.

- * Todos los huecos de la cubierta permanecerán tapados con madera clavada al forjado, hasta el inicio de su cerramiento definitivo, se descubrirán conforme vayan a cerrarse.
- Se establecerán “camino de circulación” sobre las zonas en proceso de fraguado, o endurecimiento, formados por una anchura de 60 cm.
- Los acopios de material bituminoso se repartirán en cubierta, evitando las sobrecargas puntuales.
- El pavimento de la cubierta se izara sobre plataformas emplintadas empaquetadas según son servidos por el fabricante, perfectamente apilados y nivelados los paquetes y atado el conjunto a la plataforma de izado para evitar derrames durante el transporte.
- * En todo momento se mantendrá limpia y libre de obstáculos que dificulten la circulación o los trabajos, la cubierta que se ejecuta.
- * Los plásticos, cartón, papel y flejes, procedentes de los diversos empaquetados, se recogerán inmediatamente que se hayan abierto los paquetes, para su eliminación posterior.
- No se debe trabajar en la proximidad de líneas eléctricas que conduzcan corrientes de alta tensión y , además, se cumplirán todas las disposiciones generales que sean de aplicación de la Ordenanza de Seguridad e Higiene en el Trabajo.



EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL.

- Casco de polietileno certificado.
- Botas de seguridad.
- Botas de goma.
- Guantes de cuero impermeabilizados.
- Guantes de goma o P.V.C.
- Cinturón de seguridad.

* Además para la manipulación de betunes y asfaltos en caliente se utilizarán:

Botas de cuero, Polainas de cuero, Mandiles de cuero, Guantes de cuero impermeabilizados.

9.3. POLIURETANO PROYECTADO.

Es necesario respetar en todo momento la legislación vigente en materia de seguridad e higiene en el trabajo y especialmente las recomendaciones dadas por los fabricantes de materias primas sobre el manejo de sus productos.

Los operarios encargados de la proyección tienen que utilizar los siguientes EPIs: mono completo de vinilo con nivel 3 de protección (estanqueidad), guantes y botas de PVC, máscara con filtro para gases y vapores de tipo E3-P3SL, y caperuza de protección de la cabeza.

En caso de derrame de productos no se debe intentar limpiar con agua sino que habrá que absorberlos mediante arena, serrín o tierra. Esta recomendación cobra mayor relevancia con los isocianatos (M.D.I.).

Debe tenerse especial cuidado para no producir llamas o chispas cerca de la espuma, pues es un producto que arde en presencia de llamas o chispas.

Los residuos no son tóxicos, no requiriendo ningún tratamiento especial.

9.4. LANAS MINERALES.

Para trabajar con las lanas minerales es conveniente el uso de gafas y guantes, porque son materiales que al cortarlos o manejarlos pueden desprender un polvillo que pica bastante en el cuerpo. En caso de que este polvillo se introduzca en los ojos es conveniente aclararlos con agua abundantemente o consultar a un médico.



9.5. PANELES SÁNDWICH.

RIESGOS MÁS FRECUENTES.

- Cortes.
- Deslizamientos o resbalones (caídas al mismo nivel).
- Proyecciones en los ojos (al cortarlos).
- Caídas de altura.
- Golpes.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL.

- Guantes de protección.
- Calzado de seguridad.
- Gafas de seguridad antiproyecciones.
- Cinturón/ arnés de seguridad conectado a "punto fuerte".
- Casco de seguridad certificado.



10. CRITERIOS PRESUPUESTARIOS¹.

Los materiales aislantes térmicos se suelen medir dentro de un precio unitario compuesto o de mayor orden, formando parte de una actividad. La unidad habitual de medición de los aislantes es el m² en materiales corrientes. La norma **NTE-Cubiertas** establece unos criterios de valoración que son recomendables, así que voy a exponerlos a continuación.

10.1. AZOTEAS NO TRANSITABLES.

10.1.1. Criterio de medición.

Especificación	Unidad de medición	Forma de medición
QAN-6 Faldón sobre tabiquillos y membrana autoprottegida-E.L	m ²	Superficie total ejecutada en proyección horizontal
QAN-7 Faldón sobre tabiquillos y gravilla-E.L	m ²	Superficie total ejecutada en proyección horizontal

10.1.2. Criterio de valoración.

La valoración de cada especificación se obtiene sumando los productos de los precios unitarios, correspondientes a las especificaciones recuadradas que la componen, por sus coeficientes de mediciones sustituidos los parámetros por sus valores numéricos en centímetros, siendo H la altura media del faldón.

En los precios unitarios irán incluidos, además de los conceptos que se expresan en cada caso, la mano de obra directa e indirecta, incluso obligaciones sociales y parte proporcional de medios auxiliares.

La valoración dada se referirá a la ejecución material de la unidad completa terminada.

10.1.3. Especificaciones.

■ QAN-6 Faldón sobre tabiquillos y membrana autoprottegida-E.L.H

Incluso extendido de imprimador y oxiasfalto; colocación de capa aislante y membrana impermeabilizante.

¹ MOPT. Normas Tecnológicas de la Edificación. NTE. Cubiertas. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. 1992



Unidad	Precio unitario	Coficiente de medición
Kg	QAT-8	0,5
Kg	QAT-5	1,5
m ²	PTL-6	H/50
m ²	QAN-3	1
m ²	PTL-8	1
m ²	PTL-9	1
m ²	RPE-18	1
m ²	QAN-5	1

■ QAN-7 Faldón sobre tabiquillos y gravilla-E.L.H

Incluso extendido de imprimador y oxiasfalto; colocación de capa aislante y membrana impermeabilizante; extendido de gravilla.

Unidad	Precio unitario	Coficiente de medición
Kg	QAT-8	0,5
Kg	QAT-5	1,5
m ²	PTL-6	H/50
m ²	QAN-3	1
m ²	PTL-8	1
m ²	PTL-9	1
m ²	RPE-18	1
m ²	QAT-10	1
m ²	RPE-17	1
m ²	EFH-3	0,03

10.2. AZOTEAS TRANSITABLES.

10.2.1. Criterio de medición.

Especificación	Unidad de medición	Forma de medición
QAT-13 Faldón sobre tabiquillos	m ²	Superficie total terminada en proyección horizontal

10.2.2. Criterio de valoración.

La valoración de cada especificación se obtiene sumando los productos de los precios unitarios, correspondientes a las especificaciones recuadradas que la componen, por sus coeficientes de medición E y F en cm. y S en cm².



En los precios unitarios irán incluidos, además de los conceptos que se expresan en cada caso, la mano de obra directa e indirecta, incluso obligaciones sociales y parte proporcional de medios auxiliares.

La valoración dada se referirá a la ejecución material de la unidad completa terminada.

10.2.3. Especificaciones.

■ QAT-13 Faldón sobre tabiquillos-E

Incluso colocación de manta de fibra mineral y membrana impermeabilizante, enlechado y limpieza del solado.

Unidad	Precio unitario	Coefficiente de medición
m ²	QAT-5	1
m ²	PTL-6	E/50
m²	QAT-3	1
m ²	PTL-8	1
m ²	PTL-9	1
m ²	RPE-18	1
m ²	QAT-10	1,07
m ²	RPE-17	1
m ³	RPE-3	0,025
m ²	RSB-10	1

10.3. TEJADOS DE FIBROCEMENTO.

10.3.1. Criterio de medición.

Especificación	Unidad de medición	Forma de medición
QTF-33 Aislamiento térmico colocado-λ.E	m ²	Superficie realmente ejecutada

10.3.2. Criterio de valoración.

La valoración de cada especificación se obtiene sumando los productos de los precios unitarios, correspondientes a las especificaciones recuadradas que lo componen, por sus coeficientes de medición, sustituido el parámetro D por su valor en cm.

En los precios unitarios irán incluidos, además de los conceptos que se expresan en cada caso, la mano de obra directa e indirecta, incluso obligaciones sociales y parte proporcional de medios auxiliares.

La valoración dada se referirá a la ejecución material de la unidad completa terminada.



10.3.3. Especificaciones.

■ QTF-33 Aislamiento térmico colocado-λ.E

Incluso perfiles ligeros de rigidización.

Unidad	Precio unitario	Coficiente de medición
m ²	QAN-3	1

Siendo QAN-3: *Capa de aislamiento térmico. Aislamiento en manta o plancha rígida de espesor E en mm y coeficiente de conductividad térmica λ en kcal/hm °C según documentación técnica.*

10.4. TEJADOS GALVANIZADOS.

10.4.1. Criterio de medición.

Especificación	Unidad de medición	Forma de medición
QTG-8 Faldón de panel-K. P. S. Tipo. Protección.	m ²	Superficie realmente ejecutada

10.4.2. Criterio de valoración.

La valoración de cada especificación se obtiene sumando los productos de los precios unitarios, correspondientes a las especificaciones recuadradas que la componen, por sus coeficientes de mediciones sustituidos los parámetros por sus valores numéricos en centímetros.

En los precios unitarios irán incluidos, además de los conceptos que se expresan en cada caso, la mano de obra directa e indirecta, incluso obligaciones sociales y parte proporcional de medios auxiliares.

La valoración dada se referirá a la ejecución material de la unidad completa terminada.

10.4.3. Especificaciones.

■ QTG-8 Faldón de panel- K. P. S. Tipo. Protección.

Unidad	Precio unitario	Coficiente de medición
m ²	QTG-6	1

NOTA: Si no se recuerdan ciertas especificaciones por su código consultar NTE-Cubiertas dentro del tipo de cubierta específica.



11. ASPECTOS VARIOS DE INTERÉS¹.

Abordar este Proyecto Fin de Grado supone, entre otros, la búsqueda de información desde distintos puntos de vista, como por ejemplo: conocimiento de los tipos de aislantes más habituales, tipos de cubiertas, y por supuesto, la ejecución y puesta en obra de los mismos.

Si bien ya se han expuesto muchos aspectos, he creído conveniente incluir en este apartado aspectos varios que pueden resultar de interés para el Director de la Ejecución Material de la Obra.

11.1. REQUISITOS DE UN AISLANTE TÉRMICO PARA CUBIERTA INCLINADA (BAJO TEJA).

Como requisitos generales, y aparte de sus prestaciones térmicas, el aislante térmico y la solución en que se integre tendrá:

- Resistencia mecánica a largo plazo, con un suficiente margen de seguridad, ante las cargas de toda índole a que se verá sometido, amén de las agresiones mecánicas que pueda sufrir durante el manejo en obra. Así se asegura que el aislante mantendrá su integridad física, incluido su espesor “e”, al cual, como se sabe, es proporcional la resistencia térmica, “R” ($R = e/\lambda$).

Ejemplos de cargas y esfuerzos mecánicos son las cargas gravitatorias del tejado propiamente dicho (tejas y mortero de agarre), de uso y de nieve, además del viento y la erosión que eventualmente pueda causar el aire de ventilación o microventilación.

- Insensibilidad a la humedad, para que así no se alteren las propiedades térmicas originales del aislante (la conductividad térmica, “ λ ”, aumentaría, con lo que “R”, que es inversamente proporcional, disminuiría).

Ejemplos de agresiones en cubiertas inclinadas asociadas a la humedad:

- **heladas**, lo que lleva a un aislante que resista los ciclos hielo-deshielo, de modo que la absorción de agua sea mínima.

- **condensaciones intersticiales** consecuencia del flujo de vapor por difusión a través de la cubierta (del interior al exterior). El requisito para el material aislante es que tenga una elevada resistividad a la difusión del vapor, con el objeto de reducir al máximo el riesgo de humedad acumulada por condensación.

¹ Información e imágenes obtenidas en la web dow.com/iberica/es



11.2. REQUISITOS DE UN AISLANTE TÉRMICO PARA CUBIERTA INVERTIDA.

Una cubierta invertida implica una exposición del aislamiento térmico al agua procedente de lluvia, y una situación que lo somete a duras condiciones, sin que por ello pueda perder su eficacia.

Necesariamente el aislante para una cubierta invertida debe tener las siguientes características, y así queda determinado en los diversos “Agreement” europeos (Documentos de Idoneidad Técnica) que siguen las directrices de la UEAtc (Unión Europea para el Agreement técnico en la construcción):

- **mínima absorción de agua por inmersión**, de modo que conserve todas sus características térmicas y mecánicas en contacto con el agua. Tomando como referencia los ensayos de absorción de agua (p. ej, el ensayo a largo plazo UNE EN 12087) se considera un límite superior de 0.7% de absorción –en volumen-.

- **resistencia a los ciclos de hielo-deshielo**. Igualmente, a partir de los ensayos habituales (p. ej. UNE EN 12091) se considera un límite superior de 1 % de absorción –en volumen-.

- **resistencia mecánica** al manejo para su instalación y a las cargas a que se vea sometido durante y después de su instalación. Se toma como referencia admitida un valor de resistencia a compresión (según ensayo UNE EN 826) no inferior a 300 kPa (3 kp/cm²), debiéndose aplicar a dicho valor “a corto plazo” un factor de seguridad para delimitar la deformación a largo plazo bajo carga permanente o fluencia (según método de ensayo recogido en UNE EN 1606) a un máximo del 2%.

Estas tres propiedades además de que tenga un 98% de célula cerrada, una elevada resistencia a la difusión del vapor –factor $\mu= 100$ a 200- con límite superior entre 3 y 5 % en volumen, que sea imputrescible, que posea una baja conductividad térmica, de hasta 0.029 W/(m·°C), o que tenga una reacción al fuego (según la norma UNE EN 13501-1) correspondiente a la **Euroclase E**, hacen que entre los materiales de aislamiento térmico sólo el poliestireno extrudido (XPS) posea a la vez todas las propiedades reseñadas. Puede ocurrir que otros materiales aislantes satisfagan eventualmente alguna de las propiedades anteriores, pero nunca todas a un tiempo, como las planchas de poliestireno extrudido (XPS).

11.3. REQUISITOS DE UN AISLANTE TÉRMICO PARA TECHOS DE NAVES AGROPECUARIAS.

Como requisitos generales, y aparte de las prestaciones térmicas, el aislante térmico tendrá:

- ♦ *insensibilidad a la humedad* (no pudriéndose incluso en medios agresivos como, por ejemplo, amoníaco).



- ◆ *alta resistividad a la difusión del vapor.*
- ◆ *continuidad*, evitando así puentes térmicos.
- ◆ *rigidez a flexión suficiente* para soportar sin deformación excesiva los vanos entre fijaciones a la estructura del techo.
- ◆ *estabilidad dimensional suficiente.*
- ◆ *nulo valor nutritivo para roedores, insectos, etc.*
- ◆ *clase de reacción al fuego Euroclase E* (según norma UNE EN 13501-1).
- ◆ *comportamiento térmico independiente de daños superficiales.*
- ◆ *aspecto agradable.*

11.4. CONTROL DE LAS CONDENSACIONES EN CUBIERTAS INCLINADAS.

En una cubierta inclinada o tejado, el control de las condensaciones es crucial para el buen funcionamiento y durabilidad de las tejas.

Instalar un aislamiento bajo teja con una elevada resistividad a la difusión del vapor, como las planchas de XPS ($\mu= 100-200$), es un modo efectivo y sencillo de evitar condensaciones que puedan afectar a las tejas.

Las condensaciones en cubierta inclinada se controlan también mediante:

- **ventilación del espacio bajo teja.** El sistema de cubierta inclinada con planchas de XPS bajo rastreles permite que haya una completa ventilación cruzada al disponer dos órdenes de rastreles (en las dos direcciones perpendiculares, es decir, la línea de máx. pendiente y la de cumbre).

- **microventilación bajo teja.** Queda claro que con las planchas XPS bajo rastreles se consigue una ventilación completa. En el caso de las planchas XPS sobre soporte inclinado sólo cabe hablar de microventilación como tal, y es la que dan básicamente las tejas con su forma curva o mixta (y la disposición adecuada de tejas de ventilación).

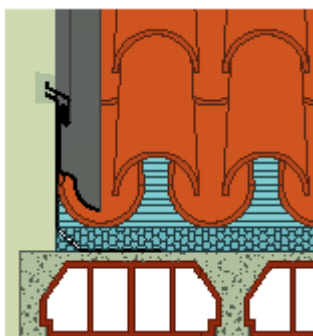


Imagen 11.1. Detalle del encuentro entre el faldón de cubierta inclinada y el cerramiento. Colocación de babero.

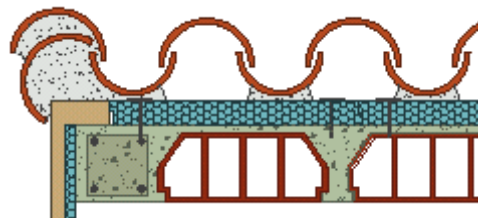


Imagen 11.2. Detalle del remate lateral en cubierta inclinada.

Si fuera necesario una mayor microventilación (teja plana o circunstancias especiales de proyecto), siempre es factible la formación de una cámara de aire en 20 mm de espesor mediante un orden de rastreles fijados a la superficie acanalada de las planchas de XPS (o bien directamente con rastreles, o con cordones de mortero, o bien con rastrel propiamente de madera fijado a las planchas con mortero). Para que la microventilación sea efectiva, se recomienda interrumpir el cordón o rastrel cada 2 metros aproximadamente.

- En las fotografías siguientes se puede ver como primero se fijan las planchas de XPS al tresbolillo con las acanaladuras paralelas a la cumbrera con fijaciones especiales, y después se fijan las tejas con pelladas o cordones de mortero que se adhieren perfectamente a las planchas debido a las acanaladuras.



Imágenes 11.3, 11.4, y 11.5 Detalle de la colocación de las planchas de XPS, y de las tejas planas con cordón de mortero, así como el resultado final.

- **barrera de vapor eventualmente formada por una impermeabilización de seguridad bajo el aislamiento térmico**, al modo de un sistema de cubierta plana invertida, ahora ampliado a la cubierta inclinada. El resultado es que se elimina virtualmente cualquier riesgo de condensación intersticial, ya que la membrana-barrera de vapor se mantiene caliente y muy por encima del punto de rocío, al estar protegida por el aislamiento térmico.



11.5. IMPERMEABILIZACIÓN EN CUBIERTAS INCLINADAS.

Hay 3 aspectos complementarios relativos a impermeabilidad/ permeabilidad:

- el primero y más evidente es la **impermeabilidad de la cubierta ante lluvia, granizo y nieve.**

En cubierta inclinada se consigue con la superposición de las tejas, con inclinación y solapes adecuados en función del material, tipo de encaje, mayor o menor exposición etc.

Pero las tejas pueden romperse o deslizarse, es por ello que hay un interés creciente en contar con una impermeabilización de seguridad bajo las tejas.

En el caso de las planchas de XPS, es especialmente conveniente la solución consistente en impermeabilizar bajo ellas como una cubierta invertida, con láminas asfálticas autoadhesivas a dos caras.

Al ser autoadhesivas por las dos caras:

- se adhieren al soporte sin necesidad de soplete, lo que facilita la instalación. Según el tipo de soporte puede requerirse una imprimación previa y, eventualmente, un precalentamiento de la lámina, dependiendo de la climatología local (temperatura, humedad, viento, etc.).

- gracias a su cara superior también autoadhesiva, permiten colocar las planchas de XPS sin necesidad de fijación mecánica alguna. Por tanto cubren una doble función de impermeabilidad y fijación del aislamiento.

- el segundo es **la permeabilidad al vapor de agua y el riesgo asociado de condensación dentro del cerramiento**, en particular bajo las tejas, en su reverso, por la degradación que puede conllevar para las tejas (ver apartado anterior "control de las condensaciones en cubiertas inclinadas).

- por último se tiene **la permeabilidad al aire exterior.**

El objetivo aquí es la impermeabilidad total de los cerramientos en sus partes opacas respecto al aire exterior, no respecto a la difusión de gases a través del cerramiento, sobre todo el vapor de agua que se puede reducir pero no anular.

Si los cerramientos fueran permeables, el control de la renovación del aire se haría imposible, y las pérdidas de calor excesivas. Ese control se debe hacer mediante las carpinterías.



La permeabilidad al aire exterior es nula en los faldones que están contruidos mediante un forjado o con una capa de compresión sobre rasillón, pero no en las cubiertas inclinadas de estructuras ligeras; impermeabilización que se puede conseguir con las ya citadas láminas asfálticas autoadhesivas a dos caras que forman un sellado continuo sobre toda la superficie del faldón, impidiendo así infiltraciones del aire exterior.

11.6. IMPERMEABILIZACIÓN EN CUBIERTAS PLANAS.

Gracias a la protección que la cubierta invertida aporta a la membrana impermeabilizante, puede admitirse cualquier solución de impermeabilización usada en cubierta convencional, obteniéndose, para una misma membrana impermeabilizante, mayor durabilidad.

Cuando se prevea la instalación de una lámina sintética de PVC, se consultará al fabricante de la lámina la posible incompatibilidad entre la formulación concreta de la lámina y el XPS. Habitualmente será suficiente plantear una capa de separación tipo geotextil del gramaje adecuado.

Como incompatibilidades conocidas, no son aceptables láminas de impermeabilización que contengan disolventes y puedan emitirlos durante o después de la instalación de las planchas aislantes de poliestireno extrudido (XPS). Asimismo no es aceptable ninguna impermeabilización a base de alquitrán.

11.7. CONTROL DE LAS CONDENSACIONES EN CUBIERTAS PLANAS.

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

Si la protección pesada es “abierta” a la difusión del vapor, se logra el control óptimo, al contarse sólo con una capa impermeable en toda la sección de la cubierta, sin que se llegue a formar una “trampa” entre dos capas (como ocurre en la cubierta convencional con barrera de vapor e impermeabilización) donde quede atrapada humedad que condense y deteriore los materiales.

Hay que resaltar que cuanto mayor sea la resistividad al vapor de agua de un material aislante, menor será el riesgo de condensación. Las planchas de XPS presentan, la resistividad más elevada de los aislantes más habituales en construcción (factor $\mu = 100$ a 200 , según espesor de plancha).



11.8. IMPORTANCIA DE LA POSICIÓN DEL AISLAMIENTO TÉRMICO EN LA CUBIERTA INCLINADA.

En el caso de una cubierta inclinada, la posición del aislamiento es clave, además de para determinar el aprovechamiento del bajo cubierta, y también de la inercia térmica de la propia cubierta. En caso contrario se presentan algunos inconvenientes:

- Aislar la cubierta por el interior o, igualmente, con bovedillas aislantes, impide aprovechar la masa térmica formada por el forjado de cubierta –entre 200 y 300 kg/m², con un calor específico de 0.2 kcal/(kg °C).
- Por otro lado, las bovedillas aislantes pueden originar condensaciones superficiales y suciedad en correspondencia con las viguetas del forjado, si éstas no están aisladas, siendo entonces fuertes puentes térmicos.
- La típica cubierta fría que dispone el aislante térmico entre los tradicionales tabiques palomeros, tiene como inconveniente el no poder aprovechar como plenamente habitable el espacio bajo cubierta. Así, muchas casas mantienen férreamente una altura libre interior igual por todas partes (previsiblemente en 2.50 m.), perdiendo la atractiva posibilidad de dimensiones en altura generosas y variadas.

Esta última cubierta inclinada con cámara, suele plantearse sin aislamiento térmico de ningún tipo, pues se confía a la ventilación de la cámara, lo cual es parcialmente cierto en *verano*, siempre y cuando se compruebe la auténtica efectividad de ésta, examinando el número y posición de las aberturas, no siempre correcto, por no mencionar tantas tejas de ventilación que no ventilan la cámara (se colocan sobre faldones totalmente ciegos), con lo cual sólo se favorece una “microventilación” bajo las tejas, necesaria, según tipo de teja y condiciones climáticas, a efectos de favorecer la “transpiración” de las tejas evitando acumulación de humedad. En *invierno* es totalmente incierto ya que la resistencia térmica de una cámara NO ventilada (NBE-CT 79) es aproximadamente entre 5 y 10 veces menor de la resistencia proporcionada por los aislantes térmicos. Si es ventilada su resistencia será aún menor (entre 10 y 20 veces menos, para cámaras medianamente ventiladas).

11.9. EL PASO DE LA CUBIERTA PLANA TRADICIONAL A LA CUBIERTA PLANA INVERTIDA.

La cubierta plana tradicional o convencional presenta una serie de efectos perniciosos para el sistema de impermeabilización, ya que, al instalar la membrana de impermeabilización por encima del aislamiento, queda sometida a:

- ♦ “**choque**” **térmico**, tanto diario como estacional/ anual.
- ♦ **daños mecánicos**, en particular durante la obra.



◆ **degradación por radiación ultravioleta.**

◆ **degradación** (también del aislamiento) **por humedad atrapada bajo la impermeabilización**, procedente de lluvia durante la instalación, de la propia humedad de los materiales de construcción, o de condensación intersticial.

En la cubierta plana invertida, al “invertir” las posiciones convencionales de impermeabilización y aislamiento térmico, colocando el aislante sobre la impermeabilización, la durabilidad de cualquier impermeabilización aumenta notablemente al suprimir del todo los efectos perjudiciales mencionados.

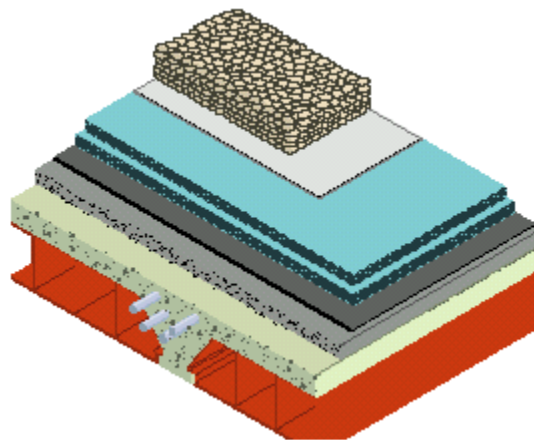


Imagen 11.6. Detalle del orden de colocación de los diferentes elementos en la cubierta plana invertida. Colocación del aislamiento térmico sobre la impermeabilización. En este caso se termina la cubierta, con la colocación de un geotextil de gramaje adecuado, y grava seleccionada.

Además el aislamiento térmico de una cubierta invertida:

- dado que la impermeabilización está situada bajo el aislamiento térmico, es decir, en su “cara caliente”, **cumple también el papel de barrera de vapor**, con lo que, en vez de haber dos capas impermeables como ocurre en la cubierta convencional (y el aislante entre medias), con el riesgo de degradación por humedad atrapada entre ambas capas, hay una sola capa impermeable con doble función.

- **puede ser instalado bajo cualquier condición meteorológica, lo que implica rapidez de ejecución.**

- **requiere una mínima incidencia de mano de obra** gracias a la sencillez y rapidez de colocación.



- **facilita el acceso a la impermeabilización en caso de reparación y, en todo caso, reduce su mantenimiento.**

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

11.10. AISLAMIENTO TÉRMICO DE NAVES AGROPECUARIAS.

El aislamiento térmico en este caso particular representa un sustancioso ahorro de energía (combustible), reduciendo costos considerablemente.

La gran importancia viene dada por qué la transmisión térmica a través del techo de una nave representa aproximadamente el 70% del total de intercambio energético de la nave con el ambiente exterior. Un buen aislamiento térmico del techo puede reducir entre 10 y 20 veces las pérdidas invernales y las ganancias estivales en la típica nave con cubierta de fibrocemento.

Asimismo, en las instalaciones agropecuarias se consigue una mayor productividad, como consecuencia del más preciso control de las condiciones higrotérmicas necesarias para la segura protección y conservación de los productos o equipos almacenados, o para el bienestar del ganado estabulado, lo que aumenta la producción y el engorde.



12. ANÁLISIS DE LAS PATOLOGÍAS MÁS USUALES EN CUBIERTAS REFERENTES AL AISLAMIENTO TÉRMICO¹.

Del estudio de las lesiones en las cubiertas se pueden aprender o descubrir fallos derivados de la mala ejecución, de un diseño defectuoso, o de un uso inadecuado del aislante, así como de no cumplir ciertas precauciones en su uso. A continuación voy a comentar algunas de estas cuestiones respecto de casos concretos que se han dado.

12.1. LESIONES DEBIDAS A LA HUMEDAD, A CAUSA DE ESTAR MOJADO EL AISLAMIENTO TÉRMICO DE UNA CUBIERTA AISLANTE.

- La posición de la barrera de vapor con respecto al hormigón ligero como capa térmicamente aislante a veces no es la correcta. También es muy importante comprobar que la barrera de vapor no se encuentre agrietada.

- Otro de los defectos que se pueden encontrar es el colocar el aislante térmico húmedo, lo cual puede producir burbujas de vapor de agua por efecto de las radiaciones solares, llevando en numerosas ocasiones a la apertura de fisuras en la capa superior de la cubrición. También algunas veces se hace notar la falta de una capa superior de absorción de tensiones. En todo caso las fisuras harán que la humedad siga penetrando en el aislamiento térmico no solucionándose el problema. Las lesiones por colocar el aislante húmedo pueden tener mayor o menor trascendencia, además dependiendo del tipo de aislante que se coloque, pues es conocido que el corcho es capaz de absorber hasta un 90% de su volumen de humedad llegando así a poder absorber hasta 45 litros de agua por metro cuadrado.

12.2. ROTURA DE LA LÁMINA EXTERIOR DE LA CUBIERTA.

- Las capas de engravillado bien adherido son inadecuadas, al menos en las estructuras ligeras.

- La capa de espuma de poliestireno termoplástico (cubierta), no resiste al asfalto caliente (fundición de las planchas).

- La colocación de las placas aislantes debe hacerse a juntas encontradas, para que los movimientos térmicos no se produzcan en una línea continuada, sino que queden interrumpidos cada 50 ó 60 cm.

- La anchura de las juntas entre las placas aislantes no debe ser superior a la anchura admisible, porque sino el material impermeabilizante al calentarse en verano penetra en las juntas haciendo solidarias las placas. Los dos puntos anteriores junto con lo dicho ahora hacen que los cantos vivos de las placas de espuma de poliestireno extruido y su rigidez actúen como una cuchilla de afeitar, cortando la lámina exterior de la cubierta.

¹ Información obtenida en la web dow.com/iberica/es



- Las cubiertas ligeras con impermeabilización pegada en toda su superficie a una placa de espuma endurecida de poliuretano extrudido, son muy propensas a las lesiones a causa de la gran estabilidad de la superficie y de los cantos y a su gran peso específico.

- Las cubiertas con gravilla prensada no debieran emplearse nunca, especialmente si se colocan materiales aislantes más blandos, porque resulta casi imposible la comprobación de las lesiones.

- Muchas lesiones en terrazas se podrían evitar si en la zona de ventanas y puertas el aislamiento (lámina impermeabilizante) se doblara hacia arriba en unos 15 cm y se pegara bien.

12.3. LESIONES EN LA CAPA DE COBERTURA POR LA CONTRACCIÓN DE LAS PLACAS DE ESPUMA DE PLÁSTICO.

- Los plásticos, como todos los demás materiales de construcción, tienen unas características específicas de comportamiento, y así, en los materiales esponjosos se producen contracciones en el curso del tiempo. No es ésta una característica negativa esencial de este grupo de materiales. Basta con conocer este comportamiento y tenerlo en cuenta al colocarlos. Si se dedica más atención a la unión entre las distintas placas no se producirán defectos o lesiones. Los coeficientes de dilatación térmico lineal y el índice de contracción son distintos para cada uno de los materiales que forman la cubierta, tanto para la espuma de plástico, como para el hormigón y para los metales, acero y aluminio, que también desempeñan un papel en este campo. Todo esto conduce a que sea el proyectista y la dirección facultativa de la obra. los que deban tener en cuenta estos fenómenos para que sus efectos no produzcan lesiones.

- El efecto que producen las contracciones potenciadas por el movimiento térmico, se pueden evitar siempre que la colocación de las planchas este bien hecha, evitando por tanto lesiones en la capa de cobertura. No tiene sentido que las planchas se coloquen a tope, o canto con canto, pues la unión entre ellas no tiene, naturalmente, ninguna resistencia. Este tipo de unión también se produce si se dispone con rebajes deslizantes. Los movimientos térmicos y las contracciones no tropiezan con ninguna resistencia y se desarrollan sin impedimento hacia el interior de las placas. De esta manera, las juntas, muy abiertas, pueden acusarse por las lesiones. Una unión mediante adhesivos, o la colocación de una cinta adhesiva entre las placas de espuma de plástico, resulta poco adecuada, por lo que hay dar prioridad a la unión mecánica. Para ello se nos ofrece el sistema de engarce por medio de pliegues o ensambladuras.

- También se ha comprobado que las resistencias contra los movimientos de contracción y dilatación dependen de la densidad de las placas de espuma de poliestireno.



12.4. LESIONES EN LAS CUBIERTAS CUANDO SE UTILIZAN PERFILES DE CHAPA DE ACERO CON AISLAMIENTO DE ESPUMA.

La Hoja Informativa "Cubiertas metálicas con impermeabilización", indica que sobre los apoyos de las chapas metálicas perfiladas deben colocarse tiras de deslizamiento continuas de 33 cm de anchura (como mínimo), que deben quedar sueltas sobre el aislamiento térmico con objeto de evitar toda adherencia de estas zonas. Si no se sigue esta norma, la consecuencia inevitable es un fallo de la impermeabilización.

12.5. MANCHAS DE HUMEDAD EN EL INTRADÓS DE UN FORJADO DE CUBIERTA PLANA CON BARRERA DE HORMIGÓN.

- Al iniciarse su desarrollo, las cubiertas planas con barrera de hormigón, se construían preferentemente con sólo una capa de aislamiento térmico, aplicada como encofrado perdido en la cara inferior de la placa de hormigón de la cubierta. Aunque se recomendaba solamente un enlucido de yeso con alma textil y una pintura de dispersión, en algún edificio a la cara inferior se le aplicó un enlucido de material plástico, aplicando con espátula después una pintura normal, lo cual llevó a la aparición de manchas acentuadas en las juntas de las placas de aislamiento térmico.

- Lo que está claro es que la capa de aislamiento térmico colocada por la cara inferior del forjado en forma de espuma endurecida de poliestireno, exige un cierre total de las juntas para impedir el paso del vapor, evitando así que el aire normal de una habitación, que está húmedo, llegue sin impedimento a la placa de hormigón del forjado, que está fría, donde se enfría y desprende agua de condensación.

- Al iniciarse el desarrollo de las cubiertas planas con barrera de hormigón, se hicieron ensayos que indicaron que el revestimiento más adecuado del aislamiento térmico de poliestireno era el enlucido de yeso. Sobre todo, la principal ventaja de este material es que no se deforma plásticamente en los puntos vacíos, como son las juntas.



13. MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN EN CUBIERTAS.

Las cubiertas, al igual que otros elementos constructivos que componen la obra, están sujetas a un conjunto de acciones periódicas destinadas al mantenimiento y conservación de las mismas.

13.1. DOCUMENTO BÁSICO HS SALUBRIDAD DEL CTE.

Dada su conexión con el mantenimiento de las cubiertas he considerado de interés incluir algunos aspectos importantes del DB HS SALUBRIDAD del CTE. Concretamente referencias incluidas en las exigencias básicas HS 1 y HS 5.

13.1.1. Exigencia básica HS 1: Protección frente a la humedad.

Esta exigencia básica del CTE establece que **se limitará** el riesgo previsible de **presencia inadecuada de agua o humedad en el interior de los edificios y en sus cerramientos** como consecuencia del agua procedente de precipitaciones atmosféricas, de escorrentías, del terreno o de condensaciones, disponiendo medios que impidan su penetración o, en su caso permitan su evacuación sin producción de daños.

Dentro de este apartado el Código Técnico de la Edificación establece este tipo de operaciones de mantenimiento para los muros, suelos, fachadas y cubiertas. En concreto para las cubiertas se establecen el conjunto de operaciones de mantenimiento generales que acompaña en la **tabla 13.1.1.**

Tabla 13.1.1
Operaciones de mantenimiento generales¹.

Cubiertas	Limpieza de los elementos de desagüe (sumideros, canalones y rebosaderos) y comprobación de su correcto funcionamiento.	1 año ⁽¹⁾
	Recolocación de la grava	1 año
	Comprobación del estado de conservación de la protección o tejado	3 años
	Comprobación del estado de conservación de los puntos singulares	3 años
(1) Además debe realizarse cada vez que haya habido tormentas importantes		

Como se puede ver en la **tabla 13.1.1.** el CTE establece unas revisiones concretas anuales, y otras cada tres años. Eso sí, hace hincapié en que se deberá revisar la limpieza y el funcionamiento de los elementos de desagüe cada vez que haya tormentas importantes.

¹ Código Técnico de la Edificación. DB HS Salubridad. Tabla 6.1.



El CTE está sujeto a modificaciones y actualizaciones, las cuáles han permitido un mayor detalle de definición de estas operaciones de mantenimiento. A continuación, adjunto en este Proyecto, tablas específicas de este tipo de operaciones según el CTE, para cubierta de teja, cubierta tradicional transitable, y otras para componentes concretos de las cubiertas, como son: láminas autoprotegidas, placas prefabricadas, fibrocemento, pavimento flotante y grava.

Tabla 13.1.2.
Operaciones de mantenimiento para cubiertas de teja¹.

Periodo	Elemento	Especificaciones
1 AÑO	Desagüe, sumideros, canalones y rebosaderos	Inspección, y correcto desagüe
3 AÑOS	Material de acabado	Inspección, roturas de piezas, grietas o fisuras
3 AÑOS	Puntos singulares	Inspección, fisuras, grietas y roturas
6 MESES	Canalones	Limpieza
1 AÑO	Alero canalón	Inspección, sujeción piezas
2 AÑOS	Tabiquillos	Inspección deformaciones de la estructura inclinada
5 AÑOS	Alero y cumbrera	Inspección, encuentros y sujeción de elementos

Revisiones CTE DB HS1-36

Como se puede apreciar en estas tablas, se establecen tres columnas. Una que fija el plazo máximo para realizar las operaciones de mantenimiento, otra central que indica el elemento o parte concreta de la cubierta sobre la que se realizan las mismas, y por último otra que específica concretamente el tipo de operaciones concretas a efectuar.

Tabla 13.1.3.
Operaciones de mantenimiento para cubiertas tradicionales transitables².

Periodo	Elemento	Especificaciones
6 MESES	Sumideros	Limpieza
6 MESES	Cazoletas y canalones	Limpieza
1 AÑO	Limahoyas	Inspección ocular
3 AÑOS	Limatesas	Inspección y estado de la impermeabilización
3 AÑOS	Encuentro del faldón y antepecho	Inspección, grieta o fisura horizontal y falta de impermeabilización
3 AÑOS	Borde libre	Inspección ocular
10 AÑOS	Junta de dilatación	Inspección, falta de sellado
1 AÑO	Elementos de desagüe, sumideros, canalones y rebosaderos	Inspección, y correcto desagüe
3 AÑOS	Material de acabado	Inspección, fisuras, grietas y roturas
3 AÑOS	Puntos singulares	Inspección, fisuras, grietas y roturas

Revisiones CTE DB HS1-36/HS5-21

¹ Revisiones CTE DB HS1-36

² Revisiones CTE DB HS1-36/HS5-21



Tabla 13.1.4.
Operaciones de mantenimiento para láminas autoprotegidas¹.

Periodo	Elemento	Especificaciones
1 AÑO	Elementos de desagüe, sumideros, canalones y rebosaderos	Inspección, y correcto desagüe
3 AÑOS	Material de acabado	Inspección, fisuras, grietas y roturas
3 AÑOS	Puntos singulares	Inspección, fisuras, grietas y roturas
6 MESES	Sumideros	Limpieza
6 MESES	Cazoletas y canalones	Limpieza
1 AÑO	Limahoyas	Inspección ocular
3 AÑOS	Limatesas	Inspección y estado de la impermeabilización
3 AÑOS	Encuentro del faldón y antepecho	Inspección, grieta o fisura horizontal y falta de impermeabilización
3 AÑOS	Borde libre	Inspección ocular
10 AÑOS	Junta de dilatación	Inspección, falta de sellado

Revisiones CTE DB HS1-36/HS5-21

Tabla 13.1.5.
Operaciones de mantenimiento para placas prefabricadas².

Periodo	Elemento	Especificaciones
3 AÑOS	Puntos singulares	Inspección
5 AÑOS	Hoja principal	Inspección grietas, fisuras, desplomes y deformaciones
10 AÑOS	Llagas y abertura de ventilación	Inspección y estado de limpieza
2 AÑOS	Paño ciego	Inspección humedades, grietas, fisuras y desconchamientos
10 AÑOS	Sellado de junta	Reposición

Tabla 13.1.6.
Operaciones de mantenimiento para fibrocemento³.

Periodo	Elemento	Especificaciones
1 AÑO	Elementos de desagüe, sumideros, canalones y rebosaderos	Inspección, y correcto desagüe
3 AÑOS	Material de acabado	Inspección, grietas o fisuras
3 AÑOS	Puntos singulares	Inspección, fisuras, grietas y roturas
6 MESES	Canalones	Limpieza
1 AÑO	Alero canalón	Inspección, sujeción de las piezas singulares
5 AÑOS	Alero y cumbrera	Inspección, encuentros y sujeción de elementos

Revisiones CTE DB HS1-36

¹ Revisiones CTE DB HS1-36/HS5-21

² Revisiones CTE DB HS1-36

³ Revisiones CTE DB HS1-36



Tabla 13.1.7.
Operaciones de mantenimiento para pavimento flotante¹.

Periodo	Elemento	Especificaciones
1 AÑO	Elementos de desagüe, sumideros, canalones y rebosaderos	Inspección, y correcto desagüe
3 AÑOS	Material de acabado	Inspección, fisuras, grietas y roturas
3 AÑOS	Puntos singulares	Inspección, fisuras, grietas y roturas
6 MESES	Sumideros	Limpieza
6 MESES	Cazoletas y canalones	Limpieza
1 AÑO	Limahoyas	Inspección ocular
3 AÑOS	Limatesas	Inspección y estado de la impermeabilización
3 AÑOS	Encuentro del faldón y antepecho	Inspección, grieta o fisura horizontal y falta de impermeabilización
3 AÑOS	Borde libre	Inspección ocular
10 AÑOS	Junta de dilatación	Inspección, falta de sellado

Tabla 13.1.8.
Operaciones de mantenimiento para grava².

Periodo	Elemento	Especificaciones
1 AÑO	Desagüe, sumideros, canalones y rebosaderos	Inspección, y correcto desagüe
1 AÑO	Grava	Recolocación
3 AÑOS	Puntos singulares	Inspección, fisuras, grietas y roturas
6 MESES	Sumideros	Limpieza
6 MESES	Cazoletas, canalones y paragrava	Limpieza
1 AÑO	Capa de grava	Inspección, insuficiente capa de grava (5cm min)
3 AÑOS	Limahoyas	Inspección ocular
3 AÑOS	Limatesas	Inspección por muestreo y estado de la impermeabilización
3 AÑOS	Encuentro del faldón y antepecho	Inspección, grieta o fisura horizontal y falta de impermeabilización
3 AÑOS	Junta de dilatación	Inspección por muestreo, falta de sellado

13.1.2. Exigencia básica HS 5: Evacuación de aguas.

Esta exigencia básica del CTE establece que los edificios dispondrán de medios adecuados para extraer las **aguas residuales** generadas en ellos de forma independiente o conjunta con las **precipitaciones atmosféricas** y con las **escorrentías**.

Concretamente para el correcto mantenimiento y conservación, el CTE establece las siguientes operaciones de mantenimiento:

¹ Revisiones CTE DB HS1-36/HS5-21

² Revisiones CTE DB HS1-36/HS5-21



1.- Para un correcto funcionamiento de la instalación de saneamiento, se debe comprobar **periódicamente la estanqueidad** general de la red con sus posibles fugas, la existencia de olores y el mantenimiento del resto de elementos.

2.- Se revisarán y desatascarán los **sifones y válvulas**, cada vez que se produzca una disminución apreciable del caudal de evacuación, o haya obstrucciones.

3.- Cada **6 meses** se limpiarán los **sumideros** de locales húmedos y cubiertas transitables, y los **botes sifónicos**. Los **sumideros y calderetas de cubiertas no transitables se limpiarán, al menos, una vez al año**.

4.- **Una vez al año** se revisarán los colectores suspendidos, se limpiarán las arquetas sumidero y el resto de posibles elementos de la instalación tales como pozos de registro, bombas de elevación.

5.- Cada **10 años** se procederá a la limpieza de **arquetas** de pie de bajante, de paso y sifónicas o antes si se apreciaran olores.

6.- Cada 6 meses se limpiará el separador de grasas y fangos si este existiera.

7.- Se mantendrá el agua permanentemente en los **sumideros**, botes sifónicos y sifones individuales para evitar malos olores, así como **se limpiarán los de terrazas y cubiertas**.

A continuación, adjunto al igual que en el apartado anterior, una tabla en el que se especifican este tipo de operaciones según el CTE para la red de saneamiento.

Tabla 13.1.9.
Operaciones de mantenimiento en la red de saneamiento¹.

Periodo	Elemento	Especificaciones
DIARIO	Sifones, bote sifónico y válvulas	Se mantendrán llenos de agua, y si se aprecia una disminución del caudal desaguado se limpiarán y desatascarán
6 MESES	Sumideros locales húmedos y cubiertas transitables	Limpieza/Inspección
6 MESES	Separador de grasas y fangos	Limpieza/Inspección
1 AÑO	Sumideros y calderetas de cubiertas no transitables	Limpieza/Inspección
1 AÑO	Colectores suspendidos, arquetas sumidero, pozos de registro y bombas	Limpieza/Inspección
10 AÑOS	Arquetas a pie de bajante, de paso y sifónicas	Limpieza/Inspección
1 AÑO	Sifones	Mantienen agua y no es arrastrada por las descargas de otros aparatos
6 MESES	Gomas de estanqueidad	Inspección olores
6 MESES	Imbornales	Inspección y limpieza

¹ Revisiones CTE DB HS1-36/HS5-21



Como se puede apreciar en esta tabla, se establecen tres columnas. Una que fija el plazo máximo para realizar las operaciones de mantenimiento, otra central que indica el elemento o parte concreta de la red de saneamiento sobre la que se realizan las mismas, y por último otra que especifica concretamente el tipo de operaciones concretas a efectuar.

13.2. PLAN DE MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN¹.

La función de la cubierta es la de **proteger el edificio**, aislándolo y evitando que las condiciones ambientales del exterior, y que inciden sobre ella, como viento, lluvia, granizo, nieve, calor, frío, contaminación acústica, polución, etc., puedan llegar al interior del mismo; por tanto la cubierta debe **impermeabilizar** y dotar de un determinado grado de **aislamiento térmico y acústico**, independientemente de la solución constructiva elegida (plana o inclinada, pesada o ligera...).

Hay que tener en cuenta que en la mayoría de las cubiertas inclinadas no se dispone de acceso físico, por lo que se tiene que acceder a un edificio próximo para poder tener acceso visual a la cubierta.

Para asegurar su **funcionalidad**, debería implantarse un **Plan de Mantenimiento/Conservación** para:

- Evitar la vegetación parásita o eliminarla si existe.
- Mantener el correcto funcionamiento de desagües y bajantes.
- Conservar en buen estado el material de protección o de acabado.
- Vigilar los elementos singulares (juntas, cumbreras, limas, etc.).
- Estanqueidad (comprobar filtraciones).
- Aislamiento térmico (comprobar su composición y cumplimiento).
- Aislamiento acústico (comprobar su composición y cumplimiento).
- Humedades por condensación (comprobar si se producen, pueden afectar a la durabilidad).
- Asegurar el cumplimiento del CTE-DB-HS (salubridad) y CTE-DB-HE (ahorro energético).

¹. Collado Espejo, Pedro E. *Curso Superior Universitario en Inspección Técnica de Edificios*. COATIEMU. 2012



13.3. MANTENIMIENTO RELATIVO A LOS PANELES SANDWICH (PUR)¹.

Para una buena conservación de los paneles es necesario distinguir dos fases:

Primera fase: Es aquella que concierne a la fase de montaje o instalación de los paneles.

Segunda fase: Es aquella relativa al uso de la fábrica o empresa sobre la cual los paneles han sido colocados.

■ PRIMERA FASE.

- Durante el montaje es necesario que no se dejen sobre las superficies prepintadas o galvanizadas virutas metálicas causados por el taladrado o corte de los paneles. Estos materiales deben ser removidos diariamente de las superficies junto con los clavos, remaches y tornillos.

- Se debe prestar particular atención en los aleros de los tejados o canales, con relación a los cortes y los accesorios de remate donde es fácil el depósito de las virutas metálicas.

- Otros puntos que se deben controlar son los lados internos de los canalones, en los cuales los desperdicios del trabajo se depositan y quedan escondidos.

- Controlar que durante las fases de montaje, no se coloquen cargas centradas sobre la cubierta que puedan provocar deformaciones permanentes o abolladuras.

- A fin de que los operarios no provoquen abolladuras, es necesario que utilicen zapatos livianos con suela de goma.

- En el montaje de las paredes que tienen la fijación a la vista, para evitar que los tornillos provoquen hundimientos sobre las superficies externas de los paneles, es necesario utilizar atornilladores con límite de profundidad.

■ SEGUNDA FASE.

Para mantener en el tiempo la funcionalidad de los productos y el aspecto estético de las superficies y para asegurar la durabilidad de la pintura, es necesario programar periódicas inspecciones a los productos realizando, cuando sea necesario, adecuadas intervenciones de mantenimiento. En particular, por lo que concierne a las cubiertas, es necesario realizar una inspección, al menos dos veces al año, preferiblemente en primavera y otoño, limitando el acceso a los techos para las inspecciones exclusivamente durante días de tiempo seco y a personal autorizado que utilice zapatos con suela mórvida.

¹ Información encontrada en la web *metecno.es* (Panel Glamet).



La intervención de mantenimiento será siempre necesaria en presencia de:

- Depósito sobre la cubierta de materiales de cualquier naturaleza (hojas, aglomerados de polvo, etc.), particularmente en los tejados y en las canales, que puedan crear obstáculo al regular flujo del agua llovediza. Como primera y urgente acción, es necesario remover los materiales extraños, prosiguiendo con una limpieza cuidadosa hasta hacer visible la superficie de los productos, esto para controlar que no se hayan presentado daños. Sucesivamente, proceder a un abundante lavado con agua, ayudándose con detergentes neutros no abrasivos. En los casos más difíciles, es posible ayudar la acción de lavado con cepillos muy suaves, controlando siempre con atención el aspecto de la superficie pintada.
- Depósito sobre la cubierta de sustancias agresivas provenientes de una atmósfera corrosiva. También las exhalaciones gaseosas de las chimeneas representan una fuente peligrosa de corrosión y las superficies limítrofes van por consiguiente inspeccionadas con mayor cuidado. En el caso de que se note inicio de corrosión, es necesario intervenir inmediatamente aplicando el ciclo de protección idóneo. Se deberá consultar al departamento técnico del proveedor de los paneles antes de proceder.
- Abrasiones o rasguños de la pintura provocados durante el montaje o por causas accidentales. Estos deberán ser protegidos de inmediato mediante un retoque.
- Presencia de puntos de óxido. En caso de presencia de óxido es necesario efectuar una limpieza preventiva, removiendo todo el óxido hasta que quede desnudo el metal, después aplicar una mano de imprimante epóxico bicomponente, y finalmente retocar con pintura apropiada tras consultar al departamento técnico del proveedor de los paneles.
- Pérdida de elasticidad y de la contención del agua de los sellos en las juntas y en las molduras. Se debe verificar las condiciones del sistema de impermeabilización e intervenir en forma adecuada después de haber identificado todos los puntos de filtración.
- Arreglo de las estructuras subyacentes y disminución de la fuerza de tensión de las fijaciones. En este caso proceder al apretamiento de los tornillos.
- Depósito sobre las paredes de sustancias agresivas presentes en la atmósfera industrial. Estas sustancias deben ser retiradas con chorros de agua, cuando se verifique que no es suficiente el agua lluvia. Si los chorros de agua no fueran suficientes para retirar las sustancias depositadas, es necesario recurrir a detergentes suaves y no abrasivos disueltos en agua.
- Depósito de los productos de naturaleza agresiva provenientes de la combustión en cercanía de chimeneas. Se deberá prestar particular atención en la inspección de estas zonas y en el caso que se note un inicio de corrosión, se debe intervenir de inmediato aplicando pinturas especiales idóneas.
- En los aleros del tejado y en las canales, la confluencia de los materiales que el viento o la atmósfera hayan depositado en las cubiertas. Para evitar que se deteriore el soporte metálico o que se obstruya el natural flujo de agua, proceder a un enérgico lavado.



NOTA: *Se deberá prestar atención en particular a las molduras montadas horizontalmente, donde frecuentemente se acumulan residuos sólidos provenientes de la atmósfera que deben ser siempre retirados.*

El mantenimiento de las paredes es análogo al de la cubierta.

Se deben efectuar controles sobre los cortes de la lámina efectuados en el campo para evitar y detener el proceso de corrosión por óxido.

Conviene repetir periódicamente cada 2 a 3 meses estos controles.



14. CONCLUSIONES.

Una vez realizado este Proyecto Fin de Grado he podido comprobar la gran importancia que tienen los aislantes térmicos en los edificios, así como su gran aplicación en un elemento constructivo vital como son las cubiertas de los mismos.

He podido conocer las propiedades fundamentales de los diferentes aislantes térmicos, las cuales les hacen idóneos para uno u otro tipo de cubierta. Así por ejemplo en cubiertas planas invertidas se emplean fundamentalmente las planchas de poliestireno extrudido, para cubiertas inclinadas es habitual el empleo de la espuma de poliuretano proyectada, y en cubiertas industriales los paneles sandwich PUR. En interiores son idóneos otros aislantes como las lanas minerales, y el poliestireno expandido.

También he podido comprobar la utilidad de los diferentes documentos del Proyecto de Ejecución que tratan las especificaciones tanto de las aislantes como de las cubiertas a ejecutar.

He considerado de interés conocer que comentaba la antigua norma básica NBE-CT 79 sobre el aislamiento térmico en las cubiertas. Muchos aspectos de esta norma se han trasladado al nuevo Código Técnico de la Edificación.

También he podido comprobar los cambios producidos en la normativa, en cuanto a la reacción de los materiales frente al fuego, y conocer las principales normas UNE que afectan a los aislantes térmicos, así como elaborar un listado de normativa de referencia que debe tener en cuenta el Director de la Ejecución Material de la Obra a la hora de realizar estos trabajos.

Me ha sido muy útil repasar como se ejecutan los diferentes tipos de cubiertas, así como la puesta en obra de los diferentes materiales, especialmente los aislantes térmicos.

El actual Código Técnico de la Edificación ha sido para mí la principal normativa de referencia en cuanto al control de recepción de los materiales, control de la ejecución, y control de finalización de los trabajos (obra terminada). Así mismo he podido contrastar la información incluida en la NTE Cubiertas con el actual CTE.

Otro aspecto de interés en el trabajo ha sido conocer los riesgos laborales presentes en la ejecución de los trabajos correspondientes al aislamiento térmico de las cubiertas, así como las medidas preventivas y equipos de protección individual más empleados.

También he considerado importante incluir cuáles son los criterios presupuestarios en el aislamiento térmico de las cubiertas, asimilar y plasmar algunos aspectos de interés que se me han presentado a la hora de realizar este Proyecto Fin de Grado, y analizar algunas de las patologías más usuales en cubiertas referentes al aislamiento térmico.



He adjuntado mediante Anexos cierta documentación que pueda facilitar la labor del Director de Ejecución Material de la Obra a la hora de ejecutar estos trabajos (documentación para el control de recepción de materiales, para el control de ejecución, y para el control de obra terminada, así como detalles constructivos).

Este Proyecto Fin de Grado está totalmente vinculado con muchas de las asignaturas cursadas en la titulación. Especialmente se encuentra vinculado a las asignaturas "Fundamentos de Materiales de Construcción", "Materiales de Construcción", "Construcción", "Proyectos Técnicos" y "Proyectos Fin de Grado". También lo está aunque en menor medida con las asignaturas "Presupuestos y Control Económico", "Prevención y Seguridad Laboral", "Geometría Gráfica", "Expresión Gráfica", "Metodología del Aprendizaje", "Instalaciones", "Calidad de la Edificación", "Fundamentos de Informática", y "Restauración, Rehabilitación, Reparación y Mantenimiento".

En definitiva con este Proyecto Fin de Grado he pretendido realizar un manual técnico, dónde el Director de la Ejecución Material de las obras, pueda consultar diferentes aspectos que tienen que ver con los trabajos relativos al aislamiento térmico de las cubiertas. He podido comprobar durante la realización de este Proyecto, que la información que existe en relación al mismo en la calle está muy dispersa, por lo que creo que puede ser de gran utilidad para cualquier agente de la edificación que se vea involucrado en este tipo de trabajos.

Lógicamente la normativa empleada ha sido la actual, por lo que este Proyecto Fin de Grado estará sujeto a una actualización periódica de la normativa.



15. BIBLIOGRAFÍA.

- AENOR. Productos de aislamiento térmico para construcción. Espuma rígida de poliuretano producida in situ por proyección. Parte 1: Especificaciones para los sistemas de poliuretano antes de la instalación. **UNE-EN 92120-1:1998/1M:2003**. Madrid. AENOR, 2003.
- AENOR. Productos de aislamiento térmico para construcción. Espuma rígida de poliuretano producida in situ. Parte 2: Especificaciones para el producto instalado. **UNE-EN 92120-2:1998/1M:2000**. Madrid. AENOR, 2000.
- AENOR. Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de lana mineral (MW). Especificación. **UNE-EN 13162:2002/AC:2006**. Madrid. AENOR, 2006.
- AENOR. Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de poliestireno expandido (EPS). Especificación. **UNE-EN 13163:2001**. Madrid. AENOR, 2002.
- AENOR. Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de poliestireno extruido (XPS). **UNE-EN 13164:2001/A1:2004**. Madrid. AENOR, 2004.
- AENOR. Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de espuma rígida de poliuretano (PUR). Especificación. **UNE-EN 13165:2001/A1:2004**. Madrid. AENOR, 2004.
- Broto, Carles. **Enciclopedia Broto de Patologías de la Construcción**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A., 2004. 1389 páginas. ISBN 8496424375.
- Castro, Carlos. **Los aislamientos térmicos en el Código Técnico de la Edificación (CTE)**. Dpto. Técnico de Dow Chemical Ibérica, S.L. (catálogo comercial).

- Catálogos comerciales varios:

Dow Chemical Ibérica, S.L.
C/ Ribera del Loira, 4-6 Pl. 4
28.042 Madrid
Email: www.dow.com/iberica/es

Knauf Insulation, S.L.
C/ La Selva 2
Edificio Géminis
Parque Empresarial Mas Blau
E-08820 El Prat de Llobregat
www.knaufinsulation.es

Isover Saint-Gobain
Paseo de la Castellana, 77
(Edificio Ederra)
28.046 - Madrid (España)
Email: www.isover.es

Danosa España
Factoría, Oficinas Centrales y Ctro.
Logístico
Polígono Industrial Sector 9
19290 Fontanar, Guadalajara
Email: www.danosa.com

Texsa S.A.
Polígono Llanos de Jerez 1
28.820 Coslada - Madrid
Email: www.texsa.com

Grupo Valero
P.I. Granadina
C/ Francia, 14
03349 San Isidro (Alicante)
Email: www.grupovalero.com

Metecno España S.A.
Polígono Industrial de Bayas, 107-110
Miranda de Ebro
09200 Burgos
Email: www.metecno.es

Metecno España S.A.
Polígono Industrial de Bayas,
107-110
Miranda de Ebro
09200 Burgos
Email: www.metecno.es

Sundolitt S.A.U.
Camino del Barco, s/nº
28.700 San Sebastián de los Reyes (Madrid)
Email: www.sundolitt.es



- Collado Espejo, Pedro E. **Curso Superior Universitario en Inspección Técnica de Edificios**. Murcia. COATIEMU. 2002.
- España. **RD 312/2005, de 18 de marzo, por el que se aprueba la clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia al fuego**. Boletín Oficial del Estado, 2 de Abril de 2005, núm. 79, p. 11318 a 11348.
- España. **RD 314/2006, de 17 de Marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación**. Boletín Oficial del Estado, 28 de Marzo de 2006, núm. 74, p. 11816 a 11831.
- España. **RD 1371/2007, de 19 de Octubre, por el que se aprueba el documento básico «DB-HR Protección frente al ruido» del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación**. Boletín Oficial del Estado, 23 de Octubre de 2007, núm. 254, p. 42992 a 43045.
- España. **Orden VIV/984/2009, de 15 de Abril, por la que se modifican determinados documentos básicos del Código Técnico de la Edificación aprobados por el Real Decreto 314/2006, de 17 de Marzo, y Real Decreto 1371/2007, de 19 de Octubre**. Boletín Oficial del Estado, 23 de Abril de 2009, núm. 99, Sec.I. p. 36395 a 36450.
- MOPT. **Normas Tecnológicas de la Edificación. NTE. Cubiertas**. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. 1992. (286 páginas. ISBN: 8474338093).
- MOPU. **NBE-CT79 Norma básica sobre condiciones térmicas en edificios**. Madrid. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. 1979.
- Pérez Navarro, Julián, Campillo Domínguez, Laura y Rosa Roca, Nuria. **Documentación del control de la obra en cumplimiento del CTE**. 3ª Edición. Murcia: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de la Región de Murcia. 2009. 262 páginas. ISBN: 978-84-89882-38-6.



ANEXO 1. DOCUMENTACIÓN PARA EL CONTROL DE RECEPCIÓN DE MATERIALES¹.

¹ Pérez Navarro, Julián, Campillo Domínguez, Laura y Rosa Roca, Nuria. **Documentación del control de la obra en cumplimiento del CTE**. 3ª Edición. Murcia: COAATIEMU. 2009



CR01 - DOCUMENTO DE PLANIFICACIÓN DEL CONTROL DE RECEPCIÓN DE MATERIALES. RELACION DE MÍNIMOS RECOMENDADOS.																
<p>En la siguiente tabla se especifica la documentación exigible a los materiales que se indican, (relación de mínimos).</p> <p>La documentación se clasifica en tres grupos: documentación de los suministros/documentos de origen, autorizaciones administrativas y documentos de conformidad), la referente a los distintivos de calidad y evaluaciones de idoneidad técnica (características técnicas) y la resultante de los ensayos realizados, en su caso. La columna referente a los Distintivos de Calidad, se ha dejado en blanco, por lo que habrá que comprobar si el material en cuestión, lo ostenta o no. Lo mismo ocurre con la columna de Ensayos y Partes de Control, que dependerá de si procede o no su realización. Una vez conseguido un documento se marca con X la casilla correspondiente (casillas en blanco). Las casillas sombreadas en gris, corresponden a documentos no exigibles, en cada caso.</p>																
CODIGO	MATERIAL	DOCUMENTACION DE LOS SUMINISTROS								EVALUACIONES DE IDONEIDAD TECNICA		PARTES DE CONTROL DE RECEPCION (SI PROCEDR)				
		DOCUMENTOS DE ORIGEN		AUTORIZACIONES ADMINISTRATIVAS				DOCUMENTOS DE CONFORMIDAD		DIT	DAU					
		HOLA DE SUMINISTRO	RTOURTADO	CERTIFICADO GARANTIA	FABRICANTE	MARCADO CR	DECLARACION	CR	CERTIFICADO	CR	DITR	(1) (2) (3) (4)	(5) (6) (7) (8)	(9) (10) (11) (12)	ENSAYOS (SI PROCEDR)	DISTINTIVOS DE CALIDAD (SI PROCEDR)
M02	COMPONENTES PARA MORTEROS Y HORMIGONES															
M02.1	Cementos comunes															
M02.2	Aridos y filleres, de materias naturales, artificiales o reciclados, para hormigones. filleres para cementos.															
M02.3	Aridos ligeros y aridos ligeros filler, de materiales naturales, artificiales o reciclados, para hormigones, morteros e inyectados.															
M02.4	Aridos y filleres, de materias naturales, artificiales o reciclados, para morteros de albanileria, pavimentos, revestimientos interiores, enfoscados exteriores, cimentacion, reparaciones y pastas.															
M02.7	Cemento de albanileria para mortero de colocacion de ladrillos, bloques, revocos y enlucidos															



CODIGO	MATERIAL	DOCUMENTACION DE LOS SUMINISTROS								EVALUACIONES DE IDONEIDAD TECNICA		DISTINTOS DE CALIDAD (SI PROCEDE)	ENSAYOS (SI PROCEDE)	PARTES DE CONTROL DE RECEPCION (SI PROCEDE)	
		DOCUMENTOS DE ORIGEN		AUTORIZACIONES ADMINISTRATIVAS				DOCUMENTOS DE CONFORMIDAD		DIT	DAU				
		HOLA DE SUMINISTRO	RTORITADO	CERTIFICADO GARANTIA	MARCADO CR	DECLARACION CR	CERTIFICADO CR	DITR	CERTIFICADO	(1) (2) (3) (4)	(5) (6) (7) (8)	(9) (10) (11) (12)			
M02.8	Aditivos retardadores y plastificantes para morteros de cemento, en albañilería y hechos in situ														
M02.11	Cenizas volantes silíceas para hormigón, morteros y lechadas.														
M02.13	Aditivos para hormigones en masa, armados y prefabricados														
M02.14	Adhesivo de unión de mortero fresco														
M02.15															
M02.16															
M03	GEOTEXILES														
M03.2	Geotextil utilizado en sistemas de drenaje (D), filtración (F), o separación (S), con las siguientes combinaciones (D), (F), (F+D), (F+S+D), (F+S)														
M03.3															
M03.4															
M06	ASLAMENTOS TERMICOS Y ACUSTICOS														
M06.1	Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de lana mineral (M/W) Nota: Precisa Certificado CE (X)*														
M06.2	Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de poliestireno expandido (EPS) Nota: Precisa Certificado CE (X)*														



CODIGO	MATERIAL	DOCUMENTACIÓN DE LOS SUMINISTROS						EVALUACIONES DE IDENTIDAD TÉCNICA		DISTINTOS DE CALIDAD (SI PROCEDR)	ENSAYOS (SI PROCEDR)	PARTES DE CONTROL DE RECEPCION (SI PROCEDR)
		DOCUMENTOS DE ORIGEN	AUTORIZACIONES ADMINISTRATIVAS				DOCUMENTOS DE CONFORMIDAD	DIT	DAU			
		HORA DE SUMINISTRO	RTOURTADO	CERTIFICADO GARANTIA	MARCADO CR	DECLARACION CR	CERTIFICADO CR	DITR	CERTIFICADO (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10) (11) (12)			
M06.3	Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de poliestireno extruido (XPS). Nota: Precisa Certificado CE (X)*											
M06.4	Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de espuma rígida de poliuretano (PUR). Nota: Precisa Certificado CE (X)*											
M06.5	Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de espuma fenólica (PF). Nota: Precisa Certificado CE (X)*											
M06.6	Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de vidrio celular (CG). Nota: Precisa Certificado CE (X)*											
M06.7	Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de lana de madera (WV). Nota: Precisa Certificado CE (X)*											
M06.8	Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de perlita expandida (EPB). Nota: Precisa Certificado CE (X)*											
M06.9	Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de corcho expandido (ICB). Nota: Precisa Certificado CE (X)*											
M06.10	Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de fibra de madera (WF). Nota: Precisa Certificado CE (X)*											
M06.11	Sistemas y kits compuestos para el aislamiento térmico exterior con revoco. Nota: Precisa Certificado CE (X)*											
M06.12	Anclajes de plástico para fijación de sistemas y kits compuestos para el aislamiento térmico exterior con revoco											



AISLAMIENTO TÉRMICO EN CUBIERTAS

EJECUCIÓN Y PUESTA EN OBRA

Universidad Politécnica de Cartagena. Escuela de Arquitectura e Ingeniería de Edificación



José Ramón Pelegrín Fuster

Proyecto Fin de Grado

CODIGO	MATERIAL	DOCUMENTACION DE LOS SUMINISTROS				EVALUACIONES DE IDONEIDAD TECNICA		DISTINTOS DE CALIDAD (SI PROCEDE)	ENSAYOS (SI PROCEDE)	PARTES DE CONTROL DE RECEPCION (SI PROCEDE)
		DOCUMENTOS DE ORIGEN	AUTORIZACIONES ADMINISTRATIVAS	DOCUMENTOS DE CONFORMIDAD	DT	DAU				
M06.13	Productos y materiales aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos in situ de agregado ligero de arcilla expandida (LWA) . Nota: Precisa Certificado CE (X)*	HOJA DE SUMINISTRO	MARCAPO CR	DECLARACION CR	CERTIFICADO CR	DTTR	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (8) (9) (10) (11) (12)			
M06.14	Productos aislantes térmicos para edificios, in situ formados por perlita expandida (PE). Especificaciones de productos de adhesivos y sellantes antes de su instalación.	CERTIFICADO FABRICANTE								
M06.15	Productos aislantes térmicos para edificios, in-situ formados por vermiculita exfoliada (EV). Especificación para productos de adhesivos y sellantes antes de instalación .	RTORRADO								
M06.16	Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Sistemas compuestos para aislamiento térmico externo (ETICS) basados en lana mineral.	CERTIFICADO								
M06.17	Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Sistemas compuestos para aislamiento térmico externo (ETICS) basados en poliestireno expandido.	RTORRADO								
M06.18	Productos de aislamiento térmico para construcción. Espuma rígida de poliuretano producida in situ por proyección. Especificaciones para los sistemas de poliuretano antes de la instalación. . Nota: Precisa Certificado (10)	CERTIFICADO								
M06.19	Paneles compuestos de cartón yeso aislantes térmico-acústicos.									
M06.20	Adhesivos a base de yeso para aislamiento térmico/acústico de paneles de composite y placas de yeso.									
M06.21	Sistema de aislamiento térmico por el exterior									



CODIGO	MATERIAL	DOCUMENTACION DE LOS SUMINISTROS			EVALUACIONES DE IDONEIDAD TECNICA		DISTINTOS DE CALIDAD (SI PROCDR)	ENSAYOS (SI PROCDR)	PARTES DE CONTROL DE RECEPCION (SI PROCDR)
		DOCUMENTOS DE ORIGEN	AUTORIZACIONES ADMINISTRATIVAS	DOCUMENTOS DE CONFORMIDAD	DI	DAU			
		HOJA DE SUMINISTRO	DECLARACION	CERTIFICADO	DI				
M06.22	Sistema de aislamiento acústico								
M06.23	Aislamiento térmico								
M06.26									
M06.27									
M07	IMPERMEABILIZACION								
M07.1	Sistemas de impermeabilización de cubiertas mediante membranas fijadas mecánicamente								
M07.2	Sistemas de impermeabilización de cubiertas mediante aplicación de productos líquidos								
M07.3	Láminas bituminosas con armadura								
M07.5	Láminas flexibles de PVC y caucho para basamento								
M07.6	Láminas flexibles bituminosas para basamento								
M07.7	Láminas flexibles bituminosas barrera de vapor								
M07.8	Láminas flexibles PVC y caucho barrera de vapor								



CODIGO	MATERIAL	DOCUMENTACION DE LOS SUMINISTROS			EVALUACIONES DE IDONEIDAD TECNICA		PARTES DE CONTROL DE RECEPCION (SI PROCEDE)	ENSAYOS (SI PROCEDE)	DISTINTIVOS DE CALIDAD (SI PROCEDE)
		DOCUMENTOS DE ORIGEN	AUTORIZACIONES ADMINISTRATIVAS	DOCUMENTOS DE CONFORMIDAD	DIT	DAU			
M07.9	Láminas flexibles capa base de tejados	HOLA DE SUMINISTRO	MARCAO CR	CERTIFICADO	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10) (11) (12)				
M07.10	Sellantes aplicados en caliente	CERTIFICADO	DECLARACION	CERTIFICADO					
M07.11	Sellantes	GARANTIA	MARCAO CR	DITR					
M07.12	Material para juntas								
M07.13	Lám. flexibles de plástico y elastómeros								
M07.16	Láminas para impermeabilización de cubiertas								
M07.17	Sistema de impermeabilización y aislamiento de cubiertas								
M07.18	Sistema de impermeabilización líquida								
M07.19	Sistemas de impermeabilización de elementos de hormigón con los morteros Mastereal® 501, 531, 550 y 573 01.07.04 al								
M07.20									



ASLAMIENTO TÉRMICO EN CUBIERTAS

EJECUCIÓN Y PUESTA EN OBRA

Universidad Politécnica de Cartagena. Escuela de Arquitectura e Ingeniería de Edificación

José Ramón Pelegrín Fuster

Proyecto Fin de Grado



CODIGO	MATERIAL	DOCUMENTACIÓN DE LOS SUMINISTROS								EVALUACIONES DE IDENTIDAD DE TÉCNICA		DISTINTOS DE CALIDAD (SI PROCEDE)	ENSAYOS (SI PROCEDE)	PARTES DE CONTROL DE RECEPCION (SI PROCEDE)
		DOCUMENTOS DE ORIGEN		AUTORIZACIONES ADMINISTRATIVAS				DOCUMENTOS DE CONFORMIDAD		DIT	DAU			
		HOJA DE SUMINISTRO	RTI QUEBTADO	CERTIFICADO GARANTIA	FABRICANTE	MARCADO CE	DECLARACION CR	CERTIFICADO CR	DITE	CERTIFICADO (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8)	CERTIFICADO (9) (10) (11) (12)			
M07.21														
M07.22														
M08	REVESTIMIENTOS													
M08.1	Baldosas prefabricadas de hormigón.													
M08.3	Baldosas de terrazo, para uso exterior.													
M08.4	Baldosas cerámicas.													
M08.5	Productos de piedra natural. Plaquetas.													
M08.6	Productos de piedra natural. Baldosas para pavimentos y escaleras.													
M08.7	Adhesivos para baldosas cerámicas													
M08.10	Revestimiento de fachadas ventiladas													
M08.11														
M08.12														



CODIGO	MATERIAL	DOCUMENTACIÓN DE LOS SUMINISTROS										EVALUACIONES DE IDENTIDAD TÉCNICA		DISTINTIVOS DE CALIDAD (SI PROCEDR)	ENSAYOS (SI PROCEDR)	PARTES DE CONTROL DE RECEPCION (SI PROCEDR)
		DOCUMENTOS DE ORIGEN		AUTORIZACIONES ADMINISTRATIVAS				DOCUMENTOS DE CONFORMIDAD				DIT	DAU			
		HOLA DE SUMINISTRO	RTI QUITADO	CERTIFICADO GARRANTIA FABRICANTE	MARCADO CE	DECLARACION CE	CERTIFICADO CE	DITR	CERTIFICADO	DITR	(1) (2) (3) (4)	(5) (6) (7) (8)	(9) (10) (11) (12)			
M109	MATERIALES CON ESPECIFICACIONES DE DOCUMENTOS BÁSICOS DEL CTE															
M109.3	Acero de las estructuras de acero															
M109.4	Materiales de la estructura de fábrica															
M109.5	Madera en las estructuras de madera															
M109.6	Materiales que conforman los sistemas de ventilación															
M109.8	Materiales que conforman las instalaciones de evacuación de agua															
M109.9	Materiales que conforman los cerramientos de la envolvente térmica															
M109.11																
NOTAS:																
<p>Aparecen sombreados en gris los productos que ostentan un DIT o DAU</p> <p>EL LISTADO COMPLETO DE MATERIALES QUE OSTENTAN MARCADO CE, DITE, DIT O DAU, PUEDE SER CONSULTADO EN LA WEB www.casatma.es</p> <p>Además de la documentación relativa a cada producto y capítulo, debe tenerse en cuenta y solicitarse siempre la que proceda del apartado COMPORTAMIENTO ANTE FUEGO DE LOS PRODUCTOS DE CONSTRUCCION</p> <p>* ACLARACIÓN SOBRE LOS DOCUMENTOS ACOMPAÑAN AL MARCADO CE: DECLARACIÓN CE DE CONFORMIDAD Y/O CERTIFICADO CE LA Guía D, que desarrolla la Directiva de productos de la construcción, indica: "Mientras que el marcado CE circula con el producto la declaración de conformidad y el certificado de conformidad solo debe hacerse disponible por el fabricante, o su representante autorizado, si resulta ser procedente, en respuesta a una solicitud justificada. (por ejemplo, a petición de las autoridades nacionales responsables de la vigilancia del mercado)." Por lo que dichos documentos, Declaración y Certificado, no deberían pedirse y entregarse "siempre", salvo que se dieran dudas sobre el correcto marcado CE de un producto.</p>																



<p>En productos regulados por norma UNE, comprobar que las características técnicas del producto indicadas en la Tabla ZA de la UNE correspondiente, son conformes a las especificaciones de proyecto.</p> <p>NOTA (X)* Productos o materiales para los que una etapa claramente identificable en el proceso de producción supone una mejora en la clasificación de reacción al fuego (por ejemplo la adición de retardadores de ignición o la limitación de material orgánico) Con reacción a fuego A1*, A2*, B* o C*.</p> <p>NOTA (X)** : Sistema de alimentación Tipo 1: con rango de presión de 0,05 a 1 Mpa (0,5 a 10 bar). Sistema de alimentación Tipo 2: con rango de presión de 0,01 a 1 Mpa (0,1 a 10 bar), alimentación de ACS y AF por gravedad desde depósitos abiertos, o bajo presión, hasta los aparatos sanitarios.</p> <p>ACLARACIONES:</p> <p>MARCADO CE:</p> <p><i>La forma de comprobación del etiquetado se puede consultar en el documento de agenda del Ministerio de Industria: "¿Cómo se comprueba el Marcado CE?" (www.coazmu.es)</i></p> <p>DECLARACIÓN CE DE CONFORMIDAD:</p> <p><i>Documento firmado por el fabricante en el que se deben incluir las características técnicas que acreditan el marcado CE según la norma UNE EN de aplicación.</i></p> <p>CERTIFICADO CE DE CONFORMIDAD:</p> <p><i>Documento firmado por un organismo notificado en el que se deben incluir las características técnicas que acreditan el marcado CE según la norma UNE EN de aplicación.</i></p> <p>DITE:</p> <p><i>Certificado DITE indicando el Documento de Idoneidad Técnica Europeo que incorpora el marcado CE y las características del producto, equipo o sistema. En el etiquetado se deberá incluir el número de certificado DITE</i></p> <p>CERTIFICADOS(1-12):</p> <p>(1) SELLO O MARCA DE CONFORMIDAD A NORMA</p> <p>(2) CERTIFICADO DEL FABRICANTE QUE ACREDITA POTENCIA TOTAL DEL EQUIPO DE ALUMBRADO</p> <p>(3) CERTIFICADO DE CONFORMIDAD A REQUISITOS REGLAMENTARIOS (CERTIFICADO DE HOMOLOGACION O MARCA AENOR "N")</p> <p>(4) ETIQUETADO SEGÚN NORMA O ESPECIFICACIÓN</p> <p>(5) ETIQUETADO SEGÚN NORMA DE APLICACIÓN, REFERENCIANDO LA MISMA EN EL ETIQUETADO O MARCADO.</p> <p>(6) ETIQUETADO SEGÚN NORMA (PLACA) Y CERTIFICADO DEL FABRICANTE DEL TANQUE QUE INCLUYA COMO MÍNIMO LA INFORMACION DE LA PLACA DE ETIQUETADO.</p> <p>(7) INFORMES DE ENSAYOS SEGÚN NORMA O ESPECIFICACIÓN</p> <p>(8) AUTORIZACION DE USO DE ETIQUETAS DE FORJADO</p> <p>(9) CERTIFICADO DEL FABRICANTE QUE ACREDITA LA SUCCION EN FABRICAS CON CATEGORIA DE EJECUCION A (si no viene especificada en la declaración de conformidad)</p> <p>(10) Políuretano Proyectado Marcado, etiquetado e Información Técnica Los componentes de los sistemas de poliuretano se suministrarán en envases provistos de marcas o etiquetas con los datos que indica la norma, entre otros la inscripción: "Sistema de poliuretano según la Norma UNE 92120 Parte 1, apto para la fabricación de espuma rígida de poliuretano in situ por proyección para aislamiento térmico en construcción". Los fabricantes de los sistemas de poliuretano proporcionarán a todos sus clientes Información Técnica de los sistemas de poliuretano que suministren, y establecerán un procedimiento que asegure que las nuevas ediciones de la Información Técnica se distribuyan y reemplacen a las anteriores.</p> <p>(11) Copia de la inscripción de la Central en el Registro Industrial según título 4º de la ley 21/1992, Certificado de Control de producción en central, encaques reglamentarios según EHE art.82, 84, 86, 87 y 88.</p> <p>(12) Homologación por el Ministerio de Industria y Certificado de conformidad de producción.</p>
--



CR02 - DISTRIBUCIÓN DE LOTES PARA EL CONTROL DE RECEPCIÓN DE MATERIALES EN OBRA.

OBRA	Nº Expediente
EMPLAZAMIENTO	
NOMBRE, APELLIDOS	
Nº COLEGIADO	
DATOS OBRA	
DATOS	

CÓDIGO	MATERIAL	Medición	Tamaño del lote	Nº de lotes	Designación de lote	Tipo/Modelo	Fabricante	Tipo de control realizado	Fecha	
									Aceptación	Rechazo#
M02	COMPONENTES PARA MORTEROS Y HORMIGONES									
M02.1	Cementos comunes									
M02.2	Aridos y filleres, de materias naturales, artificiales o reciclados, para hormigones. filleres para cementos.									
M02.3	Aridos ligeros y áridos ligeros filler, de materiales naturales, artificiales o reciclados, para hormigones, morteros en inyectados.									
M02.4	Aridos y filleres, de materias naturales, artificiales o reciclados, para morteros de albanilería, pavimentos, revestimientos interiores, enfoscados exteriores, cimentación, reparaciones y pastas.									



CÓDIGO	MATERIAL	Medición	Tamaño del lote	Nº de lotes	Designación de lote	Tipo/Modelo	Fabricante	Tipo de control realizado	Fecha	
									Aceptación	Rechazo*
M02.7	Cemento de albañilería para mortero de colocación de ladrillos, bloques, revocos y enlucidos									
M02.8	Aditivos retardadores y plastificantes para morteros de cemento, en albañilería y hechos in situ									
M02.11	Cenizas volantes silíceas para hormigón, morteros y lechadas.									
M02.13	Aditivos para hormigones en masa, armados y prefabricados									
M02.14	Adhesivo de unión de mortero fresco									
M02.15										
M02.16										
M03	GEOTEXTILES									
M03.2	Geotextil utilizado en sistemas de drenaje (D), filtración (F), o separación (S), con las siguientes combinaciones (D), (F), (F+D), (F+S+D), (F+S)									
M03.3										
M03.4										
M06	AISLAMIENTOS TÉRMICOS Y ACUSTICOS									
M06.1	Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de lana mineral (MW)									
M06.2	Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de poliestireno expandido (EPS)									



AISLAMIENTO TÉRMICO EN CUBIERTAS

EJECUCIÓN Y PUESTA EN OBRA

Universidad Politécnica de Cartagena. Escuela de Arquitectura e Ingeniería de Edificación



José Ramón Pelegrín Fuster

Proyecto Fin de Grado

CÓDIGO	MATERIAL	Medición	Tamaño del lote	Nº de lotes	Designación de lote	Tipo/Modelo	Fabricante	Tipo de control realizado	Fecha	
									Aceptación	Rechazo*
M06.3	Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de poliestireno extruido (XPS)									
M06.4	Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de espuma rígida de poliuretano (PUR).									
M06.5	Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de espuma fenólica (PF).									
M06.6	Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de vidrio celular (CG).									
M06.7	Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de lana de madera (WW).									
M06.8	Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de perlita expandida (EPB).									
M06.9	Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de corcho expandido (ICB).									
M06.10	Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de fibra de madera (WF).									
M06.11	Sistemas y kits compuestos para el aislamiento térmico exterior con revoco.									
M06.12	Anclajes de plástico para fijación de sistemas y kits compuestos para el aislamiento térmico exterior con revoco									



AISLAMIENTO TÉRMICO EN CUBIERTAS

EJECUCIÓN Y PUESTA EN OBRA

Universidad Politécnica de Cartagena. Escuela de Arquitectura e Ingeniería de Edificación



José Ramón Pelegrín Fuster

Proyecto Fin de Grado

CÓDIGO	MATERIAL	Medición	Tamaño del lote	Nº de lotes	Designación de lote	Tipo/Modelo	Fabricante	Tipo de control realizado	Fecha	
									Aceptación	Rechazo*
M06.13	Productos y materiales aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos in situ de agregado ligero de arcilla expandida (LWA).									
M06.14	Productos aislantes térmicos para edificios, in situ formados por perfitá expandida (PE). Especificaciones de productos de adhesivos y sellantes antes de su instalación.									
M06.15	Productos aislantes térmicos para edificios, in-situ formados por vermiculita exfoliada (EV). Especificación para productos de adhesivos y sellantes antes de instalación.									
M06.16	Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Sistemas compuestos para aislamiento térmico externo (ETICS) basados en lana mineral.									
M06.17	Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Sistemas compuestos para aislamiento térmico externo (ETICS) basados en poliestireno expandido.									
M06.18	Productos de aislamiento térmico para construcción. Espuma rígida de poliuretano producida in situ por proyección. Especificaciones para los sistemas de poliuretano antes de la instalación.									
M06.19	Paneles compuestos de cartón yeso aislantes térmico/acústicos.									
M06.20	Adhesivos a base de yeso para aislamiento térmico/acústico de paneles de composite y placas de yeso.									
M06.21	Sistema de aislamiento térmico por el exterior									
M06.22	Sistema de aislamiento acústico									
M06.23	Aislamiento térmico									



CÓDIGO	MATERIAL	Medición	Tamaño del lote	Nº de lotes	Designación de lote	Tipo/Modelo	Fabricante	Tipo de control realizado	Fecha	
									Aceptación	Rechazo*
M06.26										
M06.27										
M07	IMPERMEABILIZACION									
M07.1	Sistemas de impermeabilización de cubiertas mediante membranas fijadas mecánicamente									
M07.2	Sistemas de impermeabilización de cubiertas mediante aplicación de productos líquidos									
M07.3	Láminas bituminosas con armadura									
M07.5	Láminas flexibles de PVC y caucho para basamento									
M07.6	Láminas flexibles bituminosas para basamento									
M07.7	Láminas flexibles bituminosas barrera de vapor									
M07.8	Láminas flexibles PVC y caucho barrera de vapor									
M07.9	Láminas flexibles capa base de tejados									
M07.10	Sellantes aplicados en caliente									
M07.11	Sellantes									
M07.12	Material para juntas									



CÓDIGO	MATERIAL	Medición	Tamaño del lote	Nº de lotes	Designación de lote	Tipo/Modelo	Fabricante	Tipo de control realizado	Fecha	
									Aceptación	Rechazo*
M07.13	Lám. flexibles de plástico y elastómeros									
M07.16	Láminas para impermeabilización de cubiertas									
M07.17	Sistema de impermeabilización y aislamiento de cubiertas									
M07.18	Sistema de impermeabilización líquida									
M07.19	Sistemas de impermeabilización de elementos de hormigón con los morteros Masterseal® 501, 531, 550 y 573									
M07.20										
M07.21										
M08	REVESTIMIENTOS									
M08.1	Baldosas prefabricadas de hormigón.									
M08.3	Baldosas de terrazo. para uso exterior.									
M08.4	Baldosas cerámicas.									
M08.5	Productos de piedra natural. Plaquetas.									
M08.6	Productos de piedra natural. Baldosas para pavimentos y escaleras.									
M08.7	Adhesivos para baldosas cerámicas									
M08.11										



CÓDIGO	MATERIAL	Medición	Tamaño del lote	Nº de lotes	Designación de lote	Tipo/Modelo	Fabricante	Tipo de control realizado	Fecha	
									Aceptación	Rechazo*
M08.12										
M09	MATERIALES CON ESPECIFICACIONES DE DOCUMENTOS BÁSICOS DEL CTE									
M09.3	Acero de las estructuras de acero									
M09.4	Materiales de la estructura de fábrica									
M09.5	Madera en las estructuras de madera									
M09.6	Materiales que conforman los sistemas de ventilación									
M09.8	Materiales que conforman las instalaciones de evacuación de agua									
M09.9	Materiales que conforman los cerramientos de la envolvente térmica									
M09.11										
M09.12										
M10	OTROS MATERIALES									
M10.1										
M10.2										
*Indicar: D- Documentación de los suministros , C- Distintivos de Calidad, EV- Evaluaciones de Idoneidad Técnica (DIT, DAU), E- Ensayos, P- Parte de Control (Pueden hacerse distintos tipos de control para un mismo producto)										
* Ante una No conformidad-rechazo , habrá que rellenar, además, un <i>Parte modelo de Justificación de no conformidad/rechazo</i> . Una vez subsanado el motivo de no aceptación, se completará un nuevo <i>Parte de Control</i> , cuyo resultado será <i>Aceptación</i> , y en este documento se indicará la fecha de aceptación definitiva para ese lote.										
Criterios para la formación de lotes:										
Segun Parte de Control de ejecución correspondiente, Proyecto de ejecución o especificaciones de la Dirección Facultativa.										



CR03	PARTE DE CONTROL DE RECEPCIÓN DE	MATERIALES QUE CONFORMAN LAS INSTALACIONES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO				
	EN CUMPLIMIENTO DE	CTE DB-HS- 4 Apartado 6				
UNIDAD DE INSPECCIÓN (TAMAÑO DEL LOTE):						
DESIGNACIÓN DEL LOTE:		LOCALIZACIÓN:		FECHA:		
DESCRIPCIÓN:						
En la recepción de los materiales se tendrán en cuenta las especificaciones del CTE :			ACEPTACIÓN (VER CONDICIONES EN TABLA M08.8 DE ANEXO 1)		OBSERVACIONES	
1. CUMPLIMIENTO DE LAS CONDICIONES GENERALES DE LOS MATERIALES			SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
2. CUMPLIMIENTO CONDICIONES PARTICULARES DE LAS CONDUCCIONES						
2.1 Tubos			SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
2.2 Aislantes térmicos			SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
2.3 Válvulas y llaves			SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
3. PRESCRIPCIONES PARA LA AUSENCIA DE INCOMPATIBILIDADES						
3.1 Medidas de protección frente a la incompatibilidad de los materiales y el agua			SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
3.2 Medidas de protección frente incompatibilidad entre materiales			SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
5. ANEXO FOTOGRÁFICO Y/U OTRAS OBSERVACIONES (SI PROCEDE)						
RESULTADO CONTROL	Acceptación	<input type="checkbox"/>	En _____ a ___ de _____ de _____			
	Rechazo	<input type="checkbox"/>	Fdo. El Director de Ejecución Material de la Obra			



CR04	CONTROL DE RECEPCIÓN DE MATERIALES CON ESPECIFICACIONES DE LOS DOCUMENTOS BÁSICOS DEL CTE	
MATERIALES QUE CONFORMAN LOS CERRAMIENTOS Y PARTICIONES INTERIORES DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA (CTE DB-HE- 1 Apartado 4)		
1.- Características exigibles a los productos		
<p>1 Los edificios se caracterizan térmicamente a través de las propiedades higrotérmicas de los productos de construcción que componen su envolvente térmica.</p> <p>2 Se distinguen los productos para los muros y la parte ciega de las cubiertas, de los productos para los huecos y lucernarios.</p> <p>3 Los productos para los muros y la parte ciega de las cubiertas se definen mediante las siguientes propiedades higrométricas:</p> <p style="margin-left: 20px;">a) la conductividad térmica λ (W/mK);</p> <p style="margin-left: 20px;">b) el factor de resistencia a la difusión del vapor de agua μ.</p> <p>4 En su caso, además se podrán definir las siguientes propiedades:</p> <p style="margin-left: 20px;">a) la densidad ρ (kg/m³);</p> <p style="margin-left: 20px;">b) el calor específico c_p (J/kg.K).</p> <p>5 Los productos para huecos y lucernarios se caracterizan mediante los siguientes parámetros:</p> <p style="margin-left: 20px;">a) Parte semitransparente del hueco por:</p> <p style="margin-left: 40px;">i) la transmitancia térmica U (W/m²K);</p> <p style="margin-left: 40px;">ii) el factor solar, g^{\perp}.</p> <p style="margin-left: 20px;">b) Marcos de huecos (puertas y ventanas) y lucernarios por:</p> <p style="margin-left: 40px;">i) la transmitancia térmica U (W/m²K);</p> <p style="margin-left: 40px;">ii) la absortividad α.</p> <p>6 Los valores de diseño de las propiedades citadas se obtendrán de valores declarados para cada producto, según marcado CE, o de Documentos Reconocidos para cada tipo de producto.</p> <p>7 En el pliego de condiciones del proyecto debe expresarse las características higrotérmicas de los productos utilizados en los <i>cerramientos y particiones interiores</i> que componen la envolvente térmica del edificio. Si éstos están recogidos de Documentos Reconocidos, se podrán tomar los datos allí incluidos por defecto. Si no están incluidos, en la memoria deben incluirse los cálculos justificativos de dichos valores y consignarse éstos en el pliego.</p> <p>8 En todos los casos se utilizarán valores térmicos de diseño, los cuales se pueden calcular a partir de los valores térmicos declarados según la norma UNE EN ISO 10 456:2001. En general y salvo justificación los valores de diseño serán los definidos para una temperatura de 10 °C y un contenido de humedad correspondiente al equilibrio con un ambiente a 23 °C y 50 % de humedad relativa.</p>		
2.- Características exigibles a los cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica		
<p>1 Las características exigibles a los <i>cerramientos y particiones interiores</i> son las expresadas mediante los parámetros característicos de acuerdo con lo indicado en el apartado 2 de este Documento Básico.</p> <p>2 El cálculo de estos parámetros deberá figurar en la memoria del proyecto. En el pliego de condiciones del proyecto se consignarán los valores y características exigibles a los <i>cerramientos y particiones interiores</i>.</p>		
RESULTADO CONTROL	Aceptación	En a de de
	Rechazo	
Fdo. El Director de Ejecución Material de la Obra		



ANEXO 2. DOCUMENTACIÓN PARA EL CONTROL DE EJECUCIÓN¹.

¹ Pérez Navarro, Julián, Campillo Domínguez, Laura y Rosa Roca, Nuria. **Documentación del control de la obra en cumplimiento del CTE**. 3ª Edición. Murcia: COAATIEMU. 2009



CE01 - DISTRIBUCIÓN DE LOTES PARA EL CONTROL DE EJECUCIÓN

DATOS D.E.O.	OBRA	
	EMPLAZAMIENTO	Nº Expediente
DATOS D.E.O.	NOMBRE, APELLIDOS	
	Nº COLEGIADO	

CÓDIGO	UNIDADES DE OBRA	CÓDIGO	Tipología	Medic.	Tamaño mínimo del lote recomendado	Nº de lotes	Designación de lote	Fecha	
								Acep.	Rech.
E03	CERRAMIENTO /DIVISIONES	E03.1	Cerramiento exterior de ladrillo		Cara vista c/ 400 m ² , 2 lotes. Revestir c/ 600 m ² , 2 lotes				
		E03.3	Divisiones interiores	a) Fábrica de ladrillo b) Tabiques placas y paneles		c/ 600 m ² , 2 lotes			
E04	CUBIERTA	E04.1	Plana transitable		c/ 400 m ² , 4 lotes				
		E04.2	Plana no transitable						
		E04.3	Inclinada de teja		c/ 400 m ² , 2 lotes				
E05	REVESTIMIENTOS	E05.1	Paramentos interiores	a) Enfoscados b) Guarnecidos y enlucidos	c/ 200 m ² , 2 lotes				
			E05.2	Techos	a) Techo de placas b) Techo continuo	c/ 4 viviendas, 1 lote			
E06	PAVIMENTOS	E06.1	Baldosas de cemento		c/ 4 viviendas, 1 lote				
		E06.2	Baldosas cerámicas						
		E06.3	Baldosas de piedra	a) Natural					
b) Terrazo									
E09	INSTALACIONES DE SANEAMIENTO				c/ 4 viviendas, 1 lote				
E11	IMPERMEABILIZACIONES				c/ 400 m ² , 4 lotes				

* **Ante una No conformidad-rechazo**, habrá que rellenar, además, un *Parte modelo de Justificación de no conformidad/rechazo*. Una vez subsanado el motivo de no aceptación, se completará un nuevo *Parte de Control*, cuyo resultado será Aceptación, y en este documento se indicará la fecha de aceptación definitiva para ese lote.

Crterios para la formación de lotes:

Los criterios que se indican son orientativos, por lo que será el director de la ejecución material el que decida en cada caso.



CE02	PARTE DE CONTROL DE EJECUCIÓN DE	E04.1 CUBIERTA PLANA TRANSITABLE
		E04.2 CUBIERTA PLANA NO TRANSITABLE
		E04.3 CUBIERTA INCLINADA DE TEJA
EN CUMPLIMIENTO DE	CTE DB-SI 2 / CTE DB HS 1.5 / CTE DB HE 1.5	

UNIDAD DE INSPECCIÓN (TAMAÑO DEL LOTE):

DESIGNACIÓN DEL LOTE:

LOCALIZACIÓN:

FECHA:

DESCRIPCIÓN:

RESUMEN DEL CONTROL DE EJECUCIÓN CTE- PARTE I, Apartado 7.3

1. VERIFICACIÓN		ACEPTACIÓN (VER CONDICIONES EN TABLA E04 DE ANEXO 2)			NO PROCEDE SU COMPROBACIÓN (OBSERVACIONES)
		SI		NO	
	Replanteo	SI		NO	
	Materiales que se utilizan	SI		NO	
	Correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos	SI		NO	
2. OTROS CONTROLES	Procede la realización de otros controles para comprobar su conformidad con lo indicado en el proyecto, la legislación aplicable, las normas de buena práctica constructiva y las instrucciones de la dirección facultativa, que se listan a continuación.				
		ACEPTACIÓN (VER CONDICIONES EN TABLA E04 DE ANEXO 2)			NO PROCEDE SU COMPROBACIÓN (OBSERVACIONES)
		SI		NO	
		SI		NO	

EN CUMPLIMIENTO DE CTE DB-SI 2

3. COMPROBACIONES DE LA PROPAGACIÓN EXTERIOR

3.1. Limitación de la propagación exterior del incendio por la cubierta RESISTENCIA AL FUEGO REI-60	CONTROL DE LA RESISTENCIA AL FUEGO. MÍNIMO REI-60	ACEPTACIÓN (VER CONDICIONES EN TABLA E04 DE ANEXO 2)			OBSERVACIONES
	En una franja de 0,50m de anchura medida desde el edificio colindante	SI		NO	



	En una franja de 1,00m de anchura situada sobre el encuentro con la cubierta de todo elemento compartimentador de un sector de incendio o de un local de riesgo especial alto (como alternativa puede optarse por prolongar la medianería o el elemento compartimentador 0,60m por encima del acabado de la cubierta)	SI		NO		
3.2. Encuentro entre la cubierta y una fachada que pertenezca a sectores de incendio o a edificios diferentes	Cumple la altura h mínima sobre la cubierta con una resistencia como mínimo REI-60	SI		NO		
3.3. Materiales	Con una ocupación superior al 10% del revestimiento o acabado exterior de las cubiertas	Clase de reacción al fuego BROOF (t1)	SI		NO	
	Cara superior de los voladizos cuyo saliente exceda de 1m					
	Lucernarios					
	Claraboyas					
	Elementos de iluminación, ventilación o extracción de humo					
EN CUMPLIMIENTO DE CTE DB HS 1.5						
4. PROTECCIÓN FRENTE A LA HUMEDAD						
4.1. EJECUCIÓN	ACEPTACIÓN (VER CONDICIONES EN TABLA E04 DE ANEXO 2)			NO PROCEDE SU COMPROBACIÓN (OBSERVACIONES)		
4.1.1. Condiciones de la formación de pendientes	SI		NO			
4.1.2 Condiciones de la barrera contra el vapor	SI		NO			
4.1.3 Condiciones del aislante térmico	SI		NO			
4.1.4 Condiciones de la impermeabilización	SI		NO			
4.1.5 Condiciones de la cámara de aire ventilada	SI		NO			
4.2. CONTROL DE LA EJECUCIÓN	ACEPTACIÓN (VER CONDICIONES EN TABLA E04 DE ANEXO 2)			OBSERVACIONES		
El control de la ejecución de las obras se ha realizado según las especificaciones del proyecto, las modificaciones del director de obra y las instrucciones del director de la ejecución material de la obra (Artículo 7.3. de la parte I del CTE)	SI		NO			
Ejecución de obra de acuerdo con los controles y frecuencia de los mismos establecida en el pliego de condiciones del proyecto	SI		NO			
Se han cumplido las condiciones mínimas señaladas en este Documento Básico y cualquier modificación durante la ejecución de la obra ha quedado reflejada en la documentación de la obra ejecutada	SI		NO			



EN CUMPLIMIENTO DE CTE DB HE 1.5				
5. LIMITACIÓN DE DEMANDA ENERGÉTICA				
5.1. CONTROL DE CERRAMIENTOS Y PARTICIONES INTERIORES DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA		ACEPTACIÓN (VER CONDICIONES EN TABLA E04 DE ANEXO 2)		NO PROCEDE SU COMPROBACIÓN (OBSERVACIONES)
Se ha controlado la ejecución de los puentes térmicos integrados en los cerramientos (pilares, contornos de huecos y cajas de persiana) atendiéndose a los detalles constructivos del proyecto de ejecución.		SI	NO	
El aislante térmico colocado se ajusta a lo indicado en el proyecto, en cuanto a su colocación, posición, dimensiones y tratamiento de puntos singulares.		SI	NO	
Se ha controlado la ejecución de los puentes térmicos, en frentes de forjados y encuentro entre cerramientos atendiéndose a los detalles constructivos del proyecto de ejecución.		SI	NO	
5.2. CONDENSACIONES		ACEPTACIÓN (VER CONDICIONES EN TABLA E04 DE ANEXO 2)		NO PROCEDE SU COMPROBACIÓN (OBSERVACIONES)
Se ha controlado la colocación de la barrera de vapor. Colocada en la cara caliente del cerramiento sin roturas ni deterioros en la misma.		SI	NO	
5.3. PERMEABILIDAD AL AIRE		ACEPTACIÓN (VER CONDICIONES EN TABLA E04 DE ANEXO 2)		NO PROCEDE SU COMPROBACIÓN (OBSERVACIONES)
Se ha controlado la colocación de los cercos de las carpinterías que forman los huecos (puertas y ventanas) y lucernarios, para garantizar la estanquidad a la permeabilidad del aire especificada según la zonificación climática correspondiente.		SI	NO	
6. CROQUIS-DETALLE SECCIÓN DE LA CUBIERTA FINALMENTE EJECUTADA, INDICANDO LOS DIFERENTES ELEMENTOS QUE LA CONSTITUYEN				
7. ANEXO FOTOGRÁFICO				
DIFERENTES FASES DE EJECUCIÓN DE LA CUBIERTA (EN LAS QUE APAREZCA CADA UNO DE LOS ELEMENTOS DE LOS QUE SE HA REALIZADO EL CONTROL ESPECIFICADO ANTERIORMENTE)				
RESULTADO CONTROL	Aceptación		En _____ a ___ de _____ de	
	Rechazo		Fdo. El Director de Ejecución Material de la Obra	



CE03	PARTE DE CONTROL DE EJECUCIÓN DE	INSTALACIÓN SANEAMIENTO			
	EN CUMPLIMIENTO DE	CTE DB HS-5 Apartado 5			
UNIDAD DE INSPECCIÓN (TAMAÑO DEL LOTE):					
DESIGNACIÓN DEL LOTE:		LOCALIZACIÓN:		FECHA:	
DESCRIPCIÓN:					
RESUMEN DEL CONTROL DE EJECUCIÓN CTE- PARTE I, Apartado 7.3					
1. VERIFICACIÓN		ACEPTACIÓN (VER CONDICIONES EN TABLA E09 ANEXO 2)			NO PROCEDE SU COMPROBACIÓN (OBSERVACIONES)
	Materiales que se utilizan.	SI		NO	
	Correcta ejecución y disposición de las instalaciones	SI		NO	
2. OTROS CONTROLES	Procede la realización de otros controles para comprobar su conformidad con lo indicado en el proyecto, la legislación aplicable, las normas de buena práctica constructiva y las instrucciones de la dirección facultativa, que se listan a continuación.				
		ACEPTACIÓN (VER CONDICIONES EN TABLA E09 DE ANEXO 2)			NO PROCEDE SU COMPROBACIÓN (OBSERVACIONES)
		SI		NO	
		SI		NO	
		SI		NO	

EN CUMPLIMIENTO DE CTE DB HS-5 Apartado 5					
Comprobar que se han ejecutado conforme a las prescripciones del CTE, incidiendo concretamente en:					
3.- CONTROL DE LA EJECUCIÓN DE LOS PUNTOS DE CAPTACIÓN	ACEPTACIÓN (VER CONDICIONES EN TABLA E09 DE ANEXO 2)			NO PROCEDE SU COMPROBACIÓN (OBSERVACIONES)	
	3.1 Válvulas de desagüe				
	3.2 Sifones individuales y botes sifónicos				
	3.3 Calderetas o cazoletas y sumideros				
	3.4 Canalones				



AISLAMIENTO TÉRMICO EN CUBIERTAS

EJECUCIÓN Y PUESTA EN OBRA

Universidad Politécnica de Cartagena. Escuela de Arquitectura e Ingeniería de Edificación

José Ramón Pelegrín Fuster

Proyecto Fin de Grado



4.- CONTROL DE EJECUCIÓN DE LAS REDES DE PEQUEÑA EVACUACIÓN		ACEPTACIÓN (VER CONDICIONES EN TABLA E09 DE ANEXO 2)				NO PROCEDE SU COMPROBACIÓN (OBSERVACIONES)
Condiciones Generales		SI		NO		
5.- CONTROL DE EJECUCIÓN DE BAJANTES Y VENTILACIONES		ACEPTACIÓN (VER CONDICIONES EN TABLA E09 DE ANEXO 2)				NO PROCEDE SU COMPROBACIÓN (OBSERVACIONES)
5.1 Ejecución de las bajantes		SI		NO		
5.3 Ejecución de las redes de ventilación		SI		NO		
6.- CONTROL DE EJECUCIÓN DE ALBAÑALES Y COLECTORES		ACEPTACIÓN (VER CONDICIONES EN TABLA E09 DE ANEXO 2)				NO PROCEDE SU COMPROBACIÓN (OBSERVACIONES)
6.1 Ejecución de la red horizontal colgada		SI		NO		
6.2 Ejecución de la red horizontal enterrada		SI		NO		
6.3 Ejecución de las zanjas		SI		NO		
6.4 Protección de las tuberías de fundición enterradas		SI		NO		
6.5 Ejecución de los elementos de conexión de las redes enterradas	ARQUETAS	SI		NO		
	POZOS	SI		NO		
	SEPARADORES	SI		NO		
7.- EJECUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE ELEVACIÓN Y BOMBEO		ACEPTACIÓN (VER CONDICIONES EN TABLA E09 DE ANEXO 2)				NO PROCEDE SU COMPROBACIÓN (OBSERVACIONES)
Depósito de recepción		SI		NO		
Dispositivos de elevación y control		SI		NO		
8.- ANEXO FOTOGRÁFICO						
RESULTADO CONTROL	Aceptación		En ____ a ____ de ____ de ____			
	Rechazo					
Fdo. El Director de Ejecución Material de la Obra						



CE04	PARTE DE CONTROL DE EJECUCIÓN DE	IMPERMEABILIZACIONES			
	EN CUMPLIMIENTO DE				
UNIDAD DE INSPECCIÓN (TAMAÑO DEL LOTE):					
DESIGNACIÓN DEL LOTE:		LOCALIZACIÓN:		FECHA:	
DESCRIPCIÓN:					
RESUMEN DEL CONTROL DE EJECUCIÓN CTE- PARTE I, Apartado 7.3					
1. VERIFICACIÓN		ACEPTACIÓN (VER CONDICIONES EN TABLA E11 DE ANEXO 2)			NO PROCEDE SU COMPROBACIÓN (OBSERVACIONES)
	Materiales que se utilizan	SI		NO	
2. OTROS CONTROLES	Procede la realización de otros controles para comprobar su conformidad con lo indicado en el proyecto, la legislación aplicable, las normas de buena práctica constructiva y las instrucciones de la dirección facultativa, que se listan a continuación.				
		ACEPTACIÓN			NO PROCEDE SU COMPROBACIÓN (OBSERVACIONES)
		SI		NO	
		SI		NO	
		SI		NO	

EN CUMPLIMIENTO DE CTE DB-HS 1 Apartado 5.1					
1. EJECUCIÓN DE IMPERMEABILIZACIONES					
ÁMBITO DE APLICACIÓN: Esta sección se aplica a los muros y los suelos que están en contacto con el terreno y a los cerramientos que están en contacto con el aire exterior (fachadas y cubiertas) de todos los edificios incluidos en el ámbito de aplicación general del CTE.					
1.1. Condiciones de los pasatubos	ACEPTACIÓN (VER CONDICIONES EN TABLA E11 DE ANEXO 2)			NO PROCEDE SU COMPROBACIÓN (OBSERVACIONES)	
	SI		NO		
1.2. Condiciones de las láminas impermeabilizantes	ACEPTACIÓN (VER CONDICIONES EN TABLA E11 DE ANEXO 2)			NO PROCEDE SU COMPROBACIÓN (OBSERVACIONES)	
	SI		NO		
1.3. Condiciones del revestimiento hidrófugo de mortero	ACEPTACIÓN (VER CONDICIONES EN TABLA E11 DE ANEXO 2)			NO PROCEDE SU COMPROBACIÓN (OBSERVACIONES)	
	SI		NO		



1.4. Condiciones de los productos líquidos de impermeabilización	ACEPTACIÓN (VER CONDICIONES EN TABLA E11 DE ANEXO 2)				NO PROCEDE SU COMPROBACIÓN (OBSERVACIONES)
	Revestimientos sintéticos de resinas	SI		NO	
	Polímeros acrílicos	SI		NO	
	Caucho acrílico y resinas acrílicas	SI		NO	
1.5. Condiciones del sellado de juntas	ACEPTACIÓN (VER CONDICIONES EN TABLA E11 DE ANEXO 2)				NO PROCEDE SU COMPROBACIÓN (OBSERVACIONES)
	Masillas a base de poliuretano	SI		NO	
	Masillas a base de siliconas	SI		NO	
	Masillas a base de resinas acrílicas	SI		NO	
1.6. Condiciones de los sistemas de drenaje	ACEPTACIÓN (VER CONDICIONES EN TABLA E19 DE ANEXO 2)				NO PROCEDE SU COMPROBACIÓN (OBSERVACIONES)
	SI		NO		
2. EJECUCIÓN DE IMPERMEABILIZACIONES DE SUELOS (Apartado HS 1 5.1)	ACEPTACIÓN (VER CONDICIONES EN TABLA E11 DE ANEXO 2)				NO PROCEDE SU COMPROBACIÓN (OBSERVACIONES)
2.1. Condiciones de los pasatubos	SI		NO		
2.2. Condiciones de las láminas impermeabilizantes	SI		NO		
2.3. Condiciones de las arquetas	SI		NO		
2.4. Condiciones del hormigón de limpieza	SI		NO		
3. EJECUCIÓN DE IMPERMEABILIZACIONES DE FACHADAS (Apartado HS 1 5.1)	ACEPTACIÓN (VER CONDICIONES EN TABLA E11 DE ANEXO 2)				NO PROCEDE SU COMPROBACIÓN (OBSERVACIONES)
3.1. Condiciones de la hoja principal	SI		NO		
3.2. Condiciones del revestimiento intermedio	SI		NO		
3.3. Condiciones del aislante térmico	SI		NO		
3.4. Condiciones de la cámara de aire ventilada	SI		NO		



3.5. Condiciones del revestimiento exterior	SI		NO	
3.6. Condiciones de los puntos singulares	SI		NO	
4. CROQUIS-DETALLE DE LA COLOCACIÓN DE LA IMPERMEABILIZACIÓN, INDICANDO SU SITUACIÓN, ETC...				
5. ANEXO FOTOGRÁFICO DE LA COLOCACIÓN DE LA IMPERMEABILIZACIÓN				
RESULTADO CONTROL	Aceptación		En _____ a ____ de _____ de _____	
	Rechazo		Fdo. El Director de Ejecución Material de la Obra	



ANEXO 3. DOCUMENTACIÓN PARA EL CONTROL DE OBRA TERMINADA¹.

¹ Pérez Navarro, Julián, Campillo Domínguez, Laura y Rosa Roca, Nuria. **Documentación del control de la obra en cumplimiento del CTE**. 3ª Edición. Murcia: COAATIEMU. 2009



CT01 - PARTE DE JUSTIFICACIÓN DE NO CONFORMIDAD / RECHAZO

CÓDIGO	MATERIAL O UNIDAD DE OBRA

1 Justificación de no conformidad / rechazo:

2 Medidas informativas complementarias:

3 Resultados de las medidas informativas complementarias:

4 Medidas correctivas

El Director de la Ejecución Material de la Obra:

- Aceptación absoluta
- Rechazo absoluto ; Comunicado al constructor en fecha ___/___/___
- Rechazo relativo : Comunicado al Director de la Obra ___/___/___
Comunicado al constructor ___/___/___
- Rechazo definitivo: Comunicado al constructor en fecha ___/___/___

Fecha: ___/___/___

DECISIÓN

1 Estudios complementarios

2 Especificación de las medidas correctoras (en su caso)

3 Justificación de la nueva especificación

El Director de la Obra:

- No viabilidad
- Nueva especificación
 - o De reparación
 - o De desclasificación o cambio de especificación
- Comunicación al Director de la Ejecución Material de la Obra en fecha ___/___/___

Fecha:



ANEXO 4. FOTOS DE CUBIERTAS INDUSTRIALES EJECUTADAS CON PANEL SANDWICH.



A) VISITA A UNA NAVE INDUSTRIAL CON CUBIERTA PLANA, EJECUTADA MEDIANTE PANEL SANDWICH. NAVE SITUADA EN LAS ATALAYAS (MURCIA).



Imagen A.4.1. Claraboya vista desde de la cubierta.



Imagen A.4.2. Claraboya vista desde el interior de la nave.



Imagen A.4.3. Vista general de la cubierta.



Imagen A.4.4. Solape de la lámina de PVC.



Imagen A.4.5. Detalle de la canal.



Imagen A.4.6. Vista de la lámina de PVC y alma de poliuretano.



Imagen A.4.7. Vista de la sección del panel de cubierta.



Imagen A.4.8. Vista del panel de fachada.



B) VISITA A UNA NAVE INDUSTRIAL CON CUBIERTA INCLINADA, EJECUTADA MEDIANTE PANEL SANDWICH. NAVE SITUADA EN POLÍGONO INDUSTRIAL CABEZO BEAZA, CARTAGENA (MURCIA).



Imagen A.4.9. Los paneles laterales irán inclinados (vista exterior).



Imagen A.4.10. Vista interior de la nave.



Imagen A.4.11. Ejecución parcial de la cubierta (vista interior).



Imagen A.4.12. Vista interior (zona de cumbre).



AISLAMIENTO TÉRMICO EN CUBIERTAS

EJECUCIÓN Y PUESTA EN OBRA

Universidad Politécnica de Cartagena. Escuela de Arquitectura e Ingeniería de Edificación

José Ramón Pelegrín Fuster

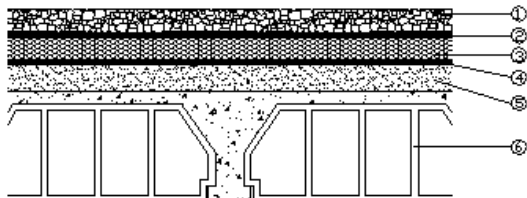
Proyecto Fin de Grado



ANEXO 5. DETALLES CONSTRUCTIVOS.

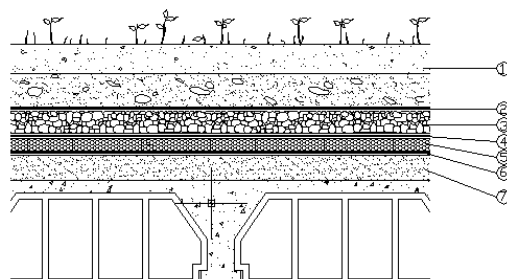


A) PLANCHAS DE POLIESTIRENO EXTRUIDO (XPS) EN CUBIERTAS INVERTIDAS¹.



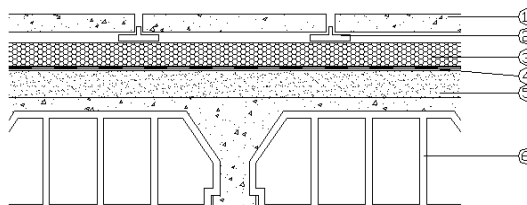
1. Protección de grava.
2. Geotextil.
3. Panel XPS cubierta (liso).
4. Impermeabilización.
5. Formación de pendientes.
6. Forjado.

Detalle A.5.1. Aislamiento en cubierta invertida acabada con capa de grava.



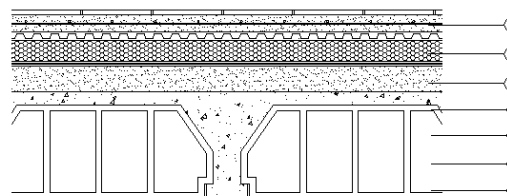
1. Sustrato edafomineral.
2. Filtro geotextil.
3. Drenaje.
4. Filtro geotextil.
5. Panel XPS cubierta (liso).
6. Impermeabilización.
7. Formación de pendientes.
8. Forjado.

Detalle A.5.2. Aislamiento en cubierta invertida. Acabado ajardinado tipo extensivo.



1. Baldosa.
2. Distanciador.
3. Panel XPS cubierta (liso).
4. Impermeabilización.
5. Formación de pendientes.
6. Forjado.

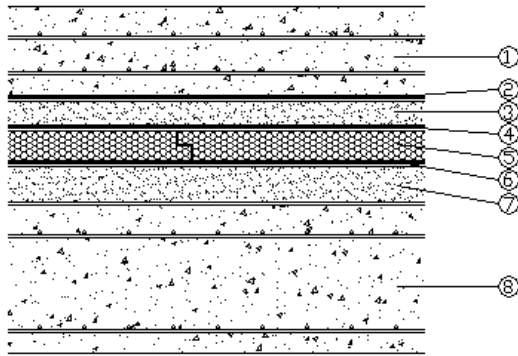
Detalle A.5.3. Aislamiento en cubierta invertida. Acabado con baldosas de hormigón.



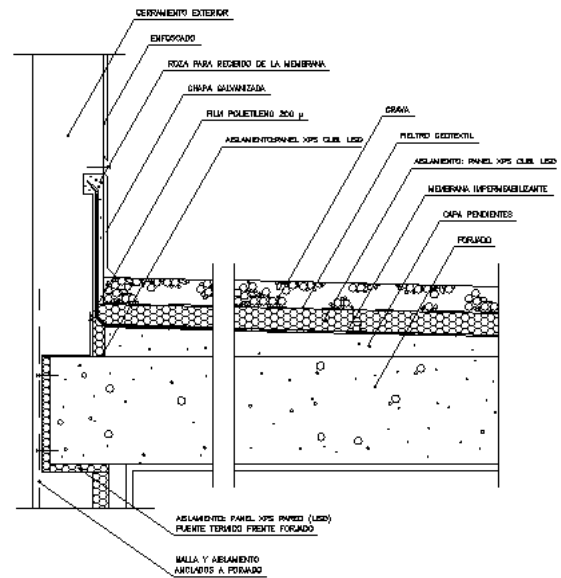
1. Baldosín.
2. Capa de mortero armada.
3. Capa de difusión.
4. Panel XPS cubierta (liso).
5. Impermeabilización.
6. Formación de pendientes.
7. Forjado.

Detalle A.5.4. Aislamiento en cubierta invertida. Acabado con baldosín cerámico.

¹ Información encontrada en la web dow.com/iberica/es

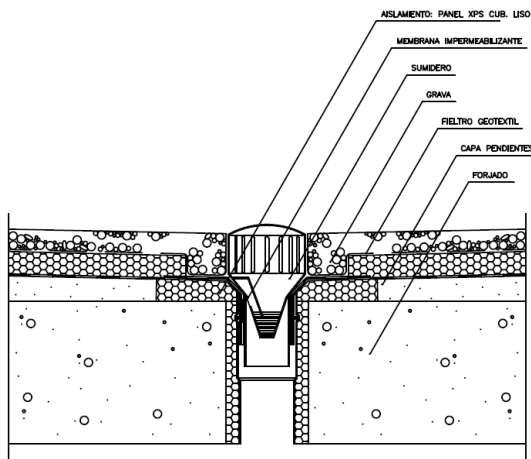


1. Rodadura: losa de hormigón armado.
2. Geotextil.
3. Cama de arena.
4. Geotextil.
5. Panel XPS suelo 5-7 cm.
6. Membrana impermeabilizante.
7. Formación de pendientes.
8. Soporte estructural.

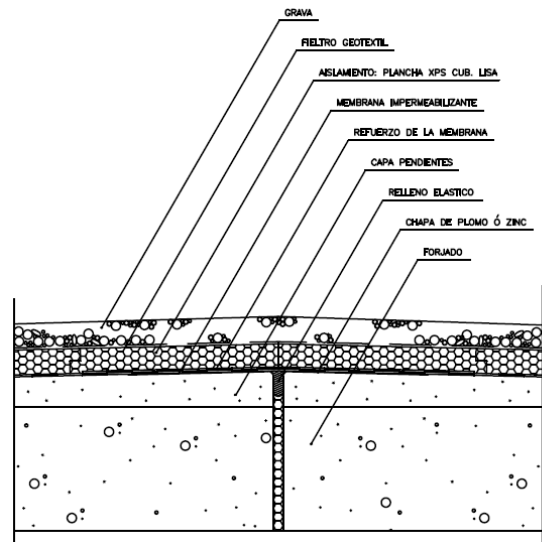


Detalle A.5.6. Peto cubierta invertida no transitable. Acabado en grava.

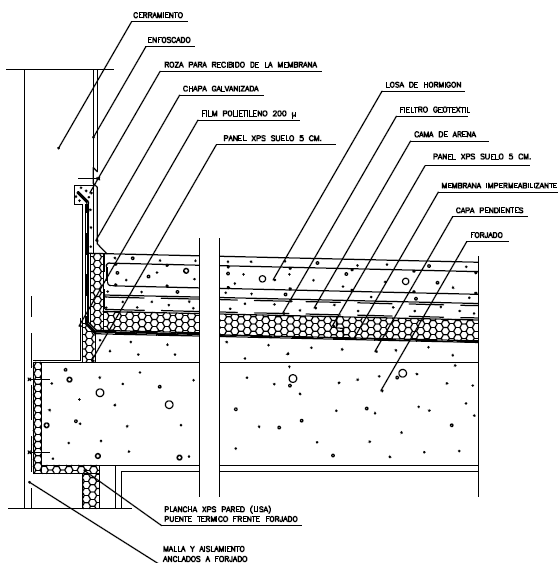
Detalle A.5.5. Aislamiento en cubierta invertida. Losa de hormigón.



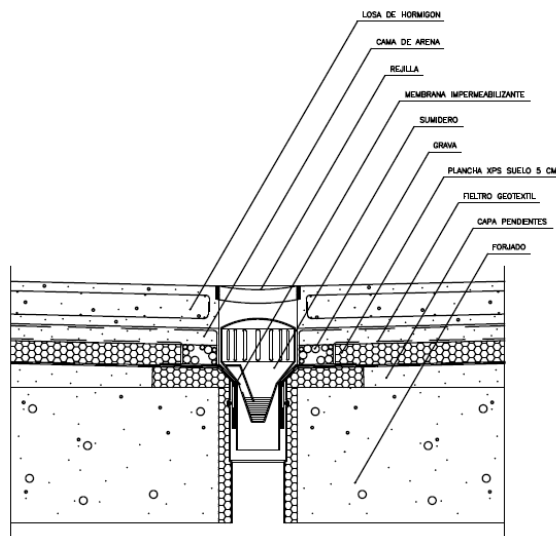
Detalle A.5.7. Sumidero. Cubierta invertida no transitable. Acabado en grava.



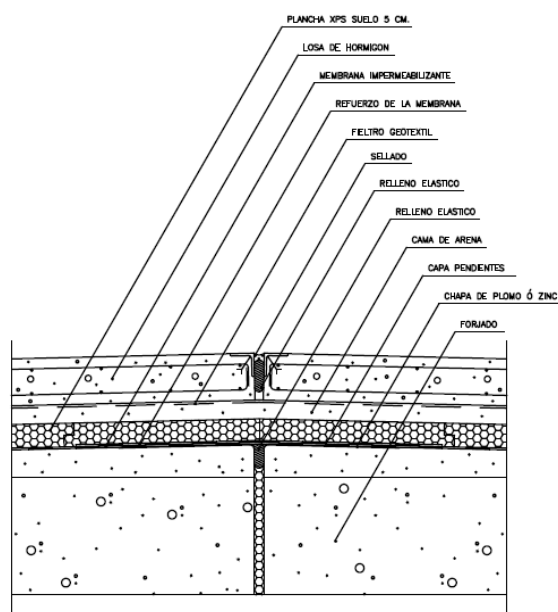
Detalle A.5.8. Junta de dilatación. Cubierta invertida no transitable. Acabado en grava.



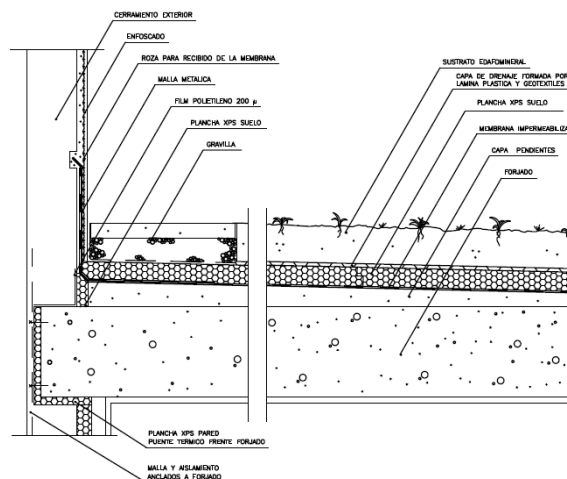
Detalle A.5.9. Peto cubierta invertida para "parking" o garage. Losa de hormigón.



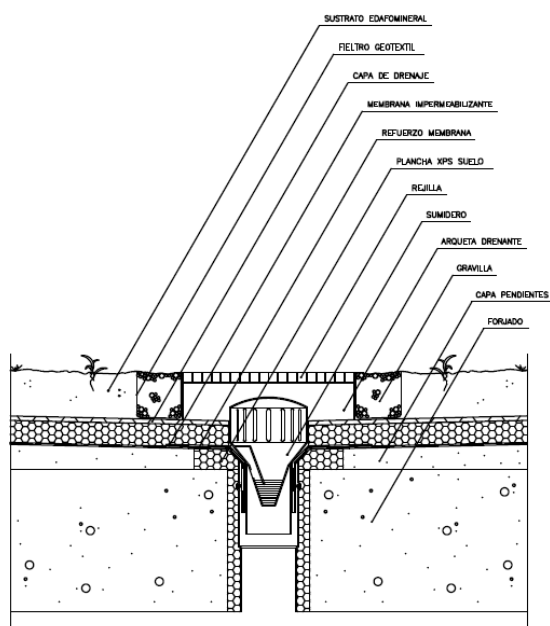
Detalle A.5.10. Sumidero. Cubierta invertida para "parking" o garage. Losa de hormigón.



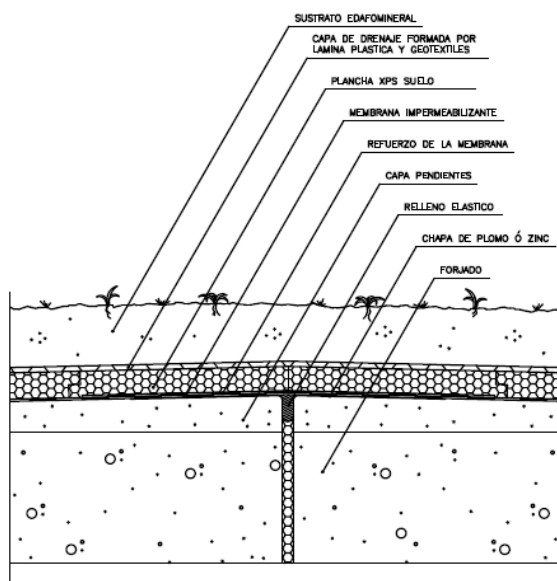
Detalle A.5.11. Junta de dilatación. Losa de hormigón. Cubierta invertida para "parking" o garage. Losa de hormigón.



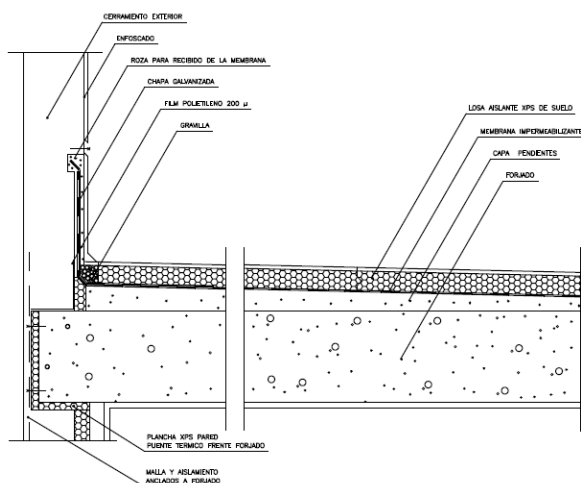
Detalle A.5.12. Peto cubierta invertida ajardinada extensiva.



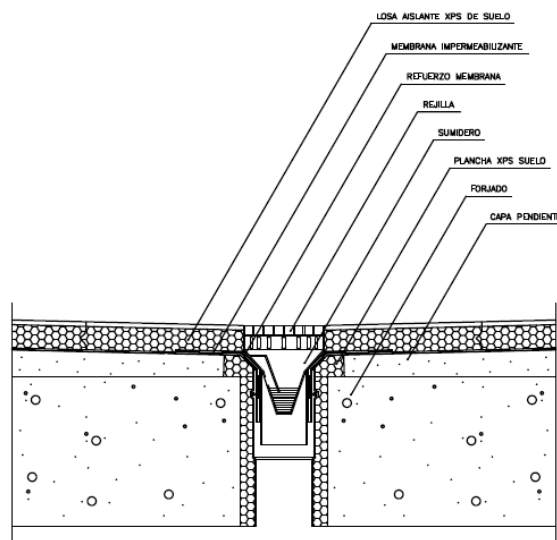
Detalle A.5.13. Sumidero. Cubierta invertida ajardinada extensiva.



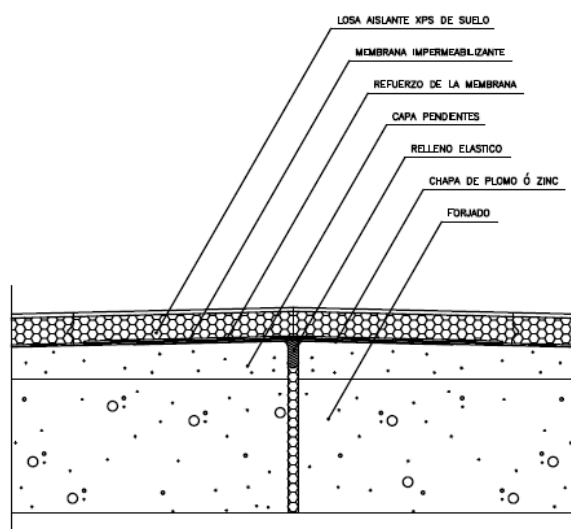
Detalle A.5.14. Junta de dilatación. Cubierta invertida ajardinada extensiva.



Detalle A.5.15. Peto cubierta invertida ligera visible.

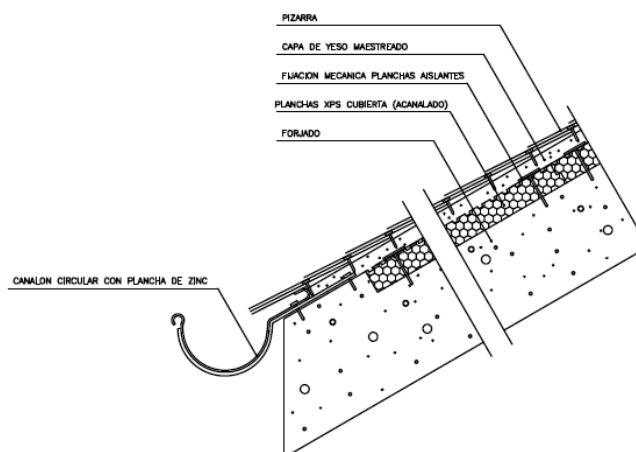


Detalle A.5.16. Sumidero. Cubierta invertida ligera visible.



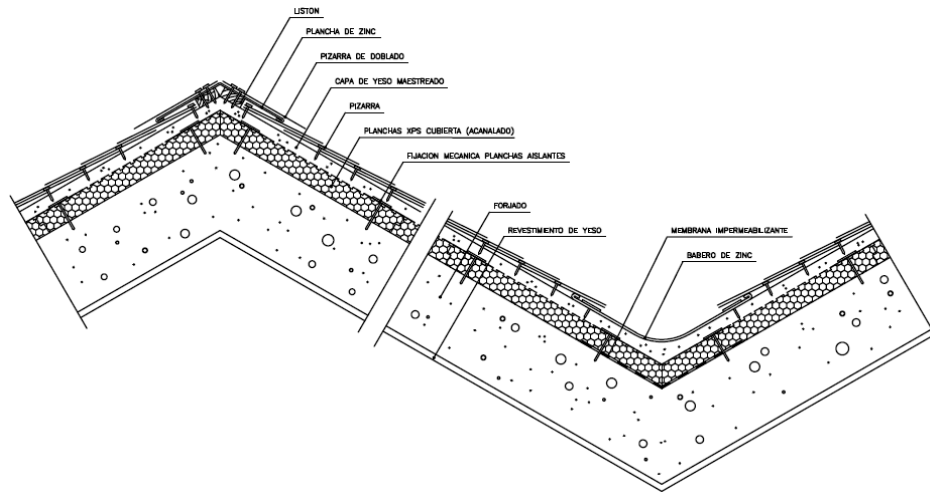
Detalle A.5.17. Junta de dilatación. Cubierta invertida ligera visitable.

B) PLANCHAS DE POLIESTIRENO EXTRUIDO (XPS) EN CUBIERTAS INCLINADAS¹.

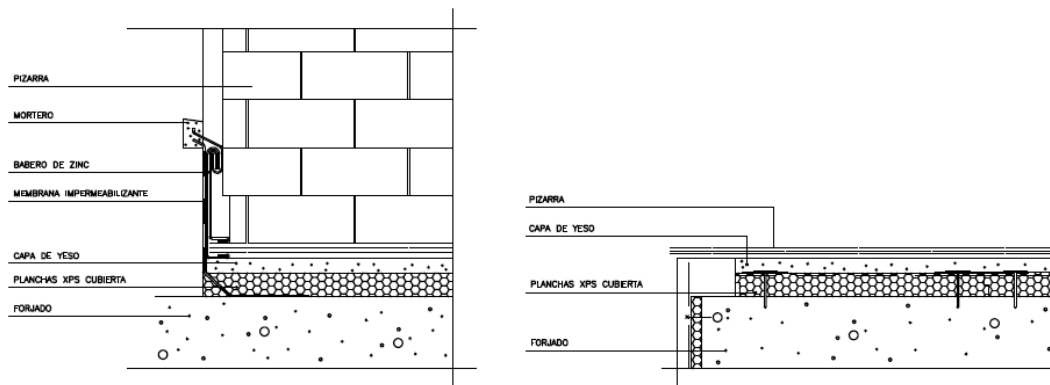


Detalle A.5.18. Alero cubierta inclinada con pizarra sobre capa de yeso maestreado o mortero pobre.

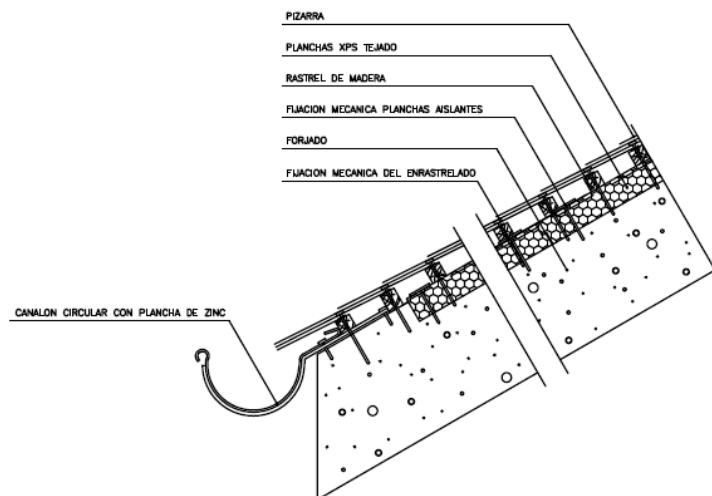
¹ Información encontrada en la web dow.com/iberica/es



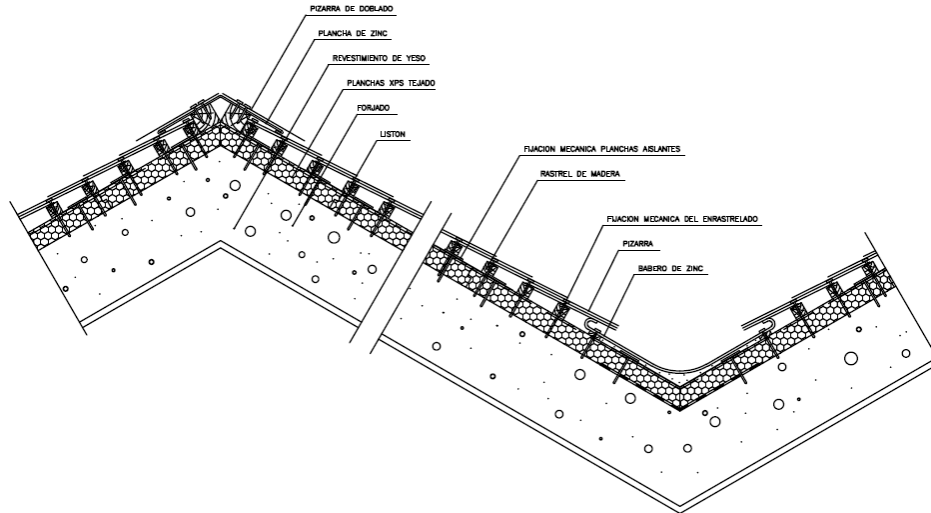
Detalle A.5.19. Cumbre y limahoya. Cubierta inclinada con pizarra sobre capa de yeso maestreado o mortero pobre.



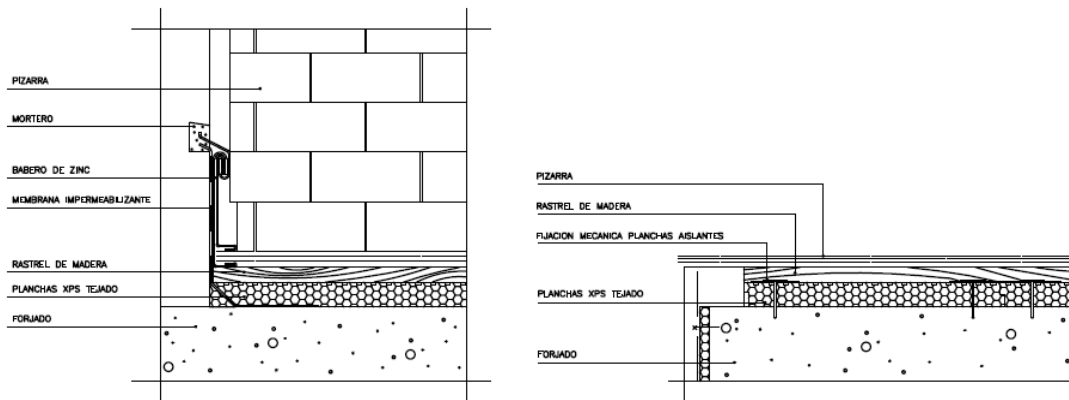
Detalle A.5.20. Encuentro con paramento y borde libre cubierta inclinada con pizarra sobre capa de yeso maestreado o mortero pobre.



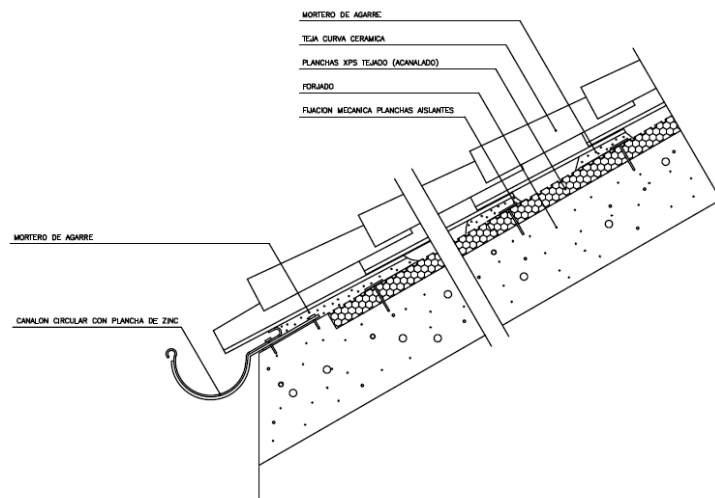
Detalle A.5.21. Alero cubierta inclinada con pizarra sobre enrastrelado.



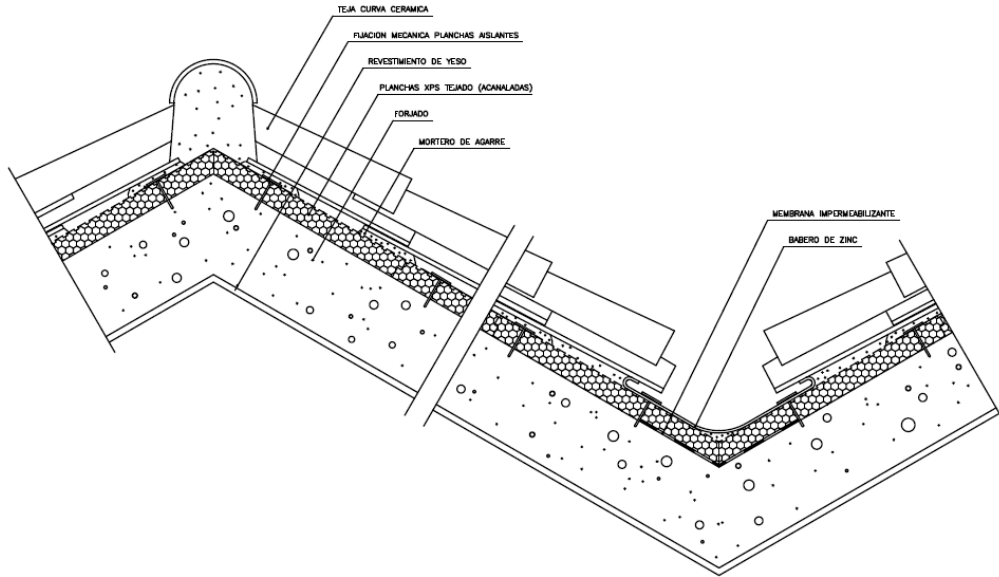
Detalle A.5.22. Cumbre y limahoya. Cubierta inclinada con pizarra sobre enrastrelado.



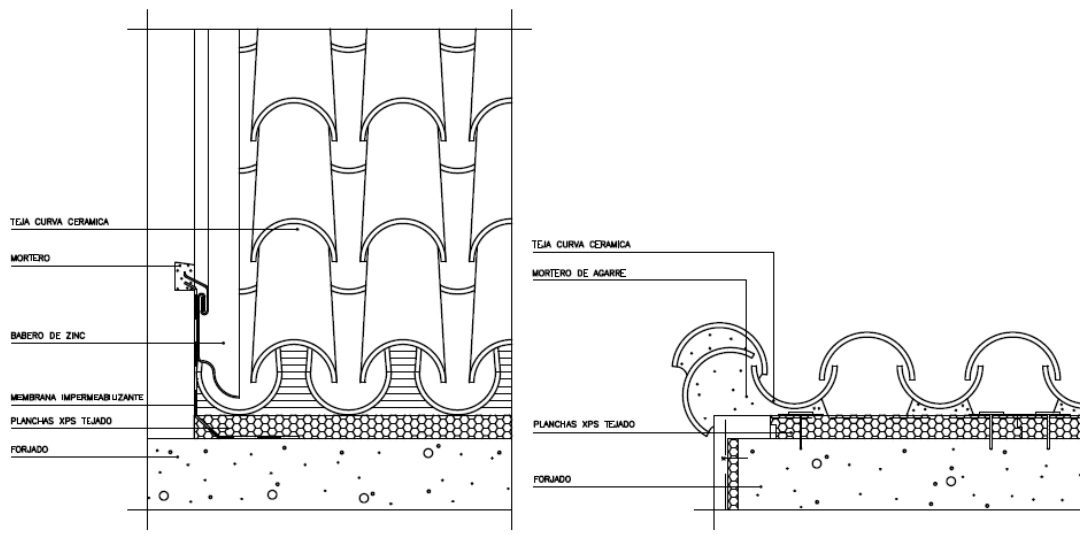
Detalle A.5.23. Encuentro con paramento y borde libre. Cubierta inclinada con pizarra sobre enrastrelado.



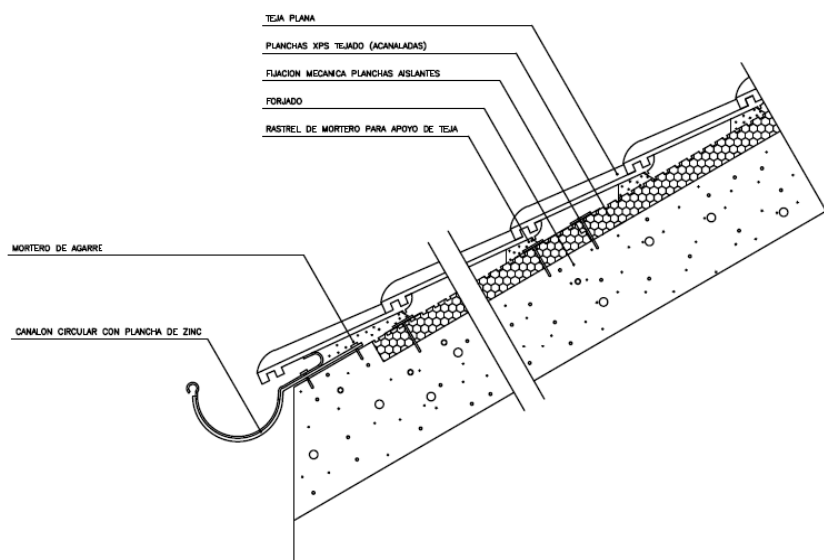
Detalle A.5.24. Alero cubierta inclinada con teja curva cerámica.



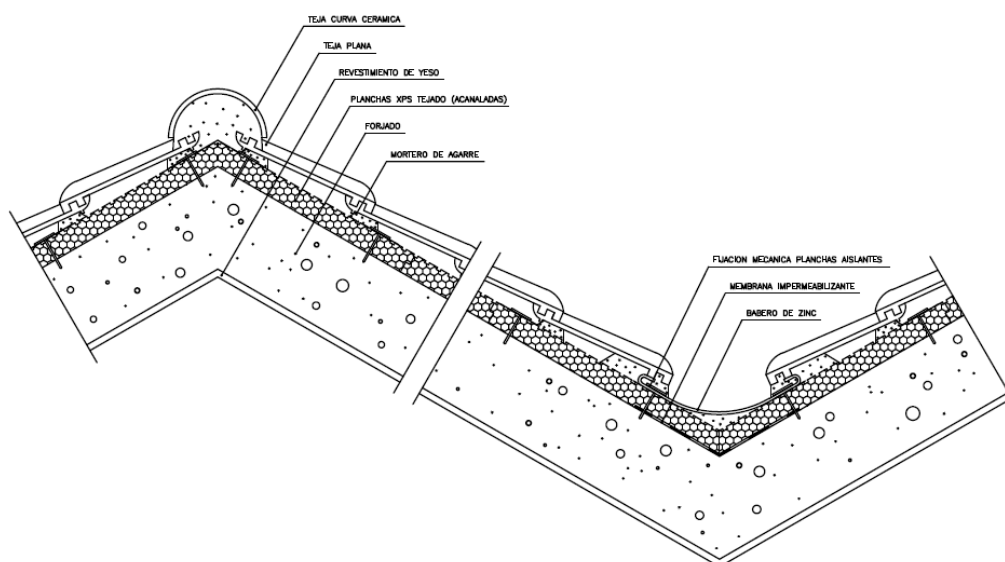
Detalle A.5.25. Cumbre y limahoya. Cubierta inclinada con teja curva cerámica.



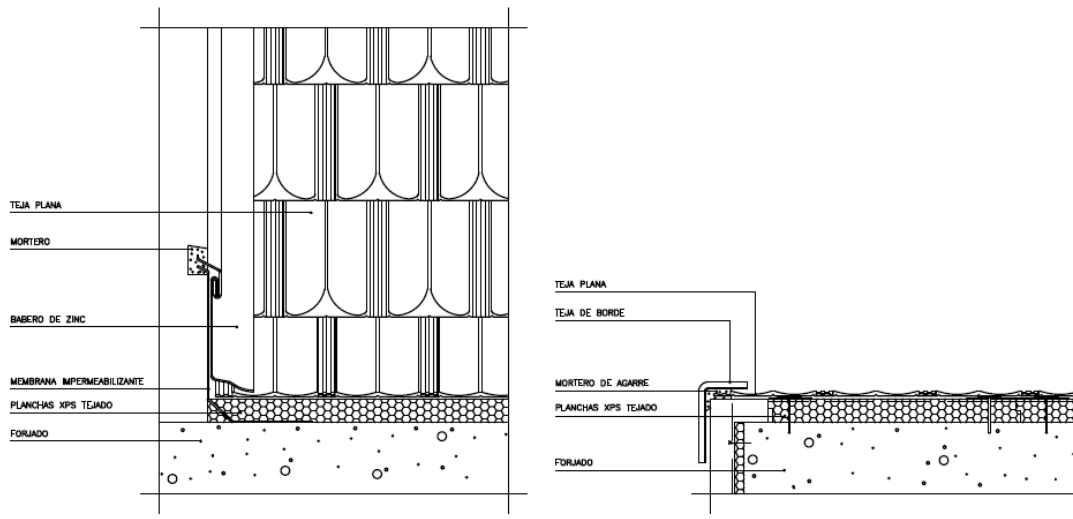
Detalle A.5.26. Encuentro con paramento y borde libre. Cubierta inclinada con teja curva cerámica.



Detalle A.5.27. Alero cubierta inclinada con teja de cemento o cerámica (mixta o plana).



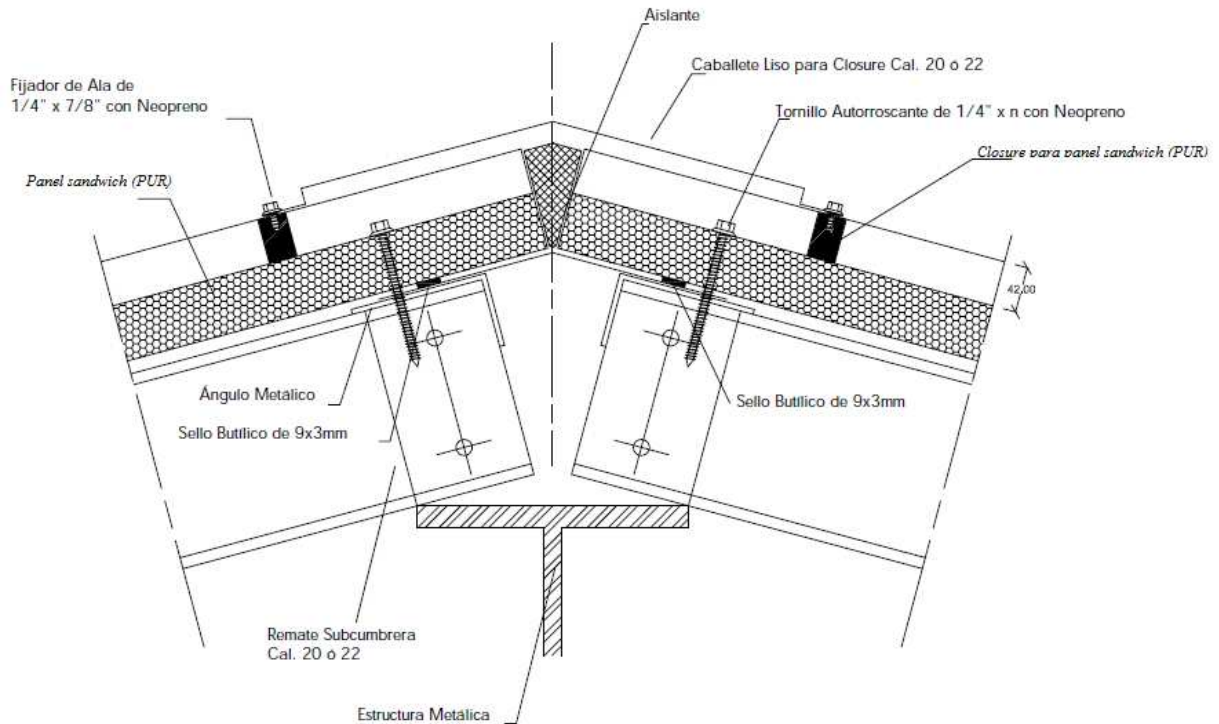
Detalle A.5.28. Cumbre y limahoya. Cubierta inclinada con teja de cemento o cerámica (mixta o plana).



Detalle A.5.29. Encuentro con paramento y borde libre. Cubierta inclinada con teja de cemento o cerámica (mixta o plana).

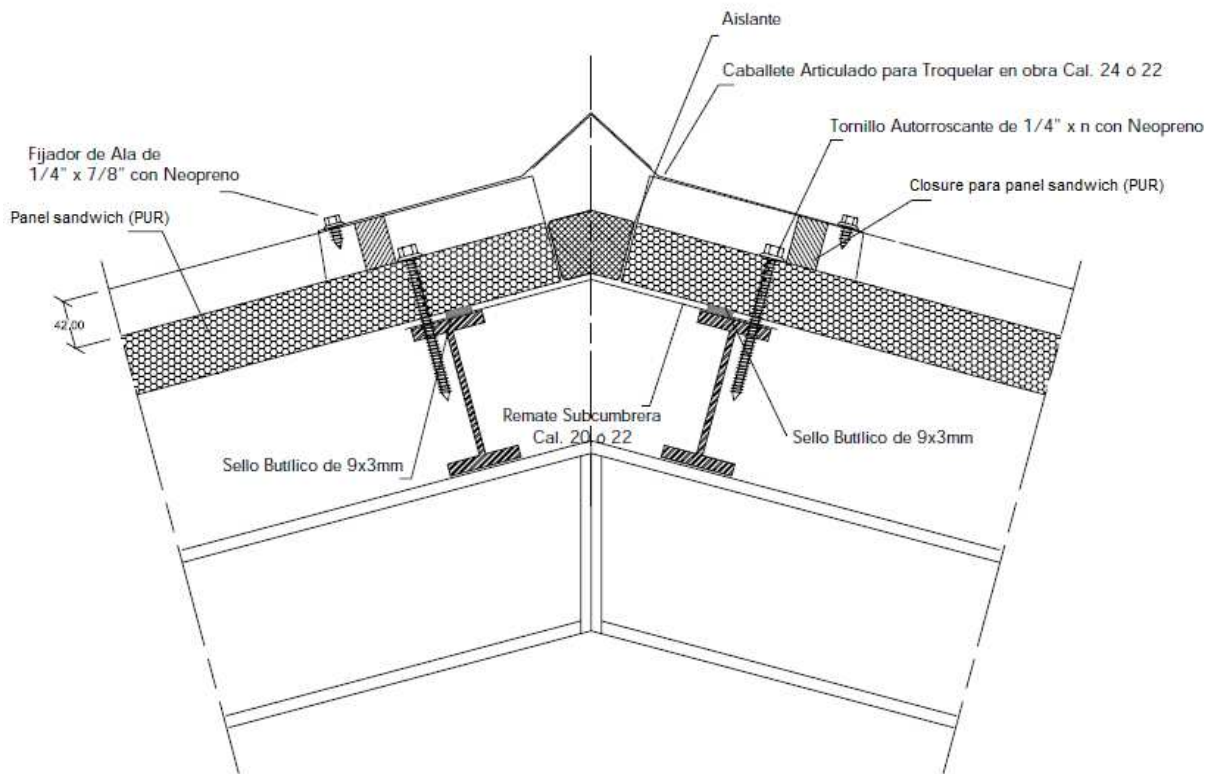


C) PANEL SANDWICH CON ALMA DE POLIURETANO EN CUBIERTAS INDUSTRIALES¹.

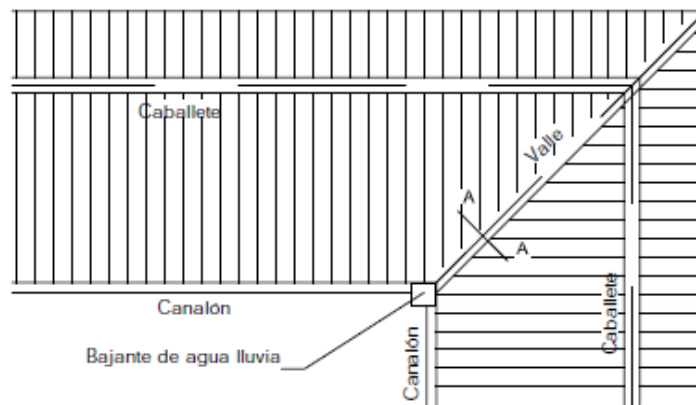
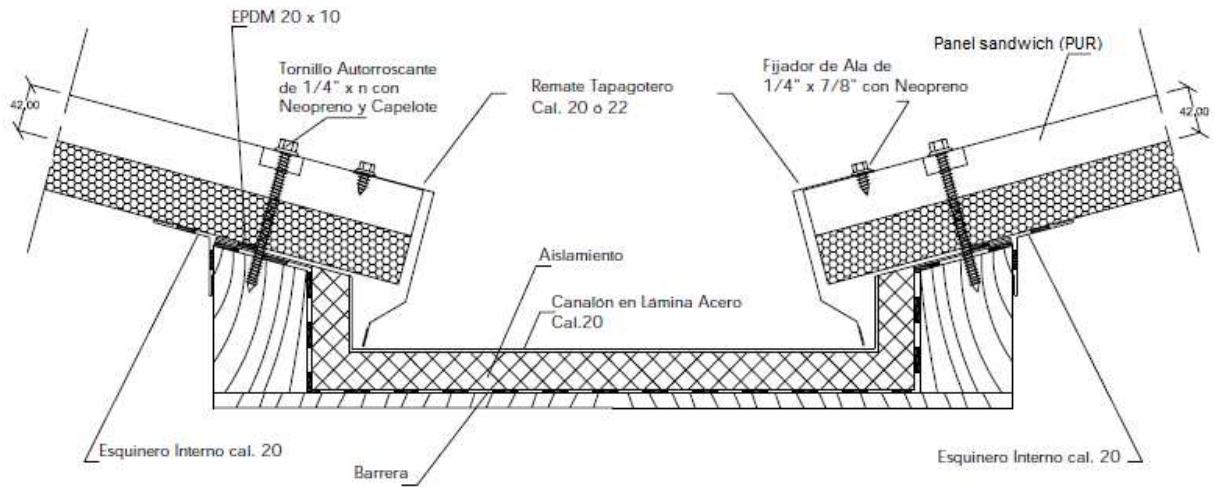


Detalle A.5.30. Detalle de cumbrera con caballete liso. Encuentro de faldones en nave industrial ejecutados con panel sandwich (PUR).

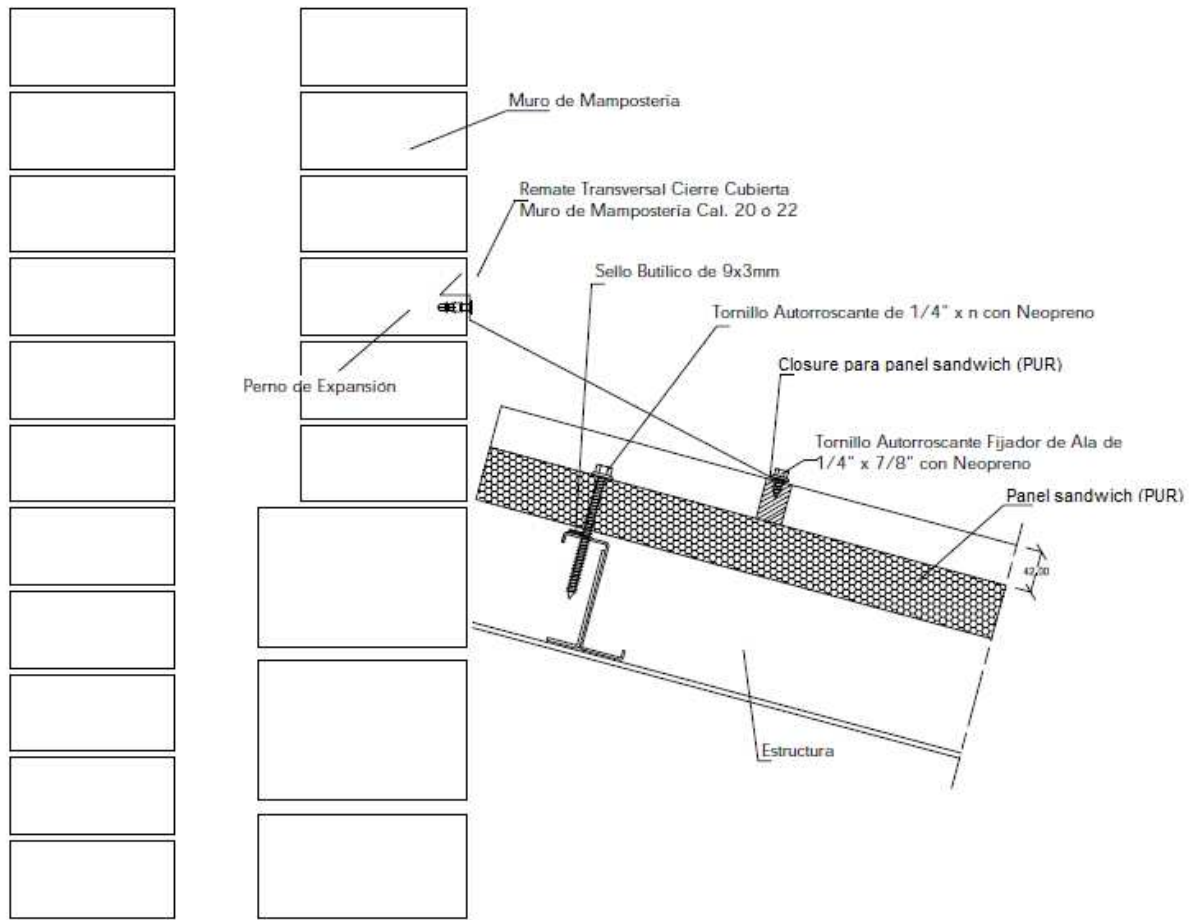
¹ Información encontrada en la web *metecno.es*



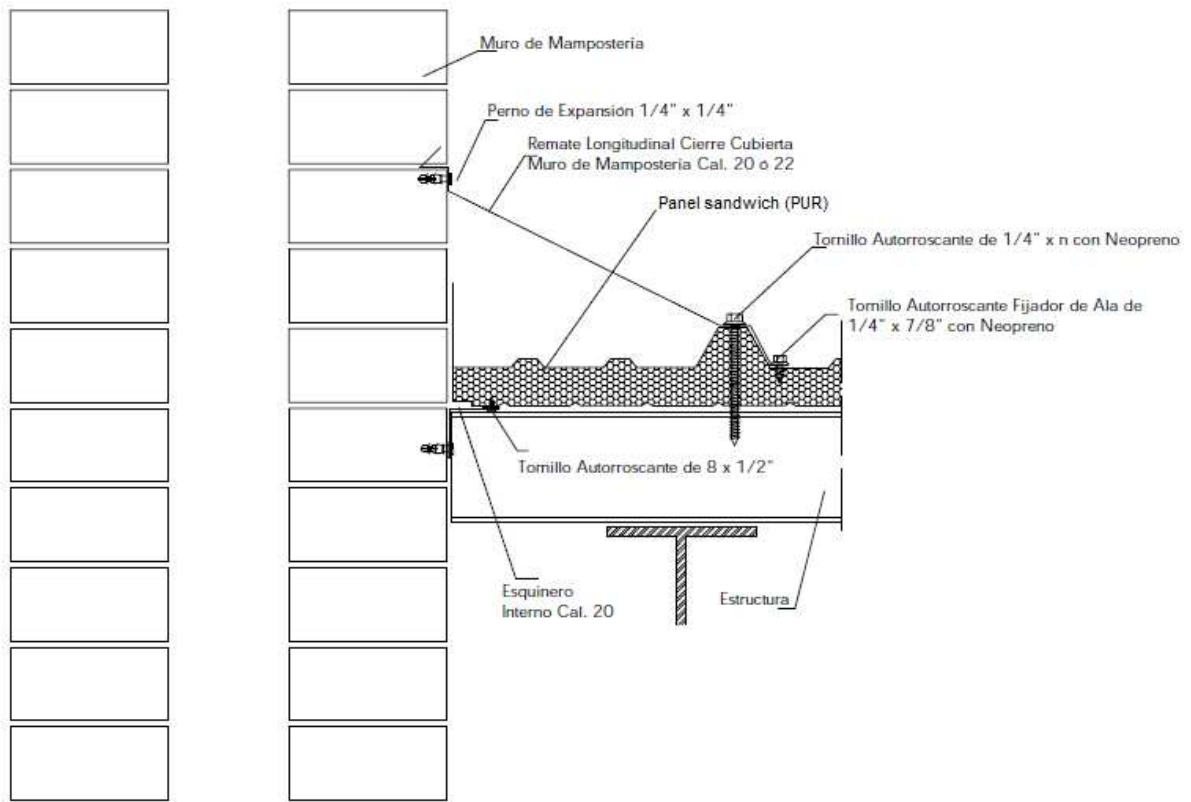
Detalle A.5.31. Detalle de cumbrera con caballete articulado. Encuentro de faldones en nave industrial ejecutados con panel sandwich (PUR).



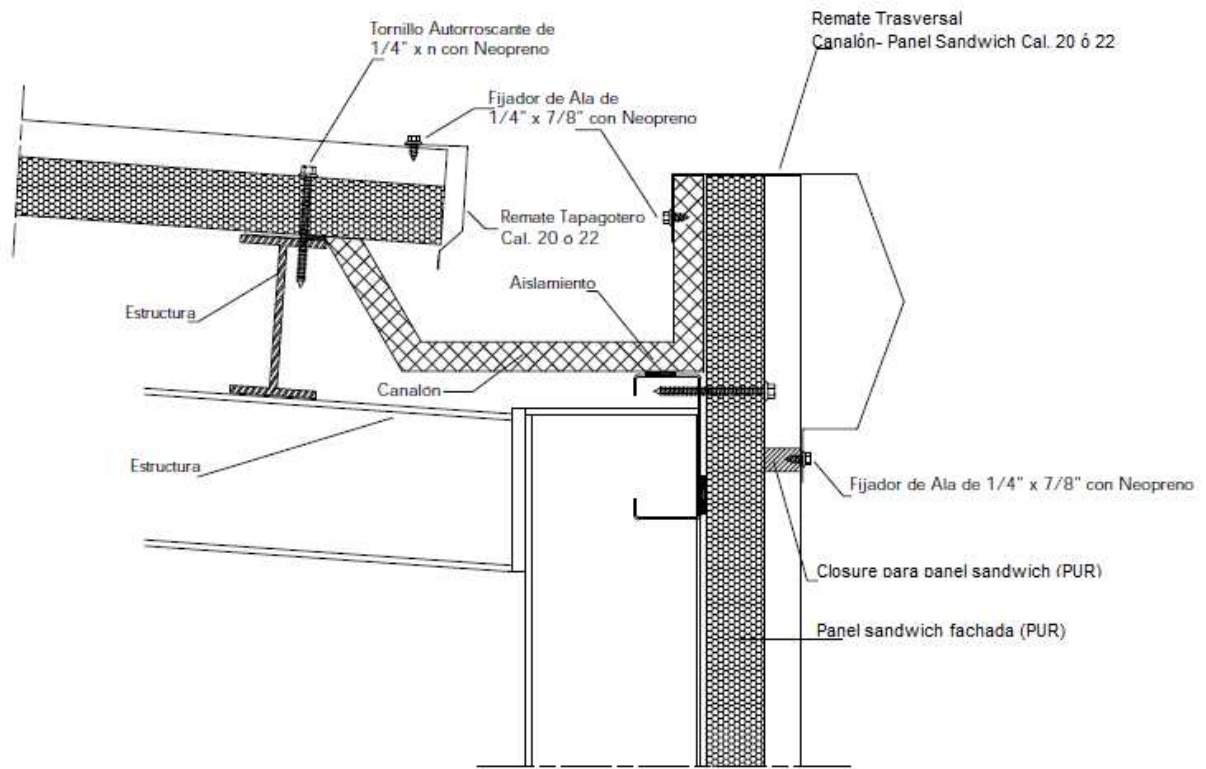
Detalle A.5.32. Detalle de canalón en nave industrial ejecutada con panel sandwich (PUR).



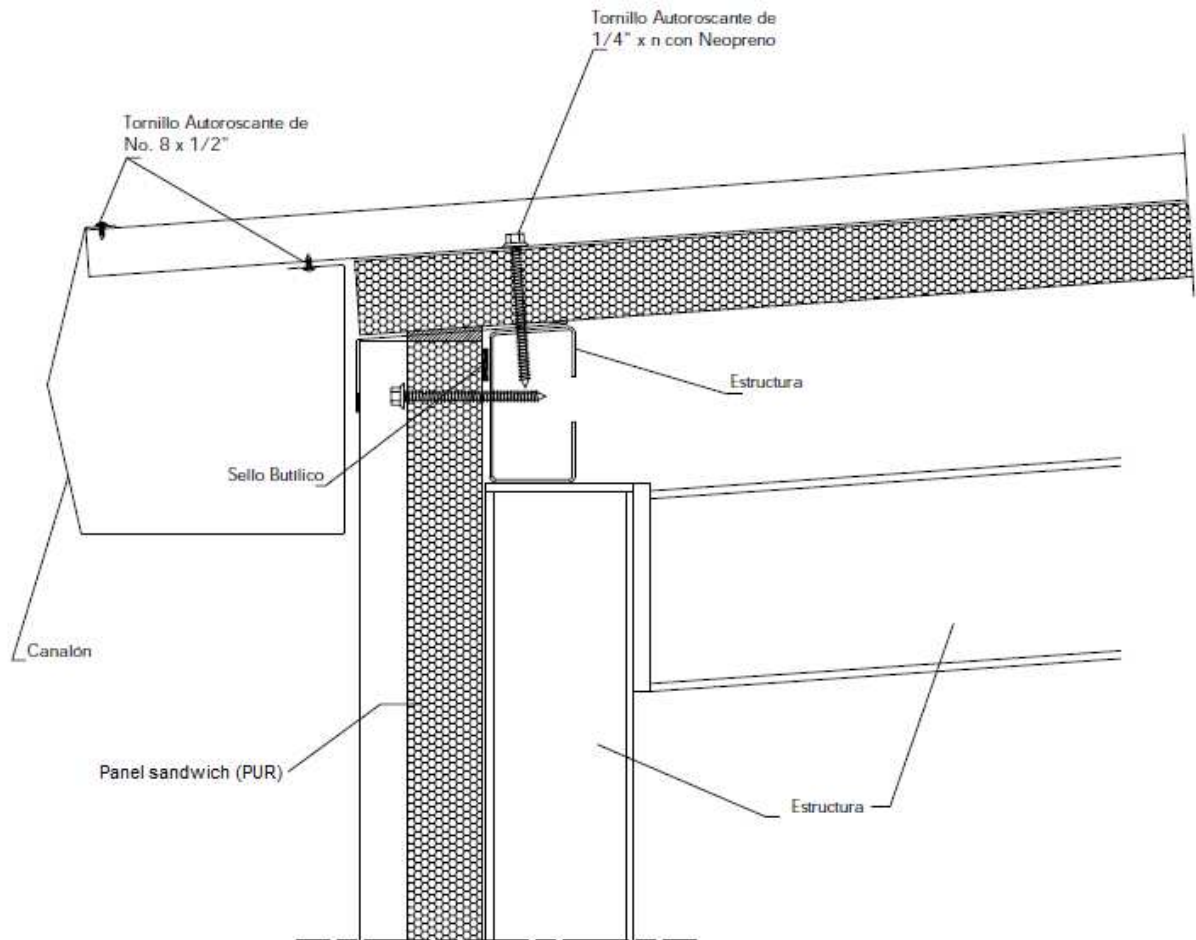
Detalle A.5.33. Encuentro entre muro de mampostería y faldón de nave industrial ejecutado con panel sandwich (PUR). Remate transversal.



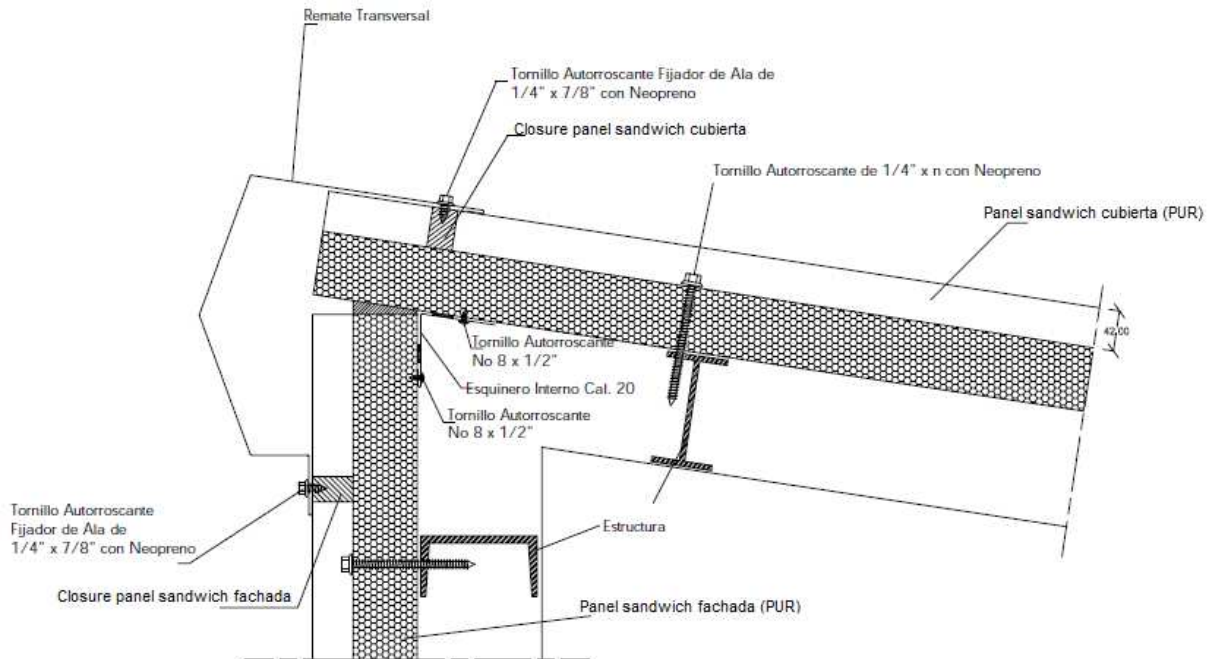
Detalle A.5.34. Encuentro entre muro de mampostería y cubierta de nave industrial ejecutada con panel sandwich (PUR). Remate longitudinal.



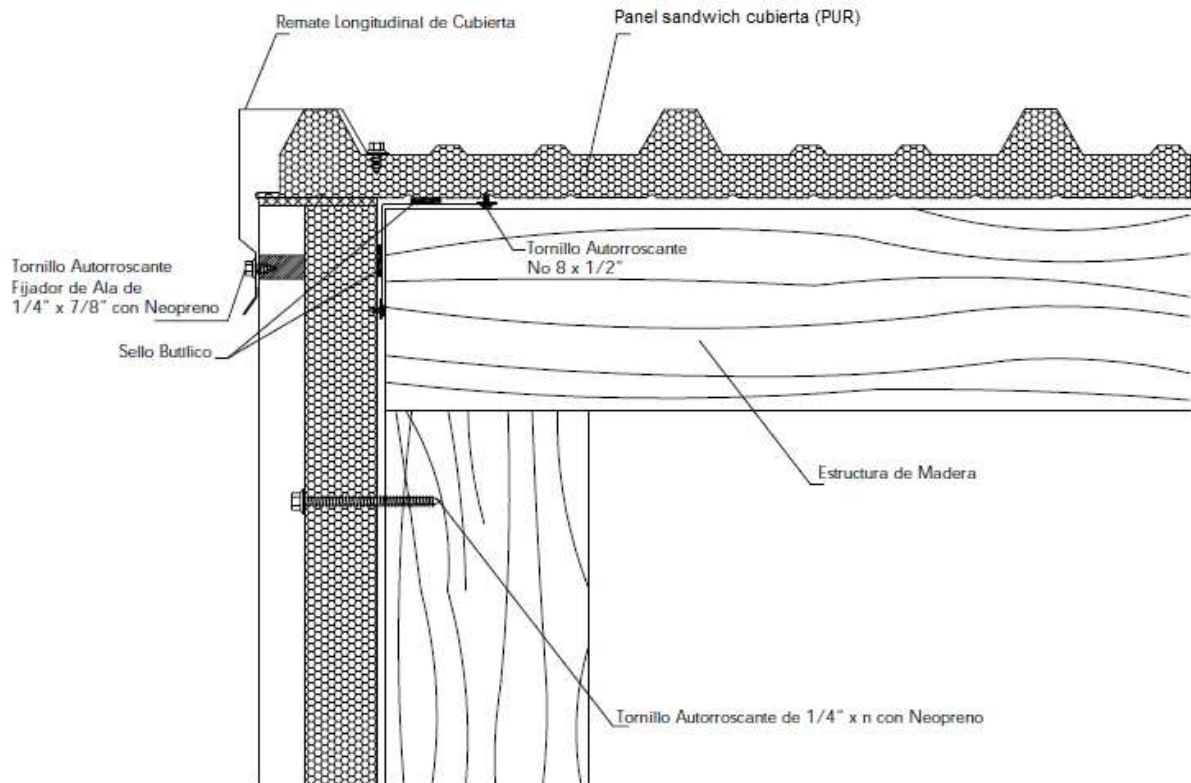
Detalle A.5.35. Ejecución de canalón entre panel sandwich de fachada y borde de faldón de cubierta (canalón oculto).



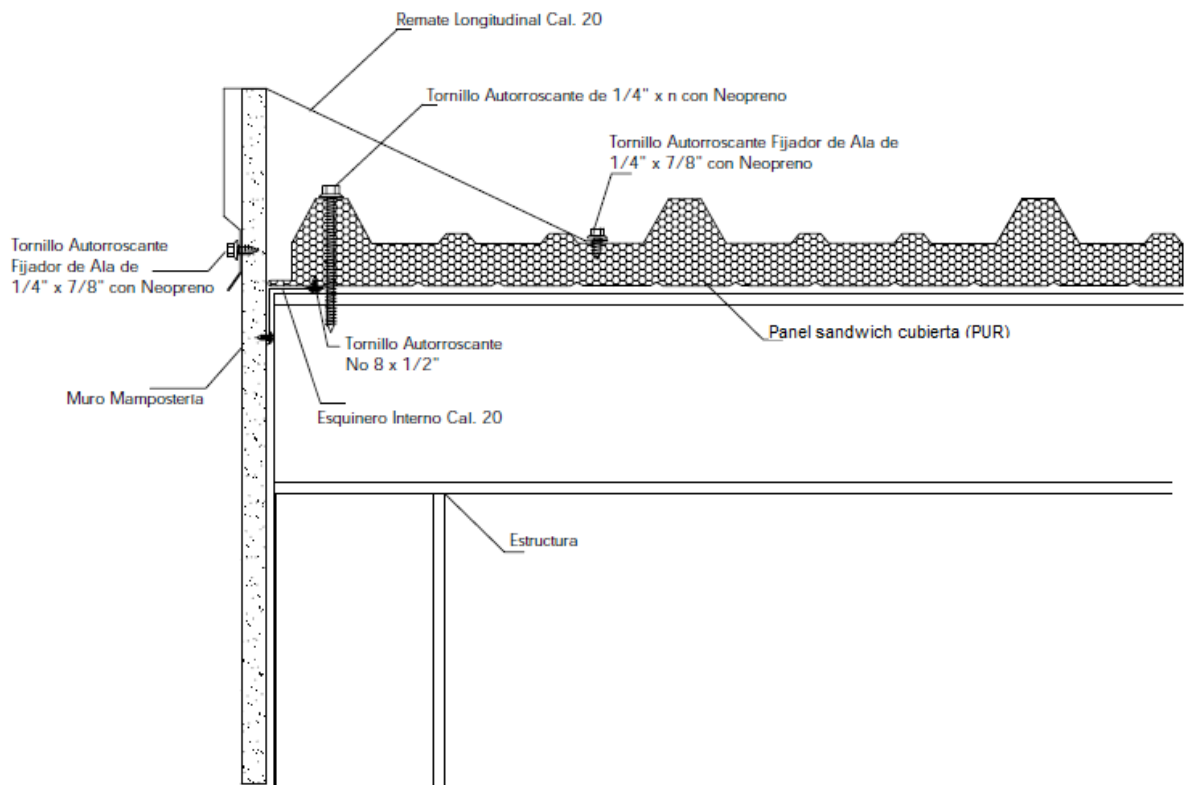
Detalle A.5.36. Encuentro entre fachada y cubierta industrial, ejecutadas con panel sandwich (PUR). Canalón visto.



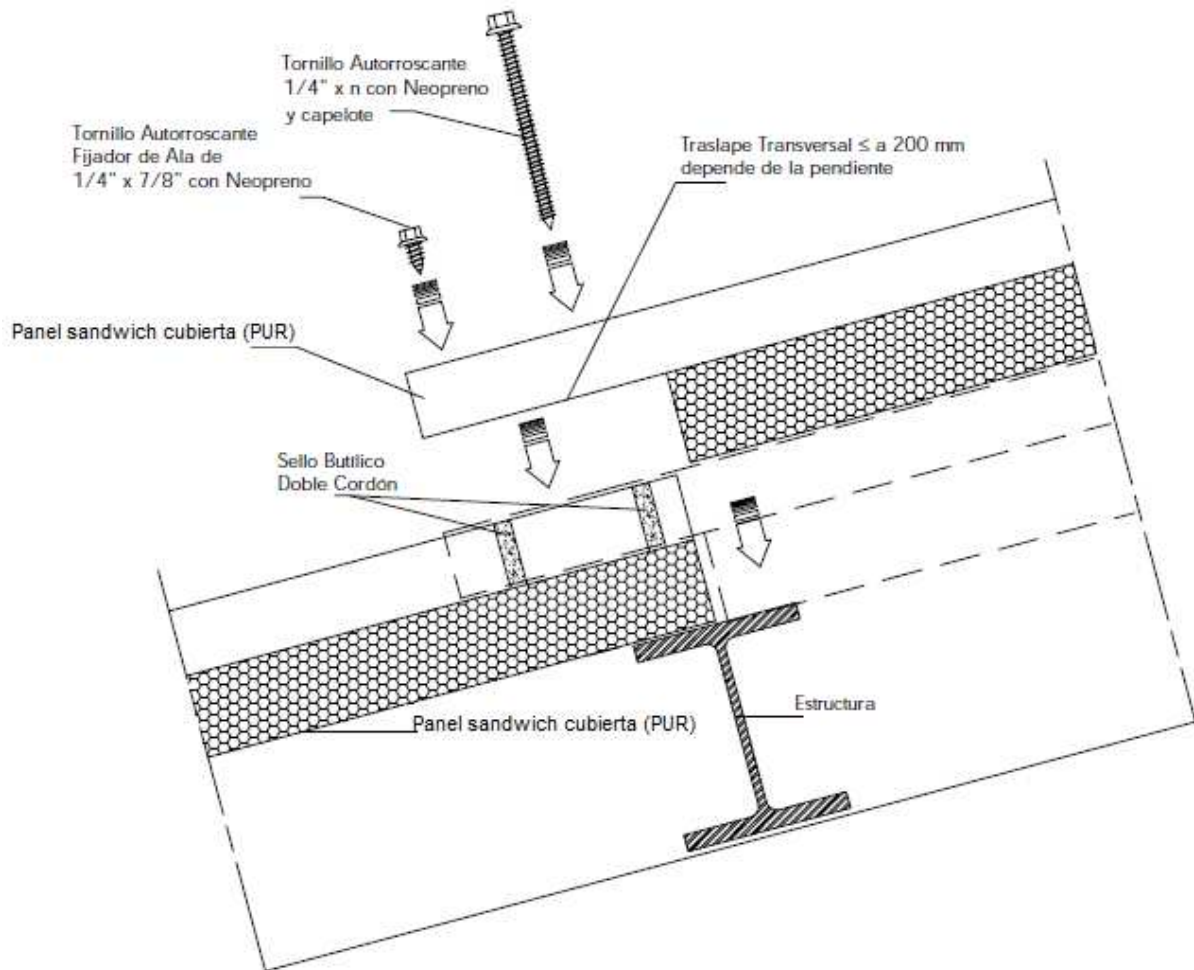
Detalle A.5.37. Encuentro entre fachada y cubierta industrial, ejecutadas ambas con panel sandwich (PUR). Remate lateral visto.



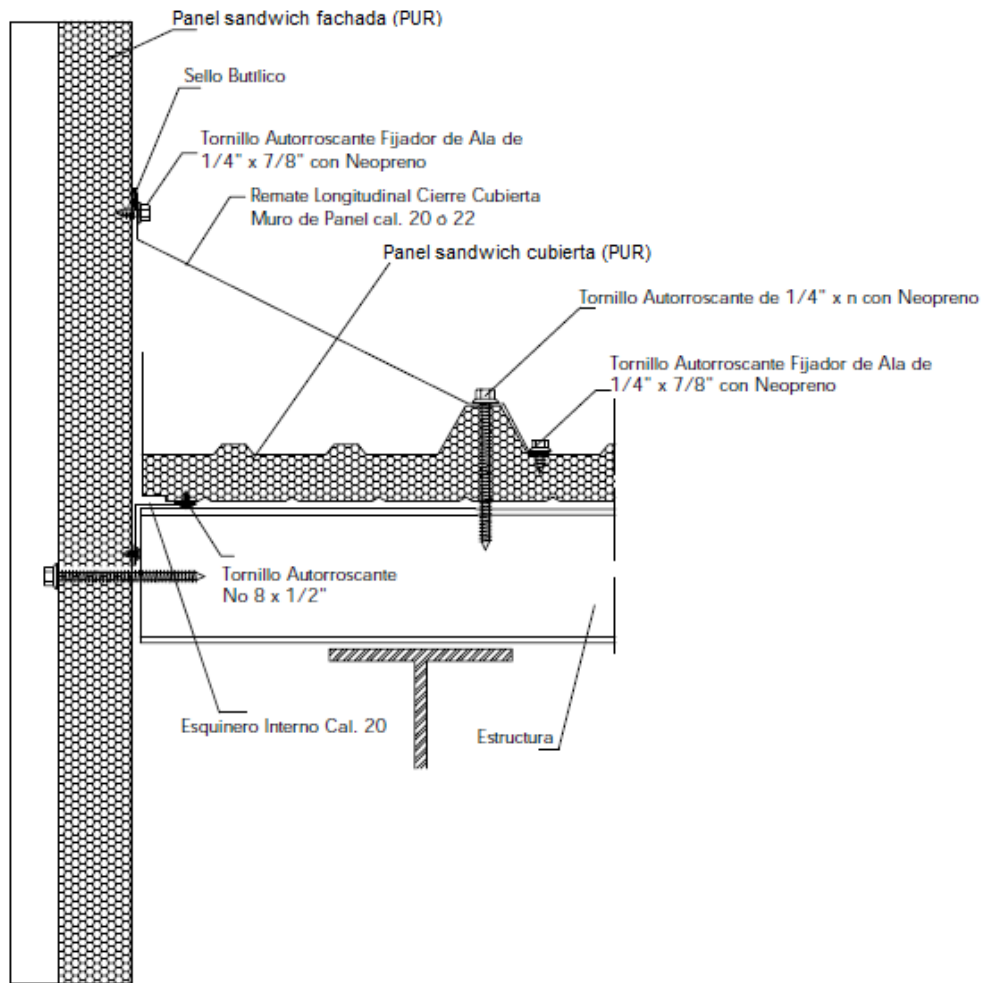
Detalle A.5.38. Encuentro entre fachada y cubierta, ejecutadas ambas con panel sandwich (PUR). Estructura de madera.



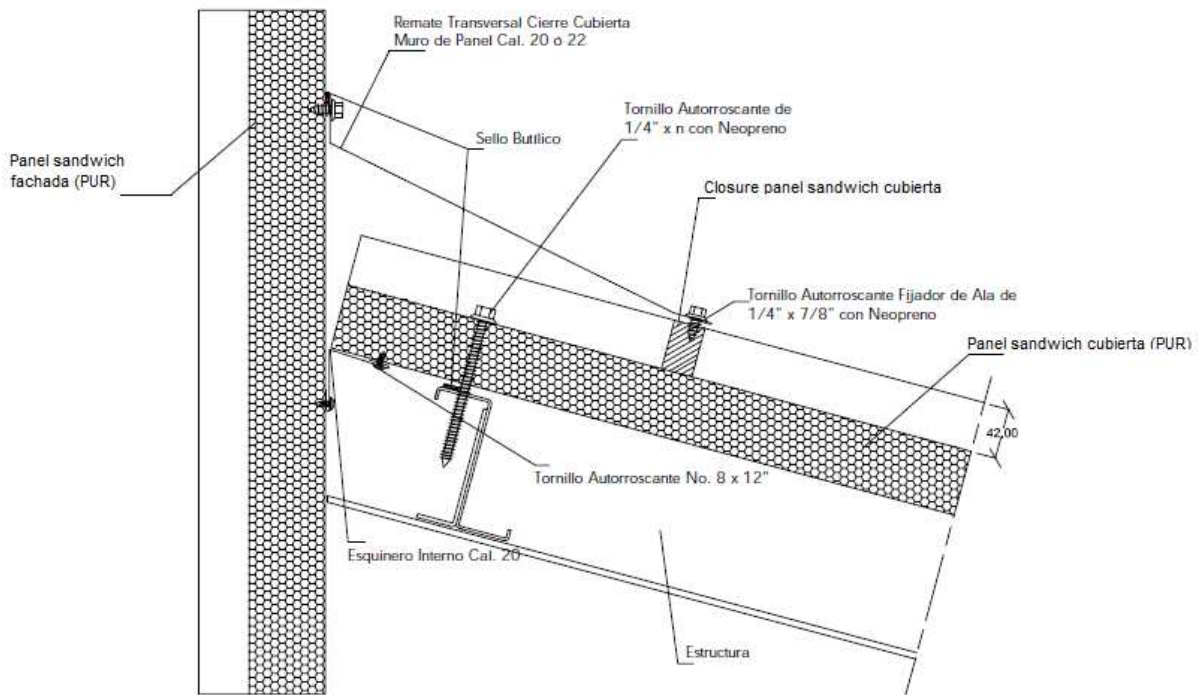
Detalle A.5.39. Encuentro entre fachada, ejecutada con muro de mampostería, y cubierta, ejecutada con panel sandwich (PUR). Estructura metálica.



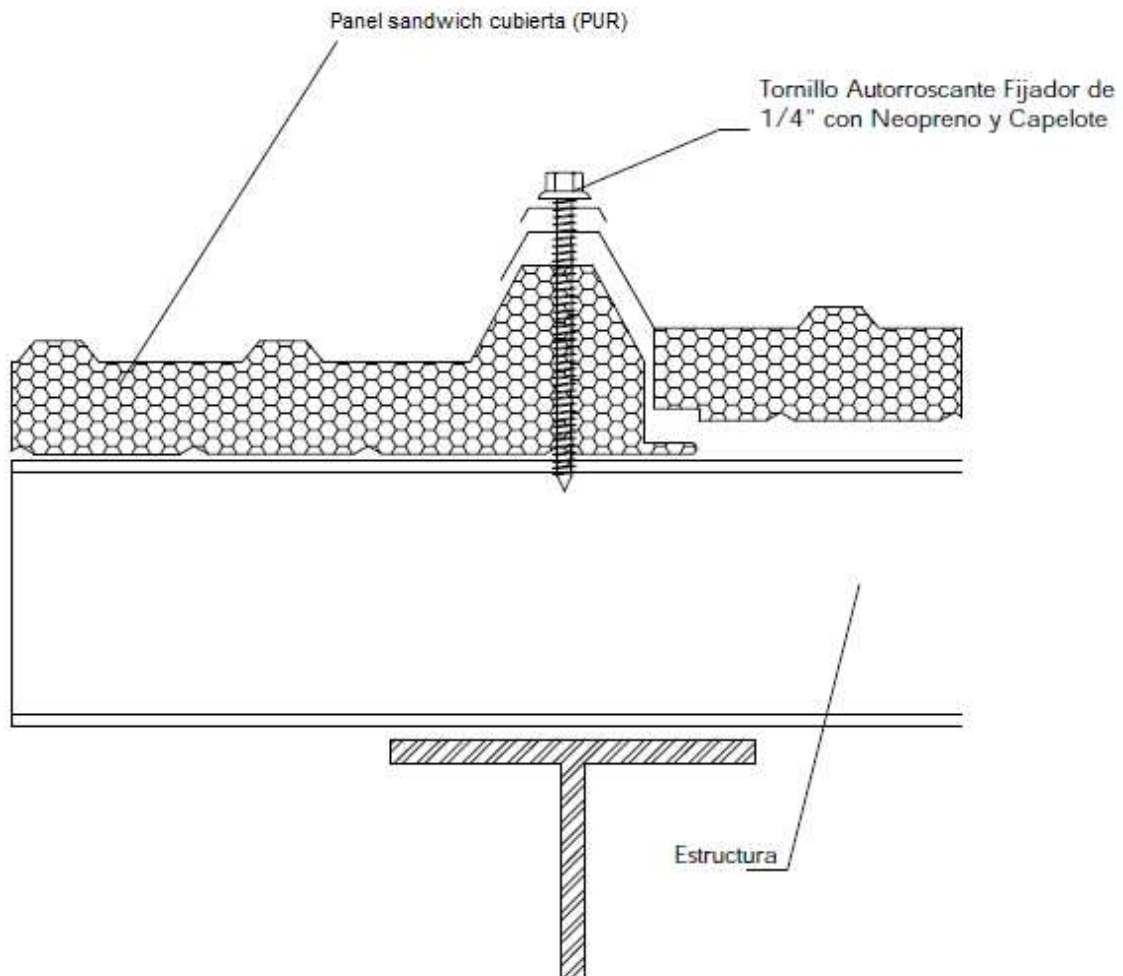
Detalle A.5.40. Traslape transversal en cubierta industrial ejecutada con panel sandwich (PUR). Estructura metálica.



Detalle A.5.41. Encuentro perpendicular entre fachada y cubierta industrial, ejecutadas ambas con panel sandwich. Estructura metálica.



Detalle A.5.42. Encuentro entre fachada y cubierta industrial, ejecutadas ambas con panel sandwich. Remate transversal. Estructura metálica.



Detalle A.5.43. Unión entre paneles sandwich de cubierta (PUR). Tornillo autorroscante con neopreno y capelote.