



CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DE LA ENVOLVENTE EDIFICATORIA

Construcción Arquitectónica III

Autora:

Mercedes Galiana Agulló

Colaboran:

Nuria Rosa Roca

Eloísa González Ponce

Grado en Arquitectura

Edita: SERVICIO DE PUBLICACIONES
UCAM UNIVERSIDAD CATÓLICA DE MURCIA
Campus de los Jerónimos, 135
30107 Guadalupe (Murcia)
Tlf: (+34) 968 27 88 11
Año: 2021
ISBN: 978-84-18579-80-6

Mercedes Galiana Agulló
mgaliana@ucam.edu

Índice

Tema 1 – La envolvente de los edificios	9
1. Introducción	9
2. Componentes de la envolvente	11
2.1. Cerramiento superior	11
2.1.1. Cubiertas en contacto con el aire	12
2.1.2. Cubiertas en contacto con espacios no habitables	12
2.1.3. Lucernarios	13
2.1.4. Cubiertas enterradas	14
2.2. Cerramiento perimetral	14
2.2.1. Fachadas	14
2.2.2. Medianeras	14
2.2.3. Muros en contacto con espacios no habitables	16
2.2.4. Huecos	16
2.2.5. Muros en contacto con el terreno	17
2.3. Cerramiento inferior	18
2.3.1. Suelos en contacto con el terreno	18
2.3.2. Suelos en contacto con espacios no habitables	19
2.3.3. Suelos en contacto con el aire	20
Tema 2 – Acondicionamiento de los edificios	23
1. Condicionantes que intervienen	23
1.1. Condicionantes externos	23
1.1.1. El clima	23
1.1.2. El agua	24
1.1.3. Otros	25
1.2. Condicionantes internos del edificio	26
1.2.1. Tipología, forma y volumetría	26
1.2.2. Uso	29

2. Requisitos exigibles a la envolvente	31
2.1. Estanqueidad	31
2.2. Protección térmica. Ahorro de energía	35
2.3. Protección frente al ruido	38
2.4. Seguridad en caso de incendio	43
2.4.1. Fachadas	43
2.4.2. Cubiertas	47
2.5. Seguridad de utilización	48
2.6. Estética	50
2.7. Sostenibilidad	50
2.8. Seguridad estructural	50

Tema 3 – Protección contra las humedades _____ **51**

1. Tipos de humedades	51
1.1. Humedades de obra	51
1.2. Humedades por capilaridad	53
1.3. Humedades de filtración	55
1.4. Humedades de condensación	60
1.5. Humedades accidentales	62
2. Filtraciones	63
2.1. Filtraciones por muros	63
2.2. Filtraciones por suelos	66
2.3. Filtraciones por fachadas	69
2.4. Filtraciones por cubiertas	78
3. Condensaciones	83

Tema 4 – La envolvente estanca compacta _____ **85**

1. Elementos de contención	85
1.1. Pantallas	85
1.2. Muros	96
1.2.1. Juntas	107

1.2.2. Impermeabilización	109
1.2.2.1. Impermeabilización discontinua. Láminas impermeabilizantes	110
1.2.2.2. Impermeabilización continua	111
1.2.3. Drenaje	112
1.2.3.1. Dren de gravas	113
1.2.3.2. Lámina drenante	113
1.2.3.3. Fábrica de bloque poroso	114
1.2.3.4. Pozo drenante	115
2. Suelos	117
2.1. Suelos en contacto con el terreno	117
2.2. Suelos en contacto con espacios no habitables	121
2.2.1. Forjados sanitarios	121
2.2.2. Soleras elevadas o ventiladas	125
<i>Tema 5 – La envolvente estanca masiva</i>	129
1. Fachadas	129
2. Tipos de muros de fachada y requerimientos	131
3. Evolución del cerramiento vertical	133
4. Fachadas capuchinas	143
4.1. Revestimiento exterior	143
4.2. Hoja exterior	143
4.3. Revestimiento interior de la hoja exterior	145
4.4. Cámara de aire	146
4.5. Aislamiento térmico	146
4.6. Hoja interior	147
4.7. Revestimiento interior	149
4.8. Carpintería exterior	150
5. Integración de instalaciones	173
6. Otros sistemas de fachada pesada	185
6.1. Moldeado de vidrio	185
6.1.1. Propiedades	187
6.1.2. Puesta en obra	188

6.2. Paneles de hormigón prefabricado	191
---------------------------------------	-----

Tema 6 – La envolvente estanca ligera 197

1. Fachadas ventiladas	197
1.1. Conceptos previos	197
1.2. Características del sistema	197
1.3. Clasificación	201
1.4. Componentes del sistema	201
1.4.1. Hoja interior portante o soporte	201
1.4.2. Aislamiento	202
1.4.3. Cámara de aire	204
1.4.4. Sistema de sujeción	204
1.4.4.1. Fijaciones puntuales	205
1.4.4.2. Estructura auxiliar portante	207
1.4.5. Material de acabado	211
1.4.5.1. Piedra natural	211
1.4.5.2. Hormigón polímero	212
1.4.5.3. GRC	212
1.4.5.4. Placa cerámica (gres o gres porcelánico)	212
1.4.5.5. Planchas metálicas	213
1.4.5.6. Planchas de madera	214
1.4.5.7. Paneles de celulosa de alta presión	215
1.4.5.1. Placas cementicias	215
1.4.6. Elementos auxiliares y piezas de remate	216
1.5. Consideraciones para la puesta en obra	217
2. Fachadas con sistemas de aislamiento térmico por el exterior (SATE)	219
2.1. Componentes del sistema	220
2.1.1. Soporte	220
2.1.2. Perfil de arranque	221
2.1.3. Planchas aislantes	222

2.1.4. Acabados	227
2.1.4.1. Morteros de revestimiento	227
2.1.4.2. Acabado cerámico	227
2.1.5. Elementos complementarios	229
3. Fachadas verdes o vegetales	233
4. Muro cortina	237
4.1. Sistemas de bastidor	237
4.2. Fachada panel	246
4.3. Sistemas de doble piel	249
4.4. Muros cortina singulares	251
4.4.1. Muros cortina activos	251
4.4.2. Muros cortina fotovoltaicos	251
5. U-Glass	253
5.1. Tipologías	255
5.2. Características	256
5.2.1. Dimensiones	256
5.2.2. Comportamiento térmico	256
5.2.3. Comportamiento acústico	256
5.2.4. Comportamiento frente al fuego	257
5.2.5. Resistencia mecánica	257
5.3. Puesta en obra	257
Tema 7– Cubiertas planas	261
1. Introducción	261
2. Aproximación histórica	263
3. Definición	264
4. Tipos de cubiertas planas	275
4.1. Cubiertas transitables	277
4.1.1. Cubiertas transitables calientes	277
4.1.1.1. Cubierta con solado fijo	277
4.1.1.2. Cubierta invertida con solado fijo	279
4.1.1.3. Cubierta invertida con pavimento flotante (losa filtrante)	281

4.1.2. Cubiertas transitables frías o ventiladas _____	283
4.1.2.1. Cubierta a la catalana _____	283
4.1.2.2. Cubierta invertida con pavimento flotante sobre plots _____	285
4.2. Cubiertas no transitables _____	288
4.2.1. Cubiertas no transitables calientes _____	288
4.2.1.1. Cubierta con protección de grava _____	288
4.2.1.2. Cubierta invertida con protección de grava _____	290
4.2.1.3. Cubierta ajardinada _____	292
4.2.1.4. Cubierta inundada _____	294
4.2.1.1. Cubierta con lámina impermeable autoprotegida _____	296
4.2.2. Cubiertas no transitables frías _____	298
4.2.2.1. Cubierta con lámina impermeable autoprotegida _____	298
<i>Tema 8– Cubiertas inclinadas</i> _____	301
1. Definición _____	301
2. Tipos de cubiertas inclinadas _____	329
2.1. Cubiertas calientes _____	330
2.1.1. Cubiertas calientes convencionales _____	330
2.1.2. Cubiertas calientes invertidas _____	332
2.2. Cubiertas frías _____	334
<i>Bibliografía</i> _____	359

TEMA 1 – LA ENVOLVENTE DE LOS EDIFICIOS

1. INTRODUCCIÓN

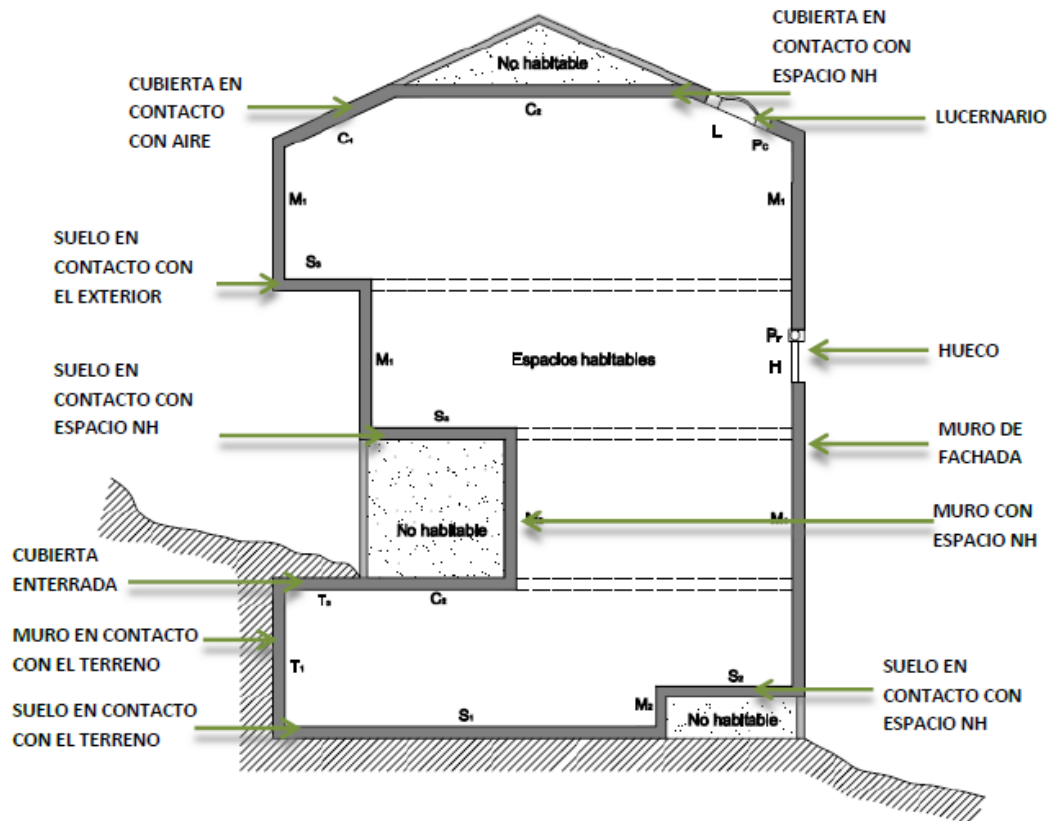
La definición de **envolvente** de la RAE apela a aquello “que envuelve o rodea”. En términos constructivos, hacemos referencia a la **envolvente edificatoria**, que comprende el conjunto de elementos que separan el edificio del exterior, actuando como un gran contenedor, que ejerce de barrera de protección del espacio interior.

La envolvente, junto a la estructura, son las partes de la edificación tradicionalmente conocidas como “**obra gruesa**”.

El Código Técnico de la Edificación, en su Documento Básico HE (Ahorro de Energía), determina todos los elementos que conforman dicha envolvente.

2. COMPONENTES DE LA ENVOLVENTE

El concepto de **envolvente edificatoria** engloba diversos sistemas constructivos que componen el cerramiento superior, el cerramiento perimetral y el cerramiento inferior del edificio.



Esquema gráfico de todos los elementos constructivos que forman o pueden formar parte de la envolvente de un edificio. Fuente: <certisev.es> [Consulta: 13 de mayo de 2016]. Basado en Figura 3.2 CTE DB HE1, p. HE1-13.

2.1. CERRAMIENTO SUPERIOR

El cerramiento superior del edificio está compuesto por las **cubiertas** y los posibles **huecos** que puedan disponer éstas (lucernarios, tragaluces, etc.).

Se considera cubierta a todo cerramiento cuya **inclinación es inferior a 60°** respecto a la horizontal (cubiertas planas o inclinadas), tratándose para inclinaciones iguales o superiores a este límite de fachadas.

2.1.1. CUBIERTAS EN CONTACTO CON EL AIRE

Se trata de **forjados** inclinados de cubiertas, planas o inclinadas, **en contacto directo con la intemperie**, bajo los cuales se encuentran espacios habitables que deben ser acondicionados.

Las soluciones constructivas posibles son múltiples, las cuales serán estudiadas en los temas 7 y 8, alcanzando en todos los casos el cumplimiento de los requisitos exigidos a esta parte de la envolvente edificatoria.



Cubierta inclinada en contacto directo con el aire exterior.

2.1.2. CUBIERTAS EN CONTACTO CON ESPACIOS NO HABITABLES

Se trata de **forjados en contacto con cámaras ventiladas no habitables de cubiertas inclinadas**.

No están en contacto directo con la intemperie, pero la **temperatura alcanzada en la cámara** dista mucho de la óptima para el espacio interior, por lo que requiere la disposición de **aislamientos térmicos que protejan las estancias inferiores**.

En todos los casos, la cubierta debe ser correctamente aislada térmicamente **en obra**, puesto que, al afectar tan sólo a los espacios situados en el nivel inmediatamente inferior, en rara ocasión son sometidas a mejoras de la eficiencia energética durante su vida útil, viéndose los usuarios de la última planta gravemente afectados en caso de que el aislamiento sea deficiente.



Forjado de cubierta en contacto con espacios no habitables.

2.1.3. LUCERNARIOS

Se trata de **aberturas practicadas en el forjado de cubierta** para iluminar el espacio inmediatamente inferior o para conseguir que la **luz natural** penetre hasta niveles inferiores.

Son **puntos críticos**, puesto que su posición favorece la entrada de agua de lluvia por filtración. Además, merman la eficiencia energética y el aislamiento acústico, y son un posible punto por el cual puede extenderse un posible incendio a otras partes del edificio o al colindante.

Es necesario que se resuelvan con **carpinterías y acristalamientos de gran calidad**, cuidando al máximo la solución constructiva para paliar estos posibles efectos negativos y las lesiones que ellos conllevan.



Lucernario en cubierta inclinada. Fuente: <www.ricajamisa.es> [Consulta: 9 de septiembre de 2020].

2.1.4. CUBIERTAS ENTERRADAS

Se trata de **forjados** que quedan **enterrados** por la situación del edificio en un terreno en ladera, por rellenos, etc.

En tal caso, el terreno ejerce de material aislante, debiendo procurar la solución constructiva para **que no se produzcan filtraciones** de agua, pasando a formar parte del **vaso estanco** de la parte enterrada del edificio.

2.2. CERRAMIENTO PERIMETRAL

2.2.1. FACHADAS

Comprende la parte de la envolvente que tiene una **inclinación igual o superior a 60°** y que está en contacto directo con el aire exterior. Incluye tanto fachadas exteriores como las recayentes a patios interiores de ventilación e iluminación, patios de manzana, etc.



Fachadas exteriores e interiores.

2.2.2. MEDIANERAS

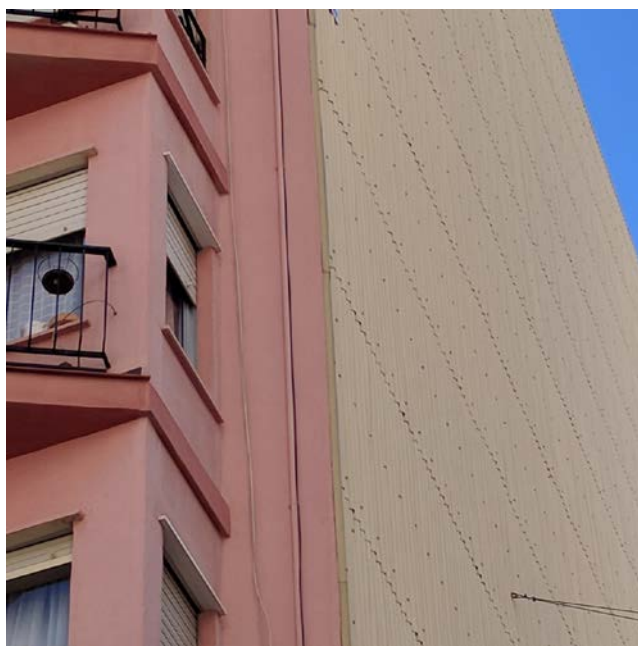
Se trata del **cerramiento** perimetral del edificio en posición **vertical, en contacto con otros colindantes** ya construidos o que se construyen a la vez, o con solares susceptibles de ser edificados en un futuro próximo.

Deben ejecutarse en todos los casos con las **mismas exigencias que las fachadas**, puesto que modificaciones futuras en los edificios medianeros pueden dejarlo en algún momento de su vida útil a la intemperie.

Es habitual ver en la ciudad medianeras con un pobre tratamiento en su acabado, origen y causa de muchas lesiones por filtración de agua de lluvia, o con proyecciones de espuma de poliuretano para paliar la falta de aislamiento térmico.



Medianeras con deficiencias y lesiones en su acabado continuo.



Medianeras con chapa grecada, mejorando la solución con acabado continuo.

2.2.3. MUROS EN CONTACTO CON ESPACIOS NO HABITABLES

Se trata de cerramientos que separan espacios habitables de otros que no lo son, como galerías, lavaderos, trasteros, garajes, etc. Están **en contacto** por tanto **con espacios no climatizados**, por lo que es necesario tratarlos como si de un elemento de fachada se tratase, exigiéndoles los mismos requisitos.



Muros en contacto con espacios no habitables.

2.2.4. HUECOS

Los huecos comprenden todo el conjunto de **ventanas y puertas** que se abren en las fachadas para **iluminación y ventilación** de los espacios.

Al igual que sucedía con los lucernarios, son **puntos conflictivos** por la merma del aislamiento tanto térmico como acústico que suponen en comparación con la parte ciega de la fachada. Además, la estanqueidad al aire y al agua son otro de los requisitos de difícil cumplimiento.

Los **requisitos** exigibles a los huecos varían en **función del uso del edificio**, como veremos más adelante.

Por un lado hay que atender a las exigencias del **marco** y por otra de los **vidrios**.

Los **materiales** utilizados pueden variar sustancialmente el comportamiento de la carpintería exterior (madera, PVC, aluminio, etc.).



Huecos en fachada.

2.2.5. MUROS EN CONTACTO CON EL TERRENO

La existencia de **sótanos y semisótanos** implica que parte del cerramiento perimetral del edificio quede enterrado, en contacto directo con el terreno.

Al igual que pasaba con los suelos, el **terreno** protege de la temperatura exterior, comportándose como un **aislamiento de gran eficiencia**.

En este caso es primordial crear un **cerramiento perimetral estanco**, para lo cual se dispondrán **barreras impermeables y sistemas de drenaje** que eviten que el agua freática y procedente de la superficie exterior pueda filtrar hasta el interior del edificio.



Muros en contacto con el terreno.

2.3. CERRAMIENTO INFERIOR

2.3.1. SUELOS EN CONTACTO CON EL TERRENO

Se trata de soleras o **suelos de espacios habitables** que están **en contacto directo con el terreno**, sin interposición de cámaras ventiladas intermedias.

Las **construcciones antiguas** con este tipo de suelos están afectadas por lesiones derivadas principalmente del ascenso de la **humedad** procedente del **terreno por capilaridad**, puesto que no disponían de láminas impermeabilizantes que creasen una barrera física que impidiese este efecto de esponja.

Actualmente las soleras deben disponer de **láminas impermeables**, sistemas de **drenaje** del agua y de **aislamientos térmicos y acústicos** cuando éstos sean necesarios.



Suelos en contacto con el terreno.

2.3.2. SUELOS EN CONTACTO CON ESPACIOS NO HABITABLES

Básicamente podemos encontrar dos tipos, **forjados sanitarios o soleras ventiladas** o elevadas.

Se trata de suelos que resuelven el problema de las filtraciones de agua y de las humedades por capilaridad interponiendo una **cámara ventilada**. De la correcta ejecución del sistema, de la dimensión de la cámara y de su correcta ventilación depende su buen funcionamiento.

Es necesario no obstante disponer en el suelo **aislamiento térmico** que garantice el confort de los espacios interiores, puesto que se trata de cámaras no climatizadas.



Suelos en contacto con espacios no habitables. Forjado sanitario.

2.3.3. SUELOS EN CONTACTO CON EL AIRE

Se trata en este caso de **forjados entre plantas** que, debido a cambios en el plano de fachada, **salientes o retranquéos**, quedan en contacto directo con el aire exterior o con espacios no climatizados (lavaderos, etc.).

En este caso se deben disponer los mecanismos necesarios para garantizar los **aislamientos** requeridos, con el objetivo de alcanzar el confort de los espacios interiores situados sobre el suelo.



Miradores o salientes de fachada.

TEMA 2 – ACONDICIONAMIENTO DE LOS EDIFICIOS

1. *CONDICIONANTES QUE INTERVIENEN*

1.1. *CONDICIONANTES EXTERNOS*

Se trata de aquellos factores a tener en cuenta a la hora de diseñar o concebir la envolvente, que no son decisión del proyectista, sino que le vienen **dados por las condiciones del entorno** en que se ubica el edificio.

1.1.1. *EL CLIMA*

La **demanda energética** de la edificación depende directamente del **clima** de la localidad en que se ubica el edificio. La **envolvente debe responder** adecuadamente a los condicionantes impuestos por las temperaturas del lugar, la pluviometría, la fuerza eólica, etc.

Es un factor de gran importancia, llegando incluso a caracterizar la tipología arquitectónica, los sistemas constructivos o los materiales utilizados. Un ejemplo es la conocida como **arquitectura mediterránea**, llamada también arquitectura **blanca**, donde el uso de la cal otorga este color a la envolvente, haciendo frente un clima caracterizado por inviernos templados y veranos secos y calurosos.



Arquitectura Mediterránea, Vejer de la Frontera. Fuente: <www.lavanguardia.com> [Consulta: 9 de septiembre de 2020].

1.1.2. EL AGUA

El agua es **uno de los agentes más importantes** a tener en cuenta a la hora de diseñar la envolvente del edificio, por ser una de las causas más relevantes de la aparición de lesiones en la edificación, produciendo **humedades** en los distintos sistemas constructivos.

El agua puede afectar en sus tres estados:

- **Líquido:** condicionará tanto la porosidad de los materiales utilizados en las capas externas de la envolvente, como la necesidad de disponer elementos de protección que eviten fenómenos de capilaridad, filtración, salpicaduras, etc.



Lesiones en la edificación debidas al agua en estado líquido.

- **Sólido:** en este caso puede provocar la **erosión física y mecánica** de los materiales, principalmente por el efecto cuña generado al cristalizar en el interior del material.

También es un factor de relevancia el **peso de la nieve** por acumulación en las cubiertas, que puede incluso provocar su colapso, lo que afecta tanto a los valores de cálculo como a la forma e inclinación otorgada a los faldones.



Lesiones físicas en los materiales y forma de las cubiertas para minimizar los efectos del peso de la nieve.

- **Gaseoso**: la envolvente debe ser impermeable, a la vez que permeable al vapor de agua, permitiendo transpirar al edificio. En ocasiones, la diferencia de temperaturas entre las distintas capas que configuran la envolvente puede provocar **condensaciones superficiales o intersticiales** (aparecen cuando se alcanza en la superficie o en el interior la T^a de rocío, temperatura a la que empieza a condensarse el vapor de agua contenido en el aire). Ello provoca lesiones en los diferentes sistemas constructivos.



Lesiones debidas a la condensación del vapor de agua en las superficies.

1.1.3. OTROS

Otros factores externos que pueden condicionar el diseño de la fachada son:

- El **aire o viento**: puede influir de diversas maneras. Por un lado afecta a la forma en que afecta el agua de lluvia, pudiendo **intensificar los daños** provocados **por filtraciones** por efecto de la presión. Por otro lado, la **demand energética** del edificio tendrá relación directa con la permeabilidad al aire de la carpintería exterior. Y por último, la situación del edificio en **zonas eólicas** con fuertes rachas de viento (vientos como el Cierzo en la zona de Aragón), puede condicionar la forma de la fachada para proteger al edificio o la conveniencia de disponer elementos salientes o no. Así mismo, los edificios en altura deberán tener en cuenta estas **cargas horizontales dinámicas** que afectan al edificio, que en ocasiones pueden ser de gran consideración.

- El **sol**: afectará a la T^a exterior (modificando el coeficiente de transmisión térmica), junto a fenómenos físicos (radiación solar) y químicos.

- El **ruido**: aéreo, de impacto, vibraciones, etc. Condicionará los aislamientos necesarios a disponer en la envolvente, principalmente en la fachada, aunque también en la cubierta.

- El **fuego**: alto riesgo material y personal en caso de incendio. La envolvente dispondrá de elementos que eviten su propagación, así como tendrá una resistencia en caso de incendio que proteja a los ocupantes.

- La **presencia de animales**: desde aves, insectos, ratas, etc., hasta xilófagos (afectan a los elementos de madera). Algunos materiales deberán ser tratados frente al ataque de los mismos. En otras ocasiones, será necesario disponer elementos de protección que eviden la entrada de animales a los sistemas constructivos, como es el caso de las cámaras ventiladas (disposición de rejillas).

- La **presencia de plantas**: hongos, mohos, etc. Relacionados con la presencia de humedad. Será necesario regar con herbicidas zonas del terreno en contacto con algunos elementos de la envolvente, como es el caso de las soleras o suelos elevados. El efecto de las raíces del arbolado de gran porte situado en las inmediaciones debe ser tenido en cuenta, puesto que puede llegar a romper elementos estructurales como los muros en contacto con el terreno.

- **Factores antropogénicos**: acciones generadas por el hombre: vandalismo, acciones mecánicas, contaminación, suciedad, uso de calefacciones, generación de vapor de agua, etc. También incluye el deterioro de la envolvente por disposición de elementos ajenos a la misma, habitualmente instalaciones (antenas parabólicas, aparatos de aire acondicionado, etc.).

1.2. CONDICIONANTES INTERNOS DEL EDIFICIO

1.2.1. TIPOLOGÍA, FORMA Y VOLUMETRÍA

La tipología (bloque exento, en manzana, etc.), forma y volumetría del edificio determinan la **compacidad** del mismo, y por tanto su **grado de exposición** al clima exterior, a la intemperie, etc. Determinan la relación del edificio con el exterior, con todos los factores externos analizados en el punto anterior.

El **proyectista** determinará por tanto con su actuación, que la **respuesta** a los agentes externos sea o no la más **adecuada**. La adecuación de su intervención ante estos condicionantes externos es lo que denominamos **criterios pasivos** en cuanto a la **sostenibilidad** del edificio. De ello depende la **optimización de los recursos materiales** empleados y la consecución, en combinación con otros mecanismos activos, del máximo **confort** en los espacios interiores.

Como **pautas generales**, podemos decir que en:

- **Climas extremos**: es recomendable el diseño de **edificios compactos**, que impidan o limiten el intercambio térmico con el exterior, minimizando la superficie expuesta a la intemperie.

- **Climas húmedos y calurosos**: es recomendable el diseño de edificios con un alto índice de huecos (ventanas, patios, etc.), que permitan mejorar las condiciones de **ventilación** (ventilación cruzada).

La **orientación** del edificio también es otro factor primordial en el tratamiento de la envolvente. La elección adecuada de los materiales, los colores utilizados o escogidos para los mismos, y el dimensionamiento de los huecos y el diseño de sus elementos de protección, nos permitirán sacar el máximo provecho de la radiación solar en función de la orientación de la fachada en cuestión.

Las principales características de cada una de las orientaciones son:

- **Orientación norte:** son fachadas con radiación solar casi nula a lo largo del día y de las diferentes estaciones del año. Se trata por tanto de las fachadas más frías. En los climas cálidos, esta orientación permite abrir grandes huecos e incluso disponer fachadas de vidrio (muro cortina, U-Glass, etc.), sin que haya una ganancia de calor excesiva en verano.

Proporciona una iluminación difusa, neutra, que no crea reflejos ni fuertes contrastes.



Disposición de muro cortina, aconsejable en climas cálidos exclusivamente en fachadas con orientación norte. Fuente: <www.fenster.es> [Consulta: 9 de septiembre de 2020].

- **Orientación sur:** es la orientación con mayor número de horas de sol.

En zonas frías es una orientación óptima para conseguir una aportación de calor natural en invierno, momento en que el ángulo de incidencia del sol es menor, lo que implica un considerable ahorro en sistemas de calefacción.

En verano, aún en climas calurosos, los huecos pueden protegerse fácilmente disponiendo barreras horizontales, debido al gran ángulo de incidencia. Son adecuados los vuelos de las fachadas o cubiertas, las marquesinas, lamas horizontales, etc.



Retranqueo de la fachada y disposición de lamas horizontales para protección solar en fachadas con orientación sur. Fuente: <www.durmi.com> [Consulta: 9 de septiembre de 2020].

- **Orientación este:** es la orientación que sufre radiación durante las primeras horas de la mañana.

En zonas cálidas es una orientación muy adecuada para los dormitorios, puesto que son las estancias más frescas, puesto que tienen tiempo de perder la ganancia de calor antes de la noche.

Se deben proteger con dispositivos verticales, tipo lamas, preferiblemente móviles para garantizar el control lumínico del espacio interior.

- **Orientación oeste:** es la orientación en la que incide la radiación durante un largo periodo de la tarde, principalmente en verano.

Al igual que la orientación este, debido a la baja posición del sol, el mecanismo de protección más eficaz es aquel que incluye lamas verticales, ya sean regulables o fijas, preferibles siempre las primeras.



Lamas verticales de aluminio para protección solar en fachadas con orientación este u oeste. Fuente: <www.cortizo.com> [Consulta: 9 de septiembre de 2020].

1.2.2. USO

El uso del edificio (residencial, docente, administrativo, hospitalario, etc.) **determina** en muchas ocasiones la elección de **materiales, acabados, disposiciones constructivas, etc.**, acordes a las exigencias de cada caso concreto.

No sólo afecta a los interiores, sino también a la envolvente.

Por ejemplo, hay algunas **soluciones de fachada** que **no son recomendables en determinados usos**, como pueden ser los SATE en uso docente, cuyo uso no es recomendado, al menos en los niveles accesibles para el usuario (plantas bajas susceptibles de sufrir daños por actos vandálicos o por uso inadecuado), donde, de ser dispuesto, requiere un refuerzo de la resistencia del sistema con disposición de doble malla de fibra de vidrio.

En otras ocasiones, las **cubiertas** van a tener que ejercer de **soporte de numerosas instalaciones**, cuya presencia es necesaria para el uso concreto del edificio, como puede ser el hospitalario, administrativo, etc. Ello determinará la tipología más compatible para garantizar el correcto funcionamiento del sistema constructivo sin sufrir daños.

A veces, no sólo condiciona el sistema de fachada o de cubierta, sino que afecta también a la **forma de resolver los huecos**, con sistemas especiales de carpinterías y acristalamientos que cubren las necesidades de los espacios interiores. Un ejemplo es el uso hospitalario, con dispositivos de apertura limitada o controlada únicamente por el personal de mantenimiento del edificio para su limpieza, con dobles acristalamientos que en muchas ocasiones incorporan sistemas de control lumínico de la estancia, etc.



Carpintería de un edificio de uso hospitalario. Ventana de habitación del Hospital del Vinalopó, Elche.

2. REQUISITOS EXIGIBLES A LA ENVOLVENTE

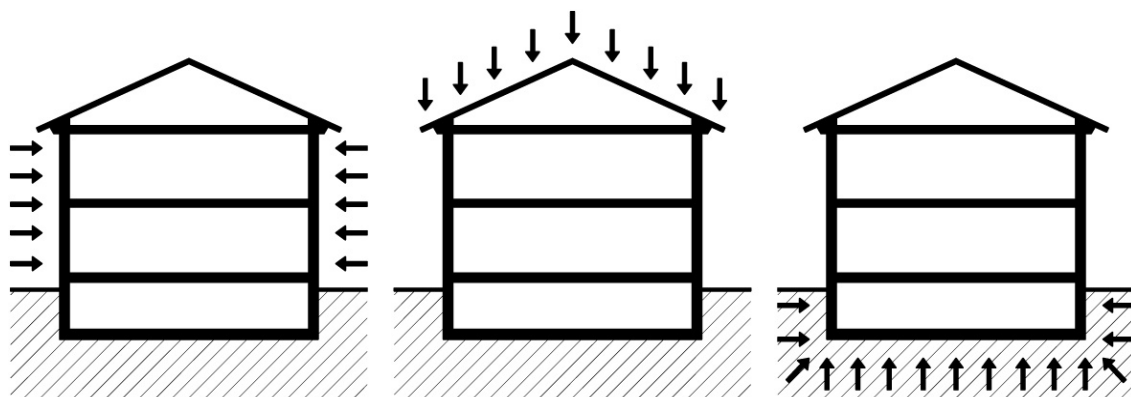
La edificación debe ser capaz de envolver el espacio arquitectónico garantizando un mínimo de **confort**, protegiéndolo de las agresiones derivadas de la climatología exterior. La envolvente ejerce por tanto **de filtro entre exterior e interior**. Crea una **piel estanca** y ayuda a acondicionar los espacios interiores del edificio y mejorar su **eficiencia energética**. Pero no son únicamente éstas sus funciones, puesto que también ejerce como un elemento de protección frente al ruido, frente al fuego, etc., además de desempeñar una función nada desdeñable, la estética, convirtiéndose en la imagen pública del edificio, definiendo su presencia urbana.

2.1. ESTANQUEIDAD

Una de las principales funciones de la envolvente del edificio es la **protección frente a la lluvia y nieve** (o frente al **agua** en general, independientemente de dónde proceda). Debemos conseguir que la **envolvente** sea **estanca**, es decir, que el espacio habitable esté protegido de filtraciones incontroladas.

Cuando la presencia de agua se combina con presión, presión hidrostática en el caso del agua procedente del subsuelo, o procedente del viento que acompaña a la lluvia o nieve, el nivel de filtración puede alcanzar niveles muy superiores.

La normativa aplicable, principalmente el **CTE DB HS Salubridad**, dispone una serie de medidas que básicamente se reducen a la **disposición de láminas impermeables en los puntos susceptibles de sufrir filtraciones**, para evitar la entrada de agua desde el exterior, los cuales se expondrán en el Tema 3. Protección contra las humedades.



Posible afección de la edificación debido a filtraciones de agua, agravadas en ocasiones por el efecto del viento, la presión, etc.

Cuando hablamos de estanqueidad, no debemos tener en cuenta sólo la entrada de agua, sino que el **CTE DB HE Ahorro de energía**, determina que los elementos de la envolvente térmica asegurarán una adecuada **estanqueidad al aire**, evitando filtraciones no controladas que pueden mermar de forma considerable la eficiencia energética del edificio. Habrá que atender en este punto principalmente a los huecos y al encuentro de las carpinterías que los definen con la parte opaca de la envolvente.

La **permeabilidad al aire de los huecos** de la envolvente no debe superar el valor establecido en la normativa.

Tabla 3.1.3.a-HE1 Valor límite de permeabilidad al aire de huecos de la envolvente térmica, $Q_{100,iim}$ [$m^3/h \cdot m^2$]

	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Permeabilidad al aire de huecos ($Q_{100,iim}$) [*]	≤ 27	≤ 27	≤ 27	≤ 9	≤ 9	≤ 9

^{*} La permeabilidad indicada es la medida con una sobrepresión de 100Pa, Q_{100} .
 Los valores de permeabilidad establecidos se corresponden con los que definen la clase 2 ($\leq 27 m^3/h \cdot m^2$) y clase 3 ($\leq 9 m^3/h \cdot m^2$) de la UNE-EN 12207:2017.
 La permeabilidad del hueco se obtendrá teniendo en cuenta, en su caso, el cajón de persiana.

Permeabilidad al aire de los huecos de la envolvente. Tabla 3.1.3.a. del CTE DB HE1, pág. 16.

También establece el valor límite de la relación de cambio de aire con una presión diferencial de 50 Pa (n_{50}) para los edificios residenciales de más de 120 m² de superficie.

Tabla 3.1.3.b-HE1 Valor límite de la relación del cambio de aire con una presión de 50 Pa, n_{50} [h^{-1}]

Compacidad V/A [m^3/m^2]	n_{50}
V/A ≤ 2	6
V/A ≥ 4	3

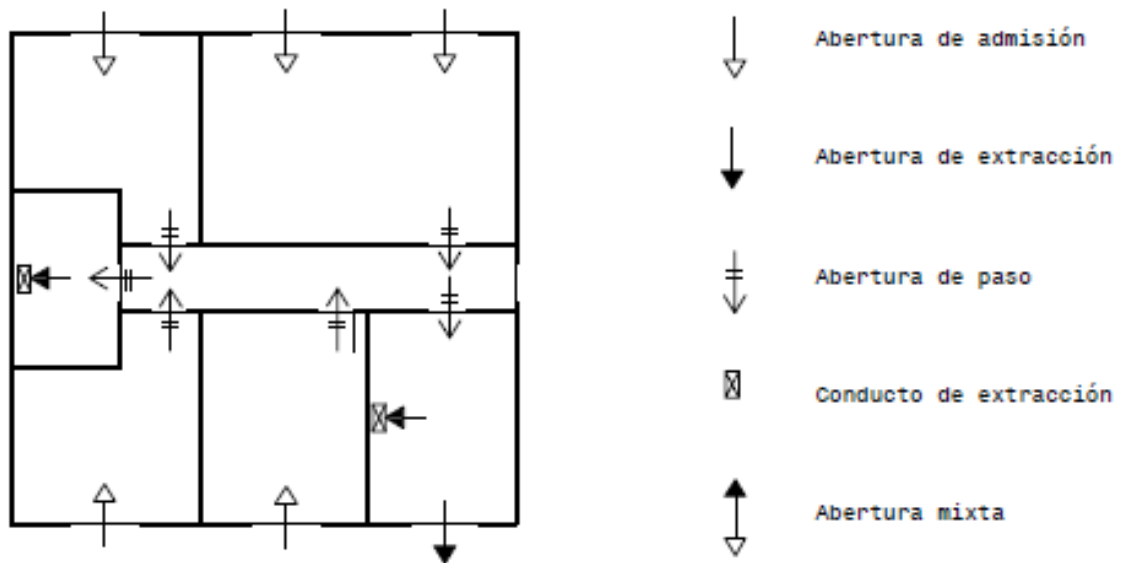
Los valores límite de las compacidades intermedias ($2 < V/A < 4$) se obtienen por interpolación.

Permeabilidad al aire de los huecos de la envolvente. Tabla 3.1.3.b. del CTE DB HE1, pág. 17.

La permeabilidad al aire del edificio se obtiene mediante ensayo según norma UNE-EN 13829:2002 Determinación de la estanqueidad al aire en edificios. Método de presurización por medio de ventilador, o mediante valores de referencia (Anejo H del CTE DB HE).

Sin embargo, por otro lado, para garantizar la calidad del aire interior, la normativa establece unos valores de los caudales mínimos de entrada del aire desde el exterior para renovar el aire viciado de las estancias. La entrada en vigor del CTE supuso un considerable cambio e innovación en las carpinterías de los huecos de ventanas, para que pudiesen cumplir con todos estos requisitos, en algunas ocasiones un tanto contradictorios.

Según el **CTE DB HS Salubridad, HS3, Calidad del aire interior**, las viviendas deben disponer de un sistema general de ventilación que haga **circular el aire desde los locales secos a los locales húmedos**. Por tanto, los salones, comedores y dormitorios, dispondrán de aberturas de admisión, y los cuartos de baño, aseos y cocinas, aberturas de extracción.



Esquema básico de ventilación de viviendas, basado en CTE, DB-HS Salubridad, HS 3 Calidad del aire interior, pg.HS3-3.

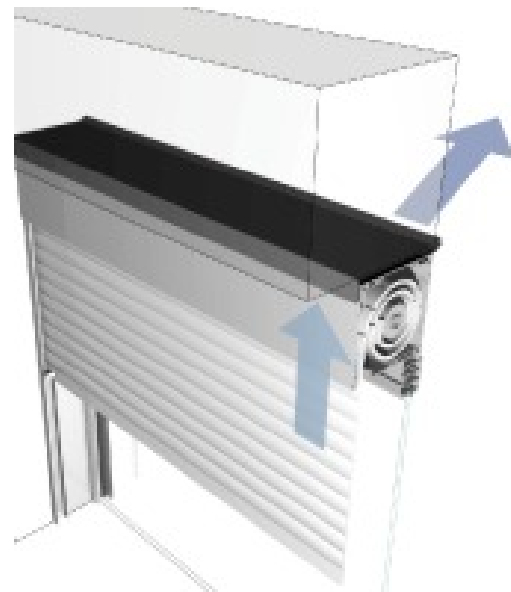
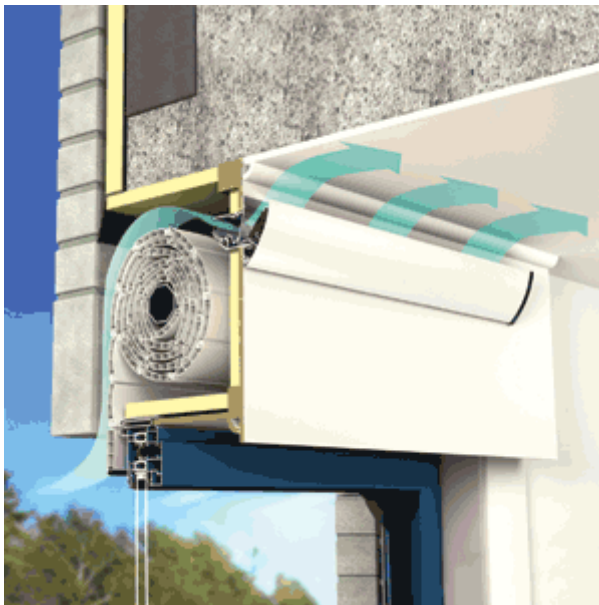
Como **aberturas de admisión** pueden utilizarse las propias **juntas de la carpintería** exterior (en el caso se tratarse de carpinterías clase 0 o 1 según UNE EN 12207:2000) o pueden disponerse **aireadores o aberturas fijas** en la carpintería (en caso de ser clase 2, 3 o 4), situados a una distancia del suelo mayor a 1,80 m. Pueden integrarse en el travesaño superior de la carpintería, en el propio cajón de persiana o incluso en el dintel, o en alguno de los montantes laterales.

Clase	Permeabilidad al aire a 100 Pa m ³ /hora • m ²	Presión máxima de ensayo Pa
0	Sin ensayar	Sin ensayar
1	≤ 50	150
2	≤ 27	300
3	≤ 9	600
4	≤ 3	600

Permeabilidad al aire de las ventanas, Tabla basada en UNE EN 12207:2000

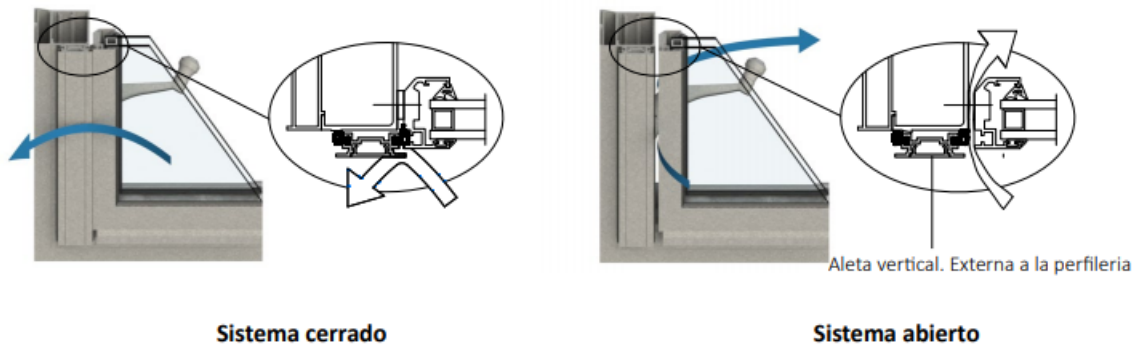


Aireador instalado en el travesaño superior del marco. Fuente: <www.somospassivhaus.es> <www.rosellosolar.com> [Consulta: 9 de septiembre de 2020].



Aireador instalado en el cajón de persiana. Fuente: <www.interempresas.net> [Consulta: 9 de septiembre de 2020]. Aireador instalado en el dintel. Fuente: <<https://www.dir-air.fi/air-in-dintel.html>> [Consulta: 9 de septiembre de 2020].

También se han creado carpinterías abatibles que, mediante el **posicionamiento de la manivela** de apertura a 45° permiten que, quedando la hoja cerrada, garantizando la seguridad de la estancia, la misma quede separada del marco una pequeña distancia que permite renovar el aire interior de la estancia, cumpliendo los requisitos de estanqueidad al aire en su posición cerrada.



Permeabilidad por el encuentro entre hoja y marco. Fuente: <www.interempresas.net> [Consulta: 9 de septiembre de 2020].

2.2. PROTECCIÓN TÉRMICA. AHORRO DE ENERGÍA

La envolvente del edificio debe garantizar la **protección térmica** del mismo, es decir, debe proteger los espacios interiores de los cambios de temperatura que se suceden en el exterior, y mantener cierta estabilidad ante los flujos de frío o calor a través de sus capas en función de las estaciones.

Para ello, el **CTE DB HE Ahorro de energía** establece los límites de **transmitancia térmica** (U_{lim}) para cada uno de los elementos que forman parte de la envolvente.

Tabla 3.1.1.a - HE1 Valores límite de transmitancia térmica, U_{lim} [W/m^2K]

Elemento	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior (U_s, U_M)	0,80	0,70	0,56	0,49	0,41	0,37
Cubiertas en contacto con el aire exterior (U_C)	0,55	0,50	0,44	0,40	0,35	0,33
Muros, suelos y cubiertas en contacto con espacios no habitables o con el terreno (U_T)	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,59
Medianerías o particiones interiores pertenecientes a la envolvente térmica (U_{MD})						
Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana) (U_H)*	3,2	2,7	2,3	2,1	1,8	1,80
Puertas con superficie semitransparente igual o inferior al 50%				5,7		

*Los huecos con uso de escaparate en unidades de uso con actividad comercial pueden incrementar el valor de U_H en un 50%.

Valores límite de la transmitancia térmica de los elementos de la envolvente. Tabla 3.1.1.a. del CTE DB HE1, pág. 15.

Así mismo, se limita el **coeficiente global de transmisión de calor** (K_{lim}) a través de la envolvente para uso **residencial privado**.

Tabla 3.1.1.b - HE1 Valor límite K_{lim} [W/m²K] para uso residencial privado

	Compacidad V/A [m ³ /m ²]	Zona climática de invierno					
		α	A	B	C	D	E
Edificios nuevos y ampliaciones	V/A ≤ 1	0,67	0,60	0,58	0,53	0,48	0,43
	V/A ≥ 4	0,86	0,80	0,77	0,72	0,67	0,62
Cambios de uso. Reformas en las que se renueve más del 25% de la superficie total de la envolvente térmica final del edificio	V/A ≤ 1	1,00	0,87	0,83	0,73	0,63	0,54
	V/A ≥ 4	1,07	0,94	0,90	0,81	0,70	0,62

Los valores límite de las compacidades intermedias ($1 < V/A < 4$) se obtienen por interpolación.

En el caso de ampliaciones los valores límite se aplicarán sólo en caso de que la superficie o el volumen construido se incrementen más del 10%.

Valores límite del coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente para residencial privado. Tabla 3.1.1.b. del CTE DB HE1, pág. 15.

En caso de tratarse de edificios con **uso distinto al residencial privado**, los valores varían.

Tabla 3.1.1.c - HE1 Valor límite K_{lim} [W/m²K] para uso distinto del residencial privado

	Compacidad V/A [m ³ /m ²]	Zona climática de invierno					
		α	A	B	C	D	E
Edificios nuevos. Ampliaciones. Cambios de uso.	V/A ≤ 1	0,96	0,81	0,76	0,65	0,54	0,43
Reformas en las que se renueve más del 25% de la superficie total de la envolvente térmica final del edificio	V/A ≥ 4	1,12	0,98	0,92	0,82	0,70	0,59

Los valores límite de las compacidades intermedias ($1 < V/A < 4$) se obtienen por interpolación.

En el caso de ampliaciones los valores límite se aplicarán sólo en caso de que la superficie o el volumen construido se incrementen más del 10%.

Las *unidades de uso* con actividad comercial cuya compacidad V/A sea mayor que 5 se eximen del cumplimiento de los valores de esta tabla.

Valores límite del coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente para otros usos. Tabla 3.1.1.c. del CTE DB HE1, pág. 16.

Por otro lado, se establece el límite **parámetro de control solar**, también en función del uso de edificio.

Tabla 3.1.2-HE1 Valor límite del parámetro de control solar, $q_{sol;jul,lim}$ [kWh/m²-mes]

Uso	$q_{sol;jul}$
Residencial privado	2,00
Otros usos	4,00

Valores límite del parámetro de control solar. Tabla 3.1.2 del CTE DB HE1, pág. 16.

Además del cumplimiento de los valores establecidos en la normativa, es necesario tener en cuenta **criterios constructivos** adecuados que no mermen la protección térmica proporcionada por la envolvente. Hay tipologías, tanto de fachadas como de cubiertas, que mejoran la eficiencia térmica del edificio. Son recomendables siempre aquellas que garantizan la **eliminación de puentes térmicos**, procurando una continuidad del aislamiento por delante de la estructura (frente de forjado y pilares), como es el caso de **las fachadas ventiladas o los sistemas SATE**.

Así mismo, algunas soluciones incorporan algunos **materiales naturales** que **mejoran el aislamiento térmico** de la envolvente, como son las **fachadas y cubiertas verdes**. El manto de tierra y vegetación actúa como una segunda capa de protección de la envolvente térmica.

Fachada verde.



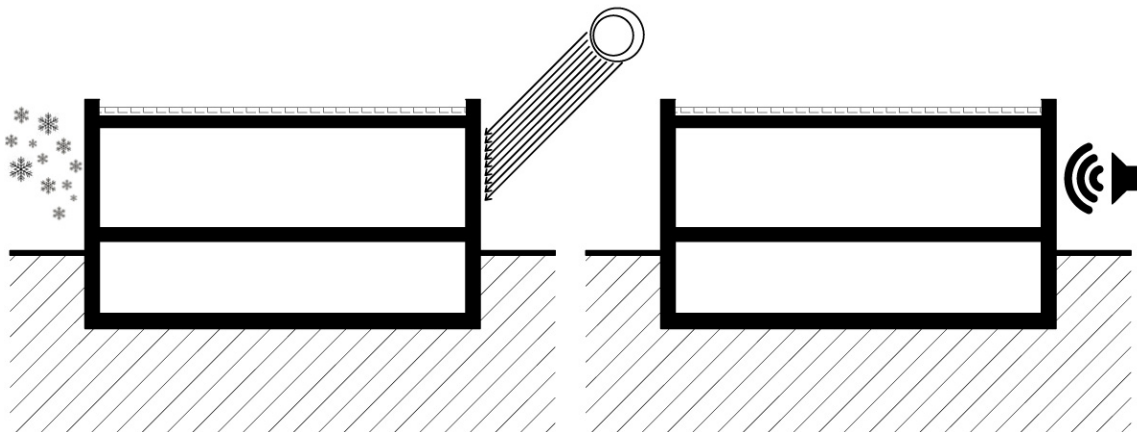
Los **huecos de fachada** son otro de los **puntos conflictivos** donde habitualmente se producen puentes térmicos por **errores de ejecución**. Es necesario que la carpintería se disponga en contacto con la capa de aislamiento térmico, evitando que queden puntos en el contorno del marco sin protección.

Se debe **evitar el tradicional doblado de ladrillos** en la parte del alfeizar o las jambas, que interrumpe el aislamiento y genera un puente térmico de consideración.

Así mismo, se utilizarán **carpinterías** de materiales aislantes (PVC, madera) o con **rotura de puente térmico** (carpintería metálica, de aluminio). Así mismo, se evitarán los vidrios sencillos, recurriendo a **dobles e incluso triples acristalamientos**, que mejoran tanto las prestaciones térmicas como acústicas.

2.3. PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

Se trata en este caso de conseguir el máximo **confort acústico** dentro del espacio habitable. Para ello, la envolvente deberá amortiguar el ruido procedente del exterior del edificio o de los colindantes.



Otros agentes frente a los cuales la envolvente debe proteger a la edificación.

Se trata principalmente de conseguir el **aislamiento** de los espacios interiores, que debe alcanzar unos **índices mínimos de reducción acústica a ruido aéreo establecidos en la normativa** en función del índice de ruido de día, del uso del edificio y del tipo de estancia dentro del mismo (Tabla 2.1 del CTE DB HR).

Tabla 2.1 Valores de aislamiento acústico a ruido aéreo, $D_{2m,nT,Atr}$, en dBA, entre un recinto protegido y el exterior, en función del índice de ruido día, L_d .

L_d dBA	Uso del edificio			
	Residencial y hospitalario		Cultural, sanitario ⁽¹⁾ , docente y administrativo	
	Dormitorios	Estancias	Estancias	Aulas
$L_d \leq 60$	30	30	30	30
$60 < L_d \leq 65$	32	30	32	30
$65 < L_d \leq 70$	37	32	37	32
$70 < L_d \leq 75$	42	37	42	37
$L_d > 75$	47	42	47	42

⁽¹⁾ En edificios de uso no hospitalario, es decir, edificios de asistencia sanitaria de carácter ambulatorio, como despachos médicos, consultas, áreas destinadas al diagnóstico y tratamiento, etc.

Aislamiento acústico a ruido aéreo de la envolvente. Tabla 3.4. del CTE DB HR, pág. HR-17.

El **índice de ruido de día** se puede obtener consultando a las administraciones competentes. En caso de **no conocerse** dichos datos, para zonas de predominio de **uso residencial** se considerará un valor de L_d iguala **60 dBA**.

En el **resto de áreas** acústicas, se adoptará como valor del L_d el en el RD 1367/2007 para cada tipo de área acústica. Algunos valores estimados son: **60 dBA**

para uso sanitario, docente, cultural; **73 dBA** para uso recreativo y de espectáculos; **70 dBA** para uso terciario distinto a los anteriores; o **75 dBA** para uso industrial.

Los elementos de la envolvente afectados son las medianeras, las fachadas, las cubiertas y los suelos en contacto con el aire exterior.

El valor del índice global de reducción acústica ponderado, RA, de toda la superficie de la **medianera** de un edificio, no será menor que **45 dBA**.

En el caso de **las fachadas, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior**, los valores mínimos que deben cumplir, tanto los huecos (en función de la relación entre la superficie del hueco y la superficie total de la fachada) de la como la parte ciega, se resumen en la **Tabla 3.4**.

Tabla 3.4 Parámetros acústicos de fachadas, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior de recintos protegidos

Nivel límite exigido (Tabla 2.1) $D_{2m,nT,Ab}$ dBA	Parte ciega 100 % $R_{A,z}$ dBA	Parte ciega ≠ 100 % $R_{A,z}$ dBA	Huecos					
			Porcentaje de huecos $R_{A,z}$ de los componentes del hueco ⁽²⁾ dBA					
			Hasta 15 %	De 16 a 30%	De 31 a 60%	De 61 a 80%	De 81 a 100%	
$D_{2m,nT,Ab} = 30$	33	35	26	29	31	32	33	
		40	25	28	30	31		
		45	25	28	30	31		
$D_{2m,nT,Ab} = 32$	35	35	30	32	34	34	35	
		40	27	30	32	34		
		45	26	29	32	33		
$D_{2m,nT,Ab} = 34^{(1)}$	36	40	30	33	35	36	36	
		45	29	32	34	36		
		50	28	31	34	35		
$D_{2m,nT,Ab} = 36^{(1)}$	38	40	33	35	37	38	38	
		45	31	34	36	37		
		50	30	33	36	37		
$D_{2m,nT,Ab} = 37$	39	40	35	37	39	39	39	
		45	32	35	37	38		
		50	31	34	37	38		
$D_{2m,nT,Ab} = 41^{(1)}$	43	45	39	40	42	43	43	
		50	36	39	41	42		
		55	35	38	41	42		
$D_{2m,nT,Ab} = 42$	44	50	37	40	42	43	44	
		55	36	39	42	43		
		60	36	39	42	43		
$D_{2m,nT,Ab} = 46^{(1)}$	48	50	43	45	47	48	48	
		55	41	44	46	47		
		60	40	43	46	47		
$D_{2m,nT,Ab} = 47$	49	55	42	45	47	48	49	
		60	41	44	47	48		
$D_{2m,nT,Ab} = 51^{(1)}$	53	55	48	50	52	53	53	
		60	46	49	51	52		

⁽¹⁾ Los valores de estos niveles límite se refieren a los que resultan de incrementar 4 dBA los exigidos en la tabla 2.1, cuando el ruido exterior dominante es el de aeronaves.

⁽²⁾ El índice $R_{A,z}$ de los componentes del hueco expresado en la tabla 3.4 se aplica a las ventanas que dispongan de alreadores, sistemas de microventilación o cualquier otro sistema de apertura de admisión de aire con dispositivos de cierre en posición cerrada.

Reducción acústica de las fachadas, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior. Tabla 3.4. del CTE DB HR, pág. HR-17.

La forma de la fachada puede disminuir o aumentar la transmisión acústica. La disposición de algunos elementos pueden ayudar a reducir el nivel de inmisión del ruido, por el contrario aumentarlo. Mediante la disposición de galerías, miradores, tribunas, etc., se puede conseguir una alteración acústica, ΔL_f , entre -1 y 7 dB.

Tienen **efecto positivo** los balcones y galerías antepechados, los tratamientos absorbentes de los techos de balcones y galerías, etc.

Tiene **efecto negativo** la reflexión en techos sin tratamientos de absorción acústica, que provocan una amplificación del sonido.

Anejo F. Estimación numérica de la diferencia de niveles debido a la forma de la fachada

Tabla F.1 Diferencia de niveles debida a la forma de la fachada para las diferentes formas de la fachada y distintas orientaciones de la fuente acústica

	1 plano de fachada	2 galería	3 galería	4 galería	5 galería
ΔL_f en dB					
Absorción acústica del techo (α_m)	No se aplica	$\approx 0,3$ 0,6 $\approx 0,9$	$\approx 0,3$ 0,6 $\approx 0,9$	$\approx 0,3$ 0,6 $\approx 0,9$	$\approx 0,3$ 0,6 $\approx 0,9$
Línea de mira sobre la fachada:					
<1,5 m	0	-1 -1 0	-1 -1 0	0 0 1	No se aplica
1,5-2,5 m	0	No se aplica	-1 0 2	0 1 3	
> 2,5 m	0	No se aplica	1 1 2	2 2 3	3 4 6
	6 balconada	7 balconada	8 balconada	9 terrazza	
ΔL_f dB					
Absorción acústica del techo (α_m)	$\approx 0,3$ 0,6 $\approx 0,9$	$\approx 0,3$ 0,6 $\approx 0,9$	$\approx 0,3$ 0,6 $\approx 0,9$	$\approx 0,3$ 0,6 $\approx 0,9$	
Línea de mira sobre la fachada:					
<1,5 m	-1 -1 0	0 0 1	1 1 2	1 1 1	
1,5-2,5 m	-1 1 3	0 2 4	1 1 2	3 4 5	
> 2,5 m	1 2 3	2 3 4	1 1 2	4 4 5	
				Barandilla abierta Barandilla cerrada	
				$\approx 0,3$ 0,6 $\approx 0,9$	
				3 3 3	
				5 6 7	
				6 6 7	

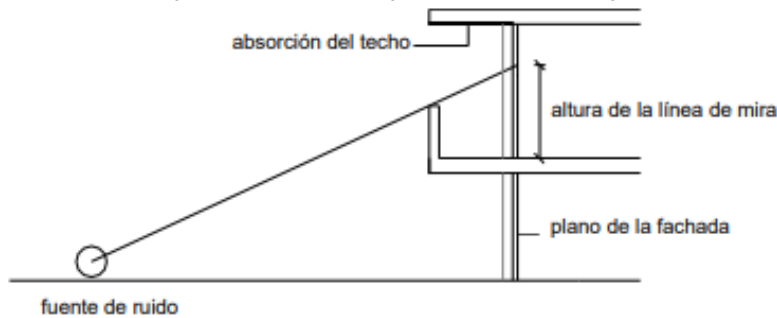


Figura F.1 Línea de mira sobre la fachada

Variación de niveles en función de la forma de la fachada. Tabla F.1. y Figura F.1 del Anejo F del CTE DB HR, pág. HR-F1.

Uno de los **puntos conflictivos** en relación al aislamiento acústico de la fachada son los **huecos**, por la merma que suponen respecto a la parte ciega.

Los **factores que influyen** en el aislamiento a ruido aéreo son: la permeabilidad al aire de la carpintería y el sistema de montaje, la masa del acristalamiento y la caja de persiana.

- Condicionantes de las carpinterías:

Para no mermar de forma considerable el aislamiento acústico de la fachada, se recomienda el uso de **ventanas clase 1 o 2**, cuyas características se han comentado con anterioridad.

Está demostrado que con el mismo tipo de acristalamiento y sistema de apertura, el aislamiento acústico de una ventana **no depende del material** de la carpintería, obteniendo valores similares con bastidores de madera, aluminio o PVC.

Sí influye el **sistema de apertura** de las hojas:

- Ventanas batientes o abatibles: consiguen un mejor cierre, disminuyen la permeabilidad al aire y aumentan el aislamiento acústico a ruido aéreo.
- Ventanas correderas: el cierre es menos estanco, no admite bajas permeabilidades al aire, por tanto proporcionan menor aislamiento acústico que las abatibles.

Es necesario que, a la calidad de la ventana, se sume una **correcta puesta en obra** de la misma. Las **juntas** entre el hueco de obra y el marco de la ventana deben estar **perfectamente selladas** con masillas de larga duración o siliconas. En el caso de existir juntas superiores a 5 mm, aplicar material de relleno: espuma sintética, celular y comprimible o perfil de junta.

- Condicionantes del acristalamiento:

El aislamiento acústico del acristalamiento depende del tipo de vidrio. Encontramos habitualmente:

- Vidrio monolítico: aumenta el aislamiento acústico con el espesor. No son recomendables los vidrios sencillos, principalmente en recintos habitables protegidos.
- Vidrio laminado: compuesto por dos o más vidrios unidos entre sí por material plástico (butiral de polivinilo PVB). Mejora el aislamiento acústico respecto al de un vidrio monolítico con el mismo espesor. Es posible mejorar el aislamiento con PVB(A), butiral especial acústico. Nomenclatura: xx, y a (x = espesor de cada vidrio en mm; y = número de capas de butiral de 0,38 mm; a = butiral acústico).
- Acristalamiento doble, o triple: dos, o tres, vidrios monolíticos o laminados, separados por una cámara. El aumento del aislamiento acústico se consigue cuando la cámara tiene un espesor superior a los 20 mm y se usan vidrios de diferente espesor, preferentemente de relación 1:2, puesto que cada vidrio presenta una frecuencia crítica, función de su espesor: vidrio monolítico de 4 mm – frecuencia crítica de 3200 Hz. Aumentando el espesor, la frecuencia crítica se desplaza hacia las frecuencias medias. Es posible mejorar el aislamiento acústico introduciendo en la cámara un gas especial, SF6 (reducción acústica en altas y medias frecuencias).
- Sobreacristalamientos: se trata de ventanas con dos hojas que funcionan como una sola. Permiten grandes espesores de los vidrios y de la cámara de aire (pudiendo incluir una veneciana en su interior, no necesitando así el cajón de persiana). Es una tipología habitual en edificios singulares (hospitales, etc.) o en edificios situados en áreas con altos niveles de ruido exterior.
- Ventanas dobles: se coloca doble ventana, con bastidores independientes, dejando una cámara intermedia mínimo de 5 cm de espesor (recomendable superior a 10 cm). En ocasiones puede ser necesario el tratamiento acústico de las jambas y dinteles mediante lana mineral forrada con chapa perforada (mínimo un 15% de perforaciones). Es una tipología apta para situaciones de altos niveles de ruido exterior (viviendas cercanas a autopistas, etc.).

- Condicionantes de la caja de persiana:

Si no se tiene en cuenta la necesidad de aislamiento a ruido aéreo de los cajones de persiana instalados en obra, provocan una **merma en el aislamiento acústico global** de la fachada de unos 5 dBA (disminuyen en ese punto el espesor de la fachada al desaparecer la hoja interior, constituyendo un puente acústico).

Mejoran el aislamiento acústico de los **cajones de persiana de obra** algunas actuaciones como la colocación de bandas de estanqueidad, reforzar la estructura de la caja, aumentar la masa de la tapa de registro y realizar un **tratamiento absorbente en su interior**.

Aislamiento del interior de la caja de persiana.
Fuente: <www.persiterm.com> [Consulta: 9 de septiembre de 2020].



Los **cajones prefabricados** tienen mejores prestaciones, con sistemas de clip que garantizan la estanqueidad.

No obstante, la única actuación que elimina por completo el puente acústico generado por el cajón de la persiana, es su **disposición por el exterior**, formando parte del esquema compositivo de la fachada.



Cajón de persiana exterior. Fuente: <www.listado.mercadolibre.com.ar> <www.mosquiterasbaratas.com> [Consulta: 9 de septiembre de 2020].

2.4. SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO

Está regulada por el **CTE DB SI**, que tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de seguridad en caso de incendio, afectando principalmente a las fachadas y cubiertas.

2.4.1. FACHADAS

El **DB SI 2 Propagación exterior** determina que las medianeras, elemento vertical que separa una edificación de su colidante, debe ser al menos EI 120.

Por otro lado, **para evitar la propagación del fuego entre diferentes sectores de incendios**, o entre un sector y una escalera protegida, etc., los puntos de las fachadas que no sean al menos EI 60, deben estar separados unas distancias mínimas establecidas en función del ángulo formado entre las 2 fachadas (Tabla 1).

α	0°	45°	60°	90°	135°	180°
d (m)	3,00	2,75	2,50	2,00	1,25	0,50

Distancias mínimas entre fachadas según el ángulo que forman para cumplir el CTE DB SI2.

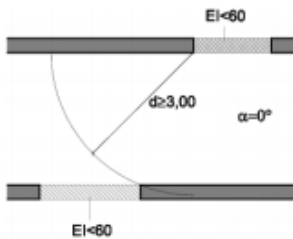


Figura 1.1. Fachadas enfrentadas

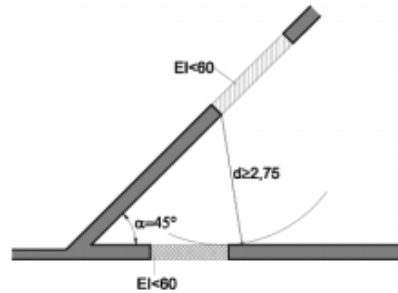


Figura 1.2. Fachadas a 45°

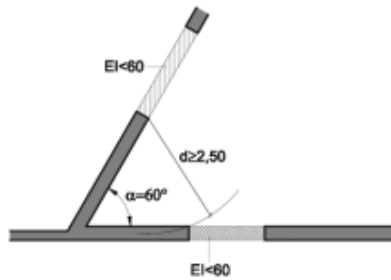


Figura 1.3. Fachadas a 60°

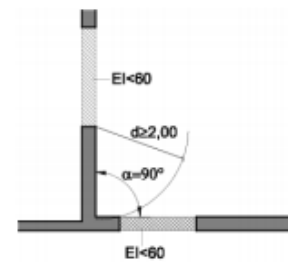


Figura 1.4. Fachadas a 90°

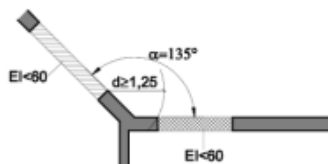


Figura 1.5. Fachadas a 135°

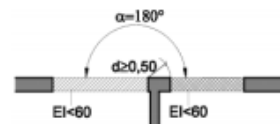


Figura 1.6. Fachadas a 180°

Distancias mínimas entre fachadas según el ángulo que forman para cumplir el CTE DB SI2. Figuras 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5 y 1.6 del CTE DB SI, pág. 28 y 29.

Para **evitar la propagación vertical del fuego** entre sectores de incendio, etc., la fachada debe ser al menos **EI 60** al menos **1 m de altura** por encima del hueco por el que es posible que se extienda el incendio.

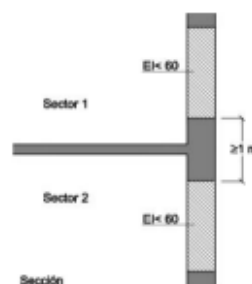


Figura 1.7 Encuentro forjado-fachada

Altura mínima de fachada EI 60 respecto de hueco inferior, CTE DB SI2, Figura 1.7, pág. 29.

En caso de existir salientes que obstaculicen el paso de la llama, esta distancia puede reducirse respecto a la anterior una altura igual a la medida del saliente.

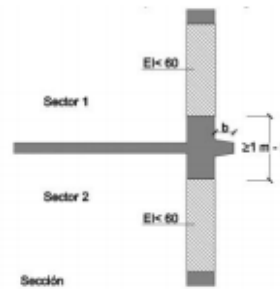


Figura 1. 8 Encuentro forjado- fachada con saliente

Altura mínima de fachada EI 60 respecto de hueco inferior con saliente, CTE DB SI2, Figura 1.8, pág. 29.

Por último, la normativa determina la clase de **reacción al fuego** que deben tener los **sistemas constructivos** de fachadas que ocupen más del 10% de la superficie. La clase especificada depende de la altura del edificio:

- D-s3,d0 en fachadas de altura ≤ 10 m
- C-s3,d0 en fachadas de altura hasta ≤ 18 m
- B-s3,d0 en fachadas de altura > 18 m

En el caso de las **fachadas ventiladas**, los **aislamientos** situados en las cámaras deben ser:

- D-s3,d0 en fachadas de altura ≤ 10 m
- B-s3,d0 en fachadas de altura ≤ 28 m
- A2-s3,d0 en fachadas de altura > 28 m

Si la **fachada** es accesible **desde un plano horizontal transitable** (rasante, cubierta plana transitable, etc.), tanto los sistemas constructivos como los aislamientos de las fachadas ventiladas deben ser al menos B-s3,d0 hasta al menos una altura de 3,5 m.

Las **fachadas ventiladas** que discurren por delante de forjados que separan sectores de incendio diferentes, deben **interrumpir la continuidad de la cámara ventilada**, disponiendo de **barreras E 30** (no puede pasar ni el fuego ni el humo a través de la fachada durante esos 30 minutos).

Por otro lado, el **DB SI3 Evacuación de ocupantes** determina el número de **escaleras y de salidas de planta** en función del número de ocupantes del edificio. En una gran mayoría de los casos, estas escaleras ocupan espacios interiores del edificio, pero en otros los proyectistas se ven obligados a situarlas en el exterior, ganando un gran protagonismo **en las fachadas**.

La presencia de estas escaleras de evacuación debe ser tenida en cuenta en el diseño de las fachadas. En algunas ocasiones pueden llegar a convertirse en iconos de un barrio o una ciudad, como es el caso de Nueva York.



Escaleras de incendios en Nueva York. Fuente: <<https://www.revistabuenviaje.com>> [Consulta: 9 de septiembre de 2020].

En otras, brindan al proyectista la oportunidad de convertir el reto de integrar este elemento compositivo en la fachada en la posibilidad de crear un elemento icónico del edificio.



Escalera de incendios del Caixaforum de Zaragoza, Carne Pinós. Fuente: <www.arqfoto.com> [Consulta: 9 de septiembre de 2020].

Sin embargo, también encontramos ejemplos en los que la inserción de estas escaleras desvirtúa el diseño original, convirtiéndose en añadidos posteriores que desentonan en la idea compositiva del edificio.



Escalera de incendios Museo Príncipe Felipe, Ciudad de las Ciencias, Valencia, Santiago Calatrava.
Fuente: <www.vivelasfallas.es> [Consulta: 9 de septiembre de 2020].

Por otro lado, el **DB SI5 Intervención de los bomberos** determina, en los edificios con una **altura** de evacuación descendente **superior a 9 m**, que las fachadas exteriores de los mismos dispongan de **huecos que permitan el acceso** desde el exterior **al personal del servicio de extinción de incendios**.

Para ello, los huecos deben:

- Tener un ancho mínimo de 80 cm y una altura mínima de 1,2 m.
- La altura del alfeizar respecto del suelo no debe sobrepasar los 1,2 m.
- La distancia entre ejes verticales de huecos consecutivos no debe superar los 25 m.
- Los huecos cuya altura de evacuación sea superior a 9 m no deben disponer elementos que impidan el acceso desde el exterior (rejas).

2.4.2. CUBIERTAS

Para evitar la **propagación** del fuego **entre distintos sectores de un mismo edificio o entre éste y su colindante**, el **DB SI2** estipula que una franja igual a **50 cm** a cada lado del elemento que separa los dos sectores de incendios o respecto del edificio colindante la cubierta tendrá una resistencia al fuego **REI 60**.

Para evitar la **propagación** del fuego **entre una cubierta y una fachada de distinto sector o del edificio colindante**, el **DB SI2** estipula que la fachada debe ser **EI 60** al menos una altura igual a **h**, que **depende de la distancia** a la que se encuentra el elemento de la cubierta susceptible de propagar el fuego, por ser igualmente inferior EI 60.

d (m)	≥2,50	2,00	1,75	1,50	1,25	1,00	0,75	0,50	0
h (m)	0	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	5,00

Distancias mínimas entre fachadas según el ángulo que forman para cumplir el CTE DB SI2.

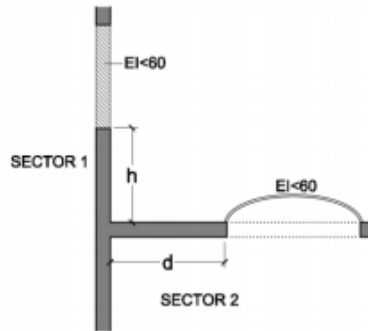


Figura 2.1 Encuentro cubierta-fachada

Altura de fachada EI 60 en función de d para cumplir el CTE DB SI2. Figura 2.1, pág. 31.

2.5. SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN

Está regulada por el **CTE DB SUA**, que tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de seguridad de utilización y accesibilidad. De este modo se reduce el riesgo de que los usuarios sufran daños durante el uso y disfrute de la edificación (caídas, aprisionamiento, impacto, atrapamiento, etc.).

En cuanto a la envolvente se refiere, se verá afectada principalmente por la regulación de la **altura de barandillas o elementos de protección** de los huecos de la fachada y disposición de **acristalamientos**, con la accesibilidad necesaria para su **limpieza y mantenimiento** con total seguridad para los operarios, etc.

Las **barreras de protección** de los huecos tendrán una **altura** igual de 90 cm siempre y cuando la altura de posible caída no exceda los 6 m, y de 1,10 m en caso contrario.

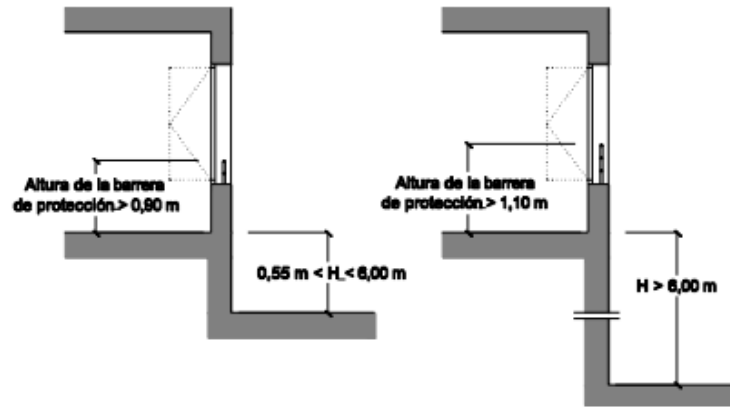


Figura 3.1 Barreras de protección en ventanas

Altura de elementos de protección de los huecos de fachada, CTE DB SUA, Figura 3.1, pág. 10.



A su vez, garantiza la **accesibilidad al edificio** de las personas con discapacidad, lo cual determinará la **dimensión de los huecos** de acceso al edificio, la existencia de **rampas y escaleras** para salvar desniveles, etc.

Estos elementos deben estar **integrados en la composición estética de la fachada** para no desvirtuar la misma con añadidos posteriores por incumplimiento de normativa.

2.6. ESTÉTICA

La envolvente no se limita a cumplir requisitos funcionales, sino que también constituye la **imagen exterior del edificio**. Por ello, a las exigencias de estabilidad y habitabilidad anteriormente expuestas, se deben incorporar criterios estéticos acordes con el entorno y con el uso del edificio.

Ello afecta principalmente a las **fachadas exteriores**, y en ocasiones a las **cubiertas**, cuando tienen una gran presencia desde niveles superiores del propio edificio o sus colindantes, convirtiéndose en estos casos en la denominada quinta fachada del edificio.

De este modo, estas partes de la envolvente del edificio alcanzan la máxima vitruviana: UTILITAS, FIRMITAS y VENUSTAS.

2.7. SOSTENIBILIDAD

A todo esto debemos añadir un aspecto que hoy en día no puede ser dejado de lado, que es la **sostenibilidad**. Este término conlleva no sólo el velar por la **eficiencia energética** del edificio, de su envolvente, sino procurar y promover el uso de **materiales que minimicen la huella de carbono del edificio**. Es decir, fomentar el uso de materiales **naturales, reciclados y/o reciclables**. Hay que evitar: el uso indiscriminado de recursos no renovables, la generación de una cantidad ingente de residuos y la elevada contaminación.

Por ello, será imprescindible incorporar en el diseño **criterios** de sostenibilidad, **tanto pasivos como activos**, que deben ser tenidos en cuenta desde el mismo momento de la ideación del edificio y su envolvente, hasta la elección de los materiales, técnicas y procedimientos a utilizar durante su ejecución.

2.8. SEGURIDAD ESTRUCTURAL

La seguridad estructural no es un requisito propio de la envolvente en sí misma, salvo en **casos especiales** en los que está **compuesta por muros portantes**, como pueden ser por ejemplo el caso de algunos tipos de paneles de hormigón prefabricado.

TEMA 3 – PROTECCIÓN CONTRA LAS HUMEDADES

1. TIPOS DE HUMEDADES

1.1. HUMEDADES DE OBRA

Se trata de la humedad **aportada durante el proceso constructivo**, debido a que se dificulta el secado y la evaporación del agua contenida en la unidad constructiva (por aplicación temprana del acabado, etc.). Puede afectar tanto a elementos de la envolvente como a las particiones o acabados interiores.



Humedad en cerramiento de fachada.



Humedad en muro de sótano marcada en el enfoscado de recubrimiento interior.



Humedad en pavimento de terrazo marcada en las juntas de las piezas.

1.2. HUMEDADES POR CAPILARIDAD

Se trata de humedades **de tipo ascendente**, procedentes de:

- el **subsuelo** (agua de escorrentía, nivel freático, pozos ciegos, etc.).
- falta de capa drenante o barrera impermeable en la solera.
- una deficiente o nula ventilación de la cámara sanitaria, forjado sanitario o solera ventilada, o ausencia de la misma.
- agua acumulada en **plataformas horizontales** (vierteaguas, terrazas, incluso interiores por inundaciones, etc.). En el caso de las cubiertas planas transitables suele ser debida a una acumulación de agua por incorrecta disposición de sumideros, no acorde a las pendientes de los paños o tras elementos que impiden la llegada del agua a evacuar hasta los mismos, obstrucción de los mismos por depósito de suciedad, etc.

En cualquier caso, la humedad **asciende por la estructura porosa de los materiales**, ya sean muros, cerramientos de fachada, tabiques de planta baja o en contacto con el cerramiento de fachada afectado o elementos de acabado.



Humedad por capilaridad en cerramiento de fachada debida a la cercanía de cámaras sanitarias (pozos ciegos).



Humedad por capilaridad en particiones interiores debida a la ausencia de impermeabilización y ventilación en la solera.



Humedad por capilaridad en cerramiento de fachada debida al estancamiento de agua en plataformas horizontales.



Humedad por capilaridad debida a inundaciones.

1.3. HUMEDADES DE FILTRACIÓN

Agua que alcanza el interior del edificio a través de: soleras, muros de sótano, cerramientos de fachada, medianeras, puertas y ventanas exteriores, cubiertas planas e inclinadas, lucernarios, etc.

Son especialmente conflictivos los **encuentros** entre elementos de distintos sistemas constructivos o entre diferentes paños de un mismo sistema, ya sea por estar mal diseñados o incorrectamente ejecutados.



Filtraciones procedentes de muros de sótano.



Filtraciones procedentes de la fachada.



Filtraciones procedentes de ventanas.



Filtraciones procedentes de ventanas.



Filtraciones procedentes de la cubierta.



Filtraciones procedentes de patios interiores.

Debemos tener en cuenta que las humedades por filtración no siempre se producen desde la envolvente, sino que **otro foco de filtraciones** son los **núcleos húmedos**, principalmente bañeras y duchas, afectando tanto a la tabiquería interior y a los acabados, como a la envolvente con la que pueden estar en contacto.



Filtraciones procedentes de núcleos húmedos afectando a falsos techos.



Filtraciones procedentes de núcleos húmedos afectando a revestimientos de paredes y pavimentos.



Filtraciones procedentes de núcleos húmedos afectando a medianeras y fachadas.

1.4. HUMEDADES DE CONDENSACIÓN

Cuadro patológico de **origen térmico**, ya que el vapor de agua existente en un espacio interior, por evaporación del agua caliente sanitaria, cocción o por simple transpiración humana, alcanza la **T^a de rocío** al entrar en contacto con superficies más

60

Mercedes Galiana Agulló

mgaliana@ucam.edu

frías, afectando principalmente a la tabiquería y a la hoja interior de los cerramientos de fachada y sus huecos, además de a falsos techos y solados.



Condensación del vapor de agua en carpinterías de acristalamiento sencillo.

En algunas ocasiones la T^a de rocío se alcanza **en capas internas del cerramiento** de fachada o de la cubierta. En esta situación, si la humedad entra en contacto con materiales como las **mantas aislantes**, pueden **mermar su eficacia**, afectando a la eficiencia energética de la envolvente. Deberá estudiarse esta situación, disponiendo de **barreras de vapor** (láminas de aluminio, papel kraft, etc.) que impidan que dicha humedad de condensación afecte a estos elementos.



Protección del aislante térmico (mantas de fibra de vidrio) frente a las humedades producidas en el interior del cerramiento, por la condensación del vapor de agua procedente del interior del edificio.

1.5. HUMEDADES ACCIDENTALES

Humedades debidas a la **rotura de conducciones** empotradas o ancladas al tabique, inundaciones, etc. Principalmente se deben a la falta de holgura o de disposición de bandas elásticas.



Humedades en fábricas y acabados debidas a pérdidas o roturas de las instalaciones de agua o saneamiento.

2. FILTRACIONES

El Código Técnico de la Edificación, en el **DB HS Salubridad**, determina las medidas a adoptar en relación a los diferentes elementos de la envolvente para evitar que las edificaciones se vean afectadas por las humedades y los daños que provocan.

2.1. FILTRACIONES POR MUROS

El **riesgo** de presencia de agua, según la situación del nivel freático, está determinado por el Código Técnico como:

- Bajo: cuando la cara inferior de la solera está por encima del NF.
- Medio: cuando la cara inferior de la solera está a la misma profundidad que el NF.
- Alto: cuando la cara inferior de la solera está 2 o más metros por debajo del NF.

Presencia de agua	Coeficiente de permeabilidad del terreno		
	$K_s \geq 10^{-2}$ cm/s	$10^{-5} < K_s \leq 10^{-2}$ cm/s	$K_s \leq 10^{-5}$ cm/s
Alta	5	5	4
Media	3	2	2
Baja	1	1	1

Grado de impermeabilidad mínimo exigido a los muros en contacto con el terreno. Basada en la Tabla 2.1 del CTE DB HS 1, Salubridad, pág. HS1-2.

En función del riesgo de presencia de agua y de la permeabilidad del terreno, el CTE nos exige determinados tratamientos a realizar al muro, así como **disponer capas drenantes e impermeabilizantes** junto al mismo, y otras medidas añadidas. Estos tratamientos varían en función de si se trata de un muro de gravedad, un muro flexorresistente o un muro pantalla.

Grado de impermeabilidad	Muro de gravedad		
	Imp. Int.	Imp. Ext.	Parcialmente estanco
≤ 1	I2+D1+D5	I2+I3+D1+D5	V1
≤ 2	C3+I1+D1+D3 ⁽³⁾	I1+I3+D1+D3	D4+V1
≤ 3	C3+I1+D1+D3 ⁽³⁾	I1+I3+D1+D3	D4+V1
≤ 4		I1+I3+D1+D3	D4+V1
≤ 5		I1+I3+D1+D2+D3	D4+V1 ⁽¹⁾

Grado de impermeabilidad	Muro flexorresistente		
	Imp. Int.	Imp. Ext.	Parcialmente estanco
≤ 1	C1+I2+D1+D5	I2+I3+D1+D5	V1
≤ 2	C1+C3+I1+D1+D3	I1+I3+D1+D3	D4+V1
≤ 3	C1+C3+I1+D1+D3 ⁽²⁾	I1+I3+D1+D3	D4+V1
≤ 4		I1+I3+D1+D3	D4+V1
≤ 5		I1+I3+D1+D2+D3	D4+V1

Grado de impermeabilidad	Muro pantalla		
	Imp. Int.	Imp. Ext.	Parcialmente estanco
≤ 1	C2+I2+D1+D5	C2+I2+D1+D5	
≤ 2	C1+C2+I1	C2+I1	D4+V1
≤ 3	C1+C2+I1	C2+I1	D4+V1
≤ 4	C1+C2+I1	C2+I1	D4+V1
≤ 5	C1+C2+I1	C2+I1	D4+V1

- 1) Solución no aceptable para más de un sótano.
- (2) Solución no aceptable para más de dos sótanos.
- (3) Solución no aceptable para más de tres sótanos.

Condiciones de las soluciones de muro. Basada en la Tabla 2.2 del CTE DB HS 1, Salubridad, pág. HS1-3.

C - Constitución del muro:

C1 Cuando el muro se construya in situ debe utilizarse hormigón hidrófugo.

C2 Cuando el muro se construya in situ debe utilizarse hormigón de consistencia fluida.

C3 Cuando el muro sea de fábrica deben utilizarse bloques o ladrillos hidrofugados y mortero hidrófugo.

I - Impermeabilización:

I1 La impermeabilización debe realizarse mediante la colocación en el muro de una lámina impermeabilizante, o la aplicación directa in situ de productos líquidos, tales

como polímeros acrílicos, caucho acrílico, resinas sintéticas o poliéster. En los muros pantalla construidos con excavación la impermeabilización se consigue mediante la utilización de lodos bentoníticos.

Si se impermeabiliza interiormente con lámina ésta debe ser adherida.

Si se impermeabiliza exteriormente con lámina, cuando ésta sea adherida debe colocarse una capa antipunzonamiento en su cara exterior y cuando sea no adherida debe colocarse una capa antipunzonamiento en cada una de sus caras. En ambos casos, si se dispone una lámina drenante puede suprimirse la capa antipunzonamiento exterior.

Si se impermeabiliza mediante aplicaciones líquidas debe colocarse una capa protectora en su cara exterior salvo que se coloque una lámina drenante en contacto directo con la impermeabilización. La capa protectora puede estar constituida por un geotextil o por mortero reforzado con una armadura.

I2 La impermeabilización debe realizarse mediante la aplicación de una pintura impermeabilizante o según lo establecido en I1. En muros pantalla construidos con excavación, la impermeabilización se consigue mediante la utilización de lodos bentoníticos.

I3 Cuando el muro sea de fábrica debe recubrirse por su cara interior con un revestimiento hidrófugo, tal como una capa de mortero hidrófugo sin revestir, una hoja de cartón-yeso sin yeso higroscópico u otro material no higroscópico.

D - Drenaje y evacuación:

D1 Debe disponerse una capa drenante y una capa filtrante entre el muro y el terreno o, cuando existe una capa de impermeabilización, entre ésta y el terreno. La capa drenante puede estar constituida por una lámina drenante, grava, una fábrica de bloques de arcilla porosos u otro material que produzca el mismo efecto.

Cuando la capa drenante sea una lámina, el remate superior de la lámina debe protegerse de la entrada de agua procedente de las precipitaciones y de las escorrentías.

D2 Debe disponerse en la proximidad del muro un pozo drenante cada 50 m como máximo. El pozo debe tener un diámetro interior igual o mayor que 0,7 m y debe disponer de una capa filtrante que impida el arrastre de finos y de dos bombas de achique para evacuar el agua a la red de saneamiento o a cualquier sistema de recogida para su reutilización posterior.

D3 Debe colocarse en el arranque del muro un tubo drenante conectado a la red de saneamiento o a cualquier sistema de recogida para su reutilización posterior y, cuando dicha conexión esté situada por encima de la red de drenaje, al menos una cámara de bombeo con dos bombas de achique.

D4 Deben construirse canaletas de recogida de agua en la cámara del muro conectadas a la red de saneamiento o a cualquier sistema de recogida para su reutilización posterior y, cuando dicha conexión esté situada por encima de las canaletas, al menos una cámara de bombeo con dos bombas de achique.

D5 Debe disponerse una red de evacuación del agua de lluvia en las partes de la cubierta y del terreno que puedan afectar al muro y debe conectarse aquélla a la red de saneamiento o a cualquier sistema de recogida para su reutilización posterior.

V – Ventilación de la cámara:

V1 Deben disponerse aberturas de ventilación en el arranque y la coronación de la hoja interior y ventilarse el local al que se abren dichas aberturas con un caudal de, al menos, 0,7 l/s por cada m² de superficie útil del mismo.

Las aberturas de ventilación deben estar repartidas al 50% entre la parte inferior y la coronación de la hoja interior junto al techo, distribuidas regularmente y dispuestas al trespelillo.

La relación entre el **área efectiva total de las aberturas**, S_s , en cm^2 , y la superficie de la hoja interior, A_h , en m^2 , debe cumplir la siguiente condición:

$$30 > S_s/A_h > 10$$

La **distancia entre aberturas** de ventilación contiguas **no** debe ser **mayor que 5 m**.

La **impermeabilización** aplicada al muro debe **sobresalir por encima de la rasante** al menos **15 cm**, de modo que proteja la parte inferior de la fachada del encuentro con el agua de escorrentía y de las salpicaduras del agua de lluvia.

2.2. FILTRACIONES POR SUELOS

El **riesgo** de presencia de agua, según la situación del nivel freático, está determinado por el Código Técnico como:

- Bajo: cuando la cara inferior de la solera está por encima del NF.
- Medio: cuando la cara inferior de la solera está a la misma profundidad que el NF.
- Alto: cuando la cara inferior de la solera está 2 o más metros por debajo del NF.

Presencia de agua	Coeficiente de permeabilidad del terreno	
	$K_s \geq 10^{-5} \text{ cm/s}$	$K_s \leq 10^{-5} \text{ cm/s}$
Alta	5	4
Media	4	3
Baja	2	1

Grado de impermeabilidad mínimo exigido a los suelos en contacto con el terreno. Basada en la Tabla 2.3 del CTE DB HS 1, Salubridad, pág. HS1-6.

En función del riesgo de presencia de agua y de la permeabilidad del terreno, el CTE nos exige determinados tratamientos a realizar a la solera, así como **disponer capas drenantes e impermeabilizantes** bajo la misma, y otras medidas añadidas, como tratamientos perimétricos en la edificación, etc. Estos tratamientos varían en función de si la envolvente vertical en contacto con el terreno es un muro de sótano o de contención, o un muro pantalla.

Grado de impermeabilidad	Muro de sótano o de contención			Muro pantalla		
	Sub-base	Inyecciones	Sin intervención	Sub-base	Inyecciones	Sin intervención
≤ 1		D1	C2+C3+D1		D1	C2+C3+D1
≤ 2	C2+C3	C2+C3+D1	C2+C3+D1	C2+C3	C2+C3+D1	C2+C3+D1
≤ 3	C1+C2+C3+I2+D1+D2+S1+S2+S3	C1+C2+C3+I2+D1+D2+S1+S2+S3	C2+C3+I2+D1+D2+C1+S1+S2+S3	C1+C2+C3+D1+P2+S2+S3	C1+C2+C3+D1+P2+S2+S3	C1+C2+C3+D1+D4+P2+S2+S3
≤ 4	C2+C3+I2+D1+D2+P2+S1+S2+S3	C2+C3+I2+D1+D2+P2+S1+S2+S3	C1+C2+C3+I1+I2+D1+D2+D3+D4+P1+P2+S1+S2+S3	C2+C3+D1+S2+S3	C2+C3+D1+S2+S3	C1+C2+I1+D2+D3+P1+S2+S3
≤ 5	C2+C3+I2+D1+D2+P2+S1+S2+S3	C2+C3+I1+I2+D1+D2+P1+P2+S1+S2+S3		C2+C3+D1+P2+S2+S3	C2+C3+D1+P2+S2+S3	C1+C2+C3+I1+D1+D2+D3+D4+P1+P2+S2+S3

Grado de impermeabilidad mínimo exigido a los suelos en contacto con el terreno. Basada en la Tabla 2.3 del CTE DB HS 1, Salubridad, pág. HS1-6.

C - Constitución del suelo:

C1 Cuando el suelo se construya in situ debe utilizarse hormigón hidrófugo de elevada compacidad.

C2 Cuando el suelo se construya in situ debe utilizarse hormigón de retracción moderada.

C3 Debe realizarse una hidrofugación complementaria del suelo mediante la aplicación de un producto líquido colmatador de poros sobre la superficie terminada del mismo.

I - Impermeabilización:

I1 Debe impermeabilizarse el suelo externamente mediante la disposición de una lámina sobre la capa base de regulación del terreno.

Si la lámina es adherida debe disponerse una capa antipunzonamiento por encima de ella.

Si la lámina es no adherida ésta debe protegerse por ambas caras con sendas capas antipunzonamiento.

Cuando el suelo sea una placa, la lámina debe ser doble.

I2 Debe impermeabilizarse, mediante la disposición sobre la capa de hormigón de limpieza de una lámina, la base de la zapata en el caso de muro flexorresistente y la base del muro en el caso de muro por gravedad.

Si la lámina es adherida debe disponerse una capa antipunzonamiento por encima de ella.

Si la lámina es no adherida ésta debe protegerse por ambas caras con sendas capas antipunzonamiento.

Deben sellarse los encuentros de la lámina de impermeabilización del suelo con la de la base del muro o zapata.

D - Drenaje y evacuación:

D1 Debe disponerse una capa drenante y una capa filtrante sobre el terreno situado bajo el suelo. En el caso de que se utilice como capa drenante un encachado, debe disponerse una lámina de polietileno por encima de ella.

D2 Deben colocarse tubos drenantes, conectados a la red de saneamiento o a cualquier sistema de recogida para su reutilización posterior, en el terreno situado bajo el suelo y, cuando dicha conexión esté situada por encima de la red de drenaje, al menos una cámara de bombeo con dos bombas de achique.

D3 Deben colocarse tubos drenantes, conectados a la red de saneamiento o a cualquier sistema de recogida para su reutilización posterior, en la base del muro y, cuando dicha conexión esté situada por encima de la red de drenaje, al menos una cámara de bombeo con dos bombas de achique.

En el caso de muros pantalla los tubos drenantes deben colocarse a un metro por debajo del suelo y repartidos uniformemente junto al muro pantalla.

D4 Debe disponerse un pozo drenante por cada 800 m² en el terreno situado bajo el suelo. El diámetro interior del pozo debe ser como mínimo igual a 70 cm. El pozo debe disponer de una envolvente filtrante capaz de impedir el arrastre de finos del terreno. Deben disponerse dos bombas de achique, una conexión para la evacuación a la red de saneamiento o a cualquier sistema de recogida para su reutilización posterior y un dispositivo automático para que el achique sea permanente.

P - Tratamiento perimétrico:

P1 La superficie del terreno en el perímetro del muro debe tratarse para limitar el aporte de agua superficial al terreno mediante la disposición de una acera, una zanja drenante o cualquier otro elemento que produzca un efecto análogo.

P2 Debe encastrarse el borde de la placa o de la solera en el muro.

S - Sellado de juntas:

S1 Deben sellarse los encuentros de las láminas de impermeabilización del muro con las del suelo y con las dispuestas en la base inferior de las cimentaciones que estén en contacto con el muro.

S2 Deben sellarse todas las juntas del suelo con banda de PVC o con perfiles de caucho expansivo o de bentonita de sodio.

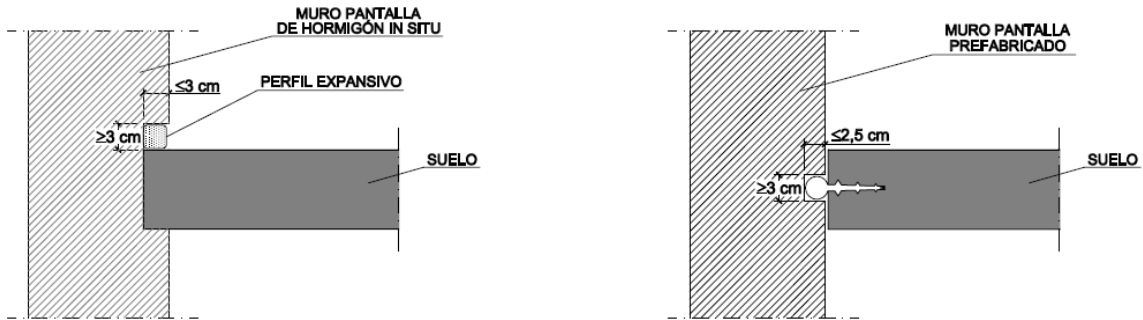
S3 Deben sellarse los encuentros entre el suelo y el muro con banda de PVC o con perfiles de caucho expansivo o de bentonita de sodio.

El **encuentro de los suelos con los muros o pantallas** perimetrales debe hacerse del siguiente modo:

- **Muro flexorresistente o de gravedad in situ** – junta sellada con banda elástica embebida en la masa de hormigón de ambos.

- **Muro pantalla in situ** - abrir una roza horizontal en el intradós del muro (3 cm de profundidad máximo) - hormigonar el suelo macizando la roza, excepto su borde superior, que debe sellarse con un perfil expansivo.

- **Muro pantalla prefabricado** - sellar la junta suelo-pantalla con un perfil expansivo situado en el interior de la junta.

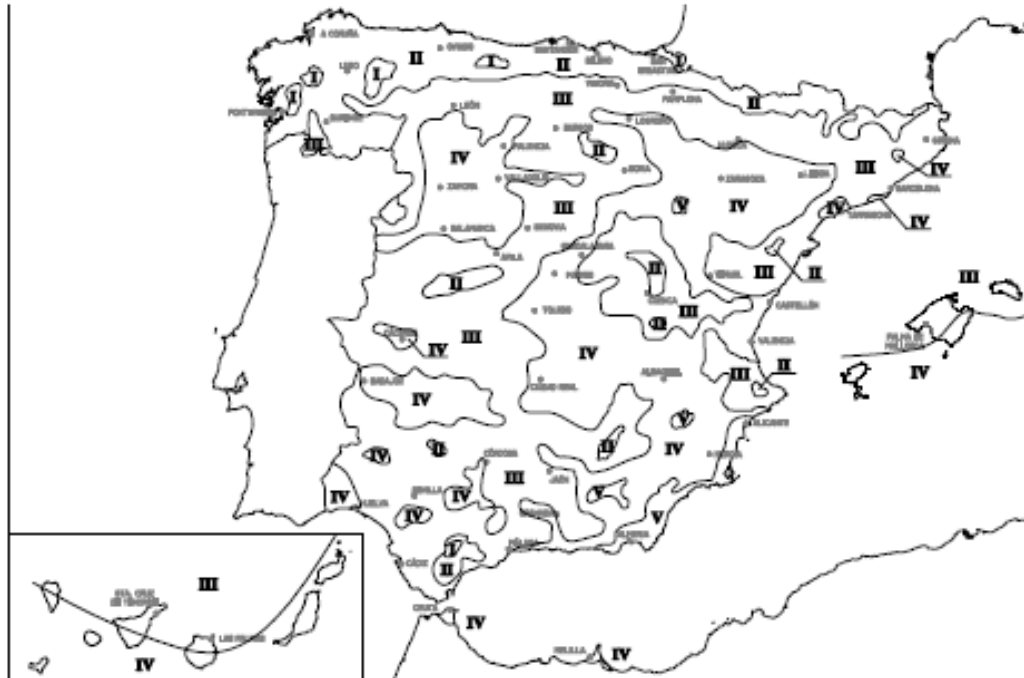


Diseño del encuentro de las soleras con los muros pantalla. Figura 2.3 del CTE DB HS, Salubridad, pág. HS1-9.

2.3. FILTRACIONES POR FACHADAS

La fachada debe responder a las condiciones del medio en que se encuentra, de modo que la normativa establece un **grado de impermeabilidad mínimo** en función de la **zona pluviométrica y el grado de exposición al viento**.

		Zona pluviométrica de promedios				
		I	II	III	IV	V
Grado de exposición	V1	5	5	4	3	2
	V2	5	4	3	3	2
al viento	V3	5	4	3	2	1



Zona pluviométrica. Figura 2.4 del CTE DB HS, Salubridad, pág. HS1-10.

		Clase del entorno del edificio					
		E1			E0		
		Zona eólica			Zona eólica		
Altura del edificio en m	≤ 15	A	B	C	A	B	C
	16 - 40	V3	V3	V3	V2	V2	V2
	41 - 100 ⁽¹⁾	V2	V2	V2	V1	V1	V1

⁽¹⁾ Para edificios de más de 100 m de altura y para aquellos que están próximos a un desnivel muy pronunciado, el grado de exposición al viento debe ser estudiada según lo dispuesto en el DB-SE-AE.

Grado de exposición al viento. Tabla 2.6 del CTE DB HS, Salubridad, pág. HS1-10.

El **grado de exposición al viento** depende de la **altura de coronación del edificio**, la **clase del entorno** y la **zona eólica**.

La clase del entorno será E0 cuando se trate de un terreno tipo I, II o III y E1 en los demás casos, según la clasificación establecida en el DB SE:

- Terreno tipo I: borde del mar o de un lago con una zona despejada de agua en la dirección del viento de una extensión mínima de 5 km.
- Terreno tipo II: terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia.
- Terreno tipo III: zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados tales como árboles o construcciones pequeñas.
- Terreno tipo IV: zona urbana, industrial o forestal.
- Terreno tipo V: centros de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura.

La zona eólica se puede consultar en el mapa.



Zona eólica. Figura 2.5 del CTE DB HS, Salubridad, pág. HS1-11.

La normativa establece las **soluciones aptas para las fachadas** en función del grado de impermeabilidad exigido y de si existe o no revestimiento:

		Con revestimiento exterior				Sin revestimiento exterior			
Grado de impermeabilidad	≤1	R1+C1 ⁽¹⁾				C1 ⁽¹⁾ +J1+N1			
	≤2					B1+C1+J1+N1 C2+H1+J1+N1 C2+J2+N2 C1 ⁽¹⁾ +H1+J2+N2			
	≤3	R1+B1+C1	R1+C2			B2+C1+J1+N1	B1+C2+H1+J1+N1	B1+C2+J2+N2	B1+C1+H1+J2+N2
	≤4	R1+B2+C1	R1+B1+C2	R2+C1 ⁽¹⁾		B2+C2+H1+J1+N1		B2+C2+J2+N2	B2+C1+H1+J2+N2
	≤5	R3+C1	B3+C1	R1+B2+C2	R2+B1+C1	B3+C1			

⁽¹⁾ Cuando la fachada sea de una sola hoja, debe utilizarse C2.

Soluciones de fachadas. Tabla 2.7 del CTE DB HS, Salubridad, pág. HS1-11.

R - Resistencia a la filtración del *revestimiento exterior*:

R1 El *revestimiento exterior* debe tener al menos una resistencia media a la filtración. Se considera que proporcionan esta resistencia los siguientes:

- revestimientos continuos de las siguientes características:
 - espesor comprendido entre 10 y 15 mm, salvo los acabados con una capa plástica delgada;
 - adherencia al soporte suficiente para garantizar su estabilidad;
 - permeabilidad al vapor suficiente para evitar su deterioro como consecuencia de una acumulación de vapor entre él y la hoja principal;
 - adaptación a los movimientos del soporte y comportamiento aceptable frente a la fisuración;
 - cuando se dispone en fachadas con el aislante por el exterior de la hoja principal, compatibilidad química con el aislante y disposición de una armadura constituida por una malla de fibra de vidrio o de poliéster.
- revestimientos discontinuos rígidos pegados de las siguientes características:
 - de piezas menores de 300 mm de lado;
 - fijación al soporte suficiente para garantizar su estabilidad;
 - disposición en la cara exterior de la hoja principal de un enfoscado de mortero;
 - adaptación a los movimientos del soporte.

R2 El revestimiento exterior debe tener al menos una resistencia alta a la filtración. Se considera que proporcionan esta resistencia los revestimientos discontinuos rígidos fijados mecánicamente dispuestos de tal manera que tengan las mismas características establecidas para los discontinuos de R1, salvo la del tamaño de las piezas.

R3 El revestimiento exterior debe tener una resistencia muy alta a la filtración. Se considera que proporcionan esta resistencia los siguientes:

- revestimientos continuos de las siguientes características:
 - estanquidad al agua suficiente para que el agua de filtración no entre en contacto con la hoja del cerramiento dispuesta inmediatamente por el interior del mismo;
 - adherencia al soporte suficiente para garantizar su estabilidad;

- permeabilidad al vapor suficiente para evitar su deterioro como consecuencia de una acumulación de vapor entre él y la hoja principal;
 - adaptación a los movimientos del soporte y comportamiento muy bueno frente a la fisuración, de forma que no se fisure debido a los esfuerzos mecánicos producidos por el movimiento de la estructura, por los esfuerzos térmicos relacionados con el clima y con la alternancia día-noche, ni por la retracción propia del material constituyente del mismo;
 - estabilidad frente a los ataques físicos, químicos y biológicos que evite la degradación de su masa.
- revestimientos discontinuos fijados mecánicamente de alguno de los siguientes elementos dispuestos de tal manera que tengan las mismas características establecidas para los discontinuos de R1, salvo la del tamaño de las piezas:
- escamas: elementos manufacturados de pequeñas dimensiones (pizarra, piezas de fibrocemento, madera, productos de barro);
 - lamas: elementos que tienen una dimensión pequeña y la otra grande (lamas de madera, metal);
 - placas: elementos de grandes dimensiones (fibrocemento, metal);
 - sistemas derivados: sistemas formados por cualquiera de los elementos discontinuos anteriores y un aislamiento térmico.

B - Resistencia a la filtración de la barrera contra la penetración de agua:

B1 Debe disponerse al menos una barrera de resistencia media a la filtración. Se consideran como tal los siguientes elementos:

- cámara de aire sin ventilar;
- aislante no hidrófilo colocado en la cara interior de la hoja principal.

B2 Debe disponerse al menos una barrera de resistencia alta a la filtración. Se consideran como tal los siguientes elementos:

- cámara de aire sin ventilar y aislante no hidrófilo dispuestos por el interior de la hoja principal, estando la cámara por el lado exterior del aislante;
- aislante no hidrófilo dispuesto por el exterior de la hoja principal.

B3 Debe disponerse una barrera de resistencia muy alta a la filtración. Se consideran como tal los siguientes:

- una cámara de aire ventilada y un aislante no hidrófilo de las siguientes características:
- la cámara debe disponerse por el lado exterior del aislante;
- debe disponerse en la parte inferior de la cámara y cuando ésta quede interrumpida, un sistema de recogida y evacuación del agua filtrada a la misma (véase el apartado 2.3.3.5);
- el espesor de la cámara debe estar comprendido entre 3 y 10 cm;
- deben disponerse aberturas de ventilación cuya área efectiva total sea como mínimo igual a 120 cm² por cada 10 m² de paño de fachada entre forjados repartidas al 50% entre la parte superior y la inferior. Pueden utilizarse como aberturas rejillas, llagas desprovistas de mortero, juntas abiertas en los revestimientos discontinuos que tengan una anchura mayor que 5 mm u otra solución que produzca el mismo efecto.
- revestimiento continuo intermedio en la cara interior de la hoja principal, de las siguientes características:
 - estanquidad al agua suficiente para que el agua de filtración no entre en contacto con la hoja del cerramiento dispuesta inmediatamente por el interior del mismo;
 - adherencia al soporte suficiente para garantizar su estabilidad;

- permeabilidad suficiente al vapor para evitar su deterioro como consecuencia de una acumulación de vapor entre él y la hoja principal;
- adaptación a los movimientos del soporte y comportamiento muy bueno frente a la fisuración, de forma que no se fisure debido a los esfuerzos mecánicos producidos por el movimiento de la estructura, por los esfuerzos térmicos relacionados con el clima y con la alternancia día-noche, ni por la retracción propia del material constituyente del mismo;
- estabilidad frente a los ataques físicos, químicos y biológicos que evite la degradación de su masa.

C - Composición de la hoja principal:

C1 Debe utilizarse al menos una hoja principal de espesor medio. Se considera como tal una fábrica cogida con mortero de:

- ½ pie de ladrillo cerámico, que debe ser perforado o macizo cuando no exista revestimiento exterior o cuando exista un revestimiento exterior discontinuo o un aislante exterior fijados mecánicamente;
- 12 cm de bloque cerámico, bloque de hormigón o piedra natural.

C2 Debe utilizarse una hoja principal de espesor alto. Se considera como tal una fábrica cogida con mortero de:

- 1 pie de ladrillo cerámico, que debe ser perforado o macizo cuando no exista revestimiento exterior o cuando exista un revestimiento exterior discontinuo o un aislante exterior fijados mecánicamente;
- 24 cm de bloque cerámico, bloque de hormigón o piedra natural.

H - Higroscopicidad del material componente de la hoja principal:

H1 Debe utilizarse un material de higroscopicidad baja, que corresponde a una fábrica de:

- ladrillo cerámico de succión $\leq 4,5$ kg/m².min, según el ensayo descrito en UNE EN 772-11:2001 y UNE EN 772-11:2001/A1:2006;
- piedra natural de absorción $\leq 2\%$, según el ensayo descrito en UNE-EN 13755:2002.

J - Resistencia a la filtración de las juntas entre las piezas que componen la hoja principal:

J1 Las juntas deben ser al menos de resistencia media a la filtración. Se consideran como tales las juntas de mortero sin interrupción excepto, en el caso de las juntas de los bloques de hormigón, que se interrumpen en la parte intermedia de la hoja;

J2 Las juntas deben ser de resistencia alta a la filtración. Se consideran como tales las juntas de mortero con adición de un producto hidrófugo, de las siguientes características:

- sin interrupción excepto, en el caso de las juntas de los bloques de hormigón, que se interrumpen en la parte intermedia de la hoja;
- juntas horizontales llagueadas o de pico de flauta;
- cuando el sistema constructivo así lo permita, con un rejuntado de un mortero más rico.

Véase apartado 5.1.3.1 para condiciones de ejecución relativas a las juntas.

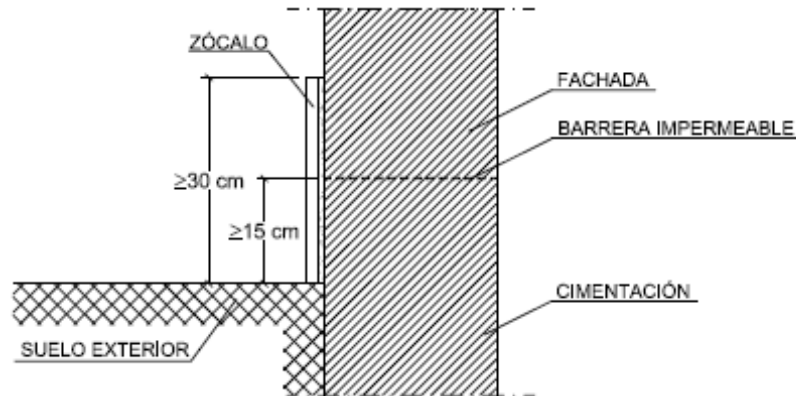
N - Resistencia a la filtración del revestimiento intermedio en la cara interior de la hoja principal:

N1 Debe utilizarse al menos un revestimiento de resistencia media a la filtración. Se considera como tal un enfoscado de mortero con un espesor mínimo de 10 mm.

N2 Debe utilizarse un revestimiento de resistencia alta a la filtración. Se considera como tal un enfoscado de mortero con aditivos hidrofugantes con un espesor mínimo

de 15 mm o un material adherido, continuo, sin juntas e impermeable al agua del mismo espesor.

Además de resolver la fachada según procede en función del grado de impermeabilidad exigido, con carácter general, para proteger la fachada de la humedad en su encuentro con la rasante, se debe prolongar la **impermeabilización** de los muros de sótano al menos **15 cm sobre la rasante o disponer una barrera anticapilaridad** a la misma altura en caso de disponer cámaras sanitarias en lugar de sótanos.



Diseño del encuentro de la fachada con la rasante. Figura 2.7 del CTE DB HS, Salubridad, pág. HS1-15.

El remate de la lámina impermeable se realizará del mismo modo que indicaremos en el caso de las cubiertas.

Además, se dispondrá un **zócalo** que cubra **al menos una altura igual a 30 cm** sobre la rasante, de un material que tenga un **coeficiente de absorción inferior al 3%**, principalmente porcelánicos o pétreos naturales de acabado pulido. Este material se puede extender en altura por condiciones de diseño de fachada, elevándolo para hacerlo coincidir con la primera línea de ventanas, con la altura de la puerta de acceso a la edificación o incluso a la totalidad de la altura de la planta baja.

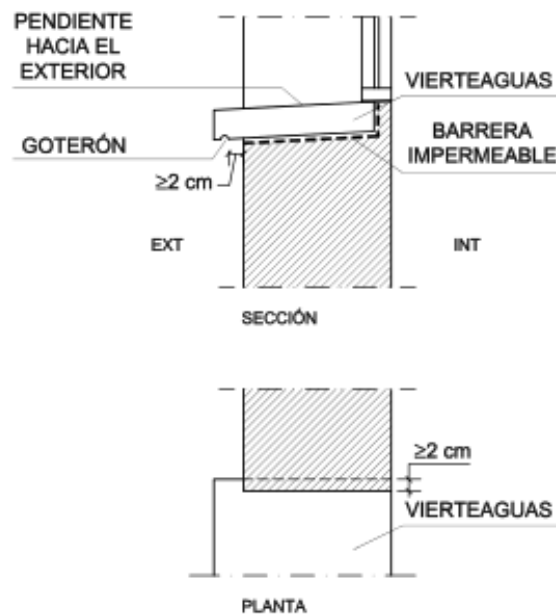


Prolongación de lámina impermeable 15 cm sobre rasante y protección con zócalo aproximadamente una altura igual o superior a 30 cm.



Extensión del zócalo de protección hasta línea de ventana o a toda la planta baja del edificio.

El perímetro inferior de los huecos, uno de los puntos más conflictivos, susceptible de sufrir filtraciones, se debe resolver disponiendo un **vierteaguas** con una inclinación mínima de **10°** hacia el exterior, con un **goterón** a una distancia de la fachada mínima de **2 cm**. El vierteaguas irá **encastrado** un mínimo de **2 cm** bajo las bajas laterales del hueco, y dispondrá una **lámina impermeable** bajo el mismo que doblará todo su espesor y se prolongará 10 cm por la cara interior de la hoja exterior de la fachada.



Condiciones a cumplir por los vierteaguas de ventana. Figura 2.12 del CTE DB HS, Salubridad, pág. HS1-18.



Disposición de lámina impermeable en la parte inferior del vierteaguas de ventana.

Es importante también disponer de un **cordón de sellado** en todo el perímetro de la carpintería, garantizando así la estanqueidad del encuentro.

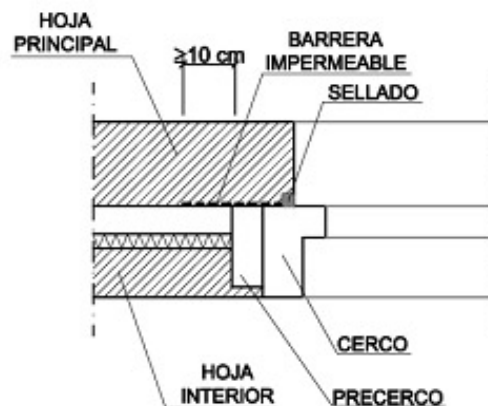


Lámina impermeable y cordón de sellado en el perímetro del encuentro de la carpintería con la fachada. Figura 2.11 del CTE DB HS, Salubridad, pág. HS1-17.

Así mismo, será conveniente que la carpintería disponga de elementos que protejan estos puntos susceptibles de provocar filtraciones, manteniéndolos alejados del agua de lluvia.

También es importante que las carpinterías dispongan de **orificios de salida del agua**, rebosaderos, evitando que filtre al interior por desbordamiento del marco.



Orificios de salida del agua de lluvia infiltrada.

Otro de los puntos conflictivos, susceptibles de provocar filtraciones son los remates del **antepecho de cubierta**. Se deben resolver con **albardillas** de materiales impermeables o con una lámina impermeable en su parte inferior, y con una **inclinación mínima de 10°**.

Pueden desaguar a una o dos aguas. En caso de tener inclinación en una única dirección, es aconsejable que viertan el agua hacia el interior de la cubierta, evitando así el ensuciamiento de la fachada.

Aún así, dispondrá de un **goterón** a cada lado del antepecho, distanciados **2 cm** del paramento acabado.

Albardilla de hormigón blanco reforzada con varillas de fibra de vidrio, pendiente a 1 agua con doble goterón.

Otro posible punto de entrada de agua son las **juntas de dilatación** del edificio. En este caso se introducirá un **material de relleno** a una profundidad mínima de 1 cm y **se sellará con materiales elásticos** capaces de absorber los movimientos de la hoja exterior de la fachada.

Si se disponen perfiles metálicos, éstos se extenderán mínimo 5 cm sobre la hoja y se sellarán sus extremos para impedir filtraciones.



Solución de las juntas de dilatación de la fachada. Figura 2.6 del CTE DB HS, Salubridad, pág. HS1-15.

2.4. FILTRACIONES POR CUBIERTAS

Para proteger las cubiertas frente a las humedades lo esencial es disponer una **lámina impermeable** que impida la entrada de agua, obligatoria en las cubiertas planas de cualquier tipo y en las cubiertas inclinadas que no cumplan la inclinación mínima establecida para cada tipo de pieza de protección.

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

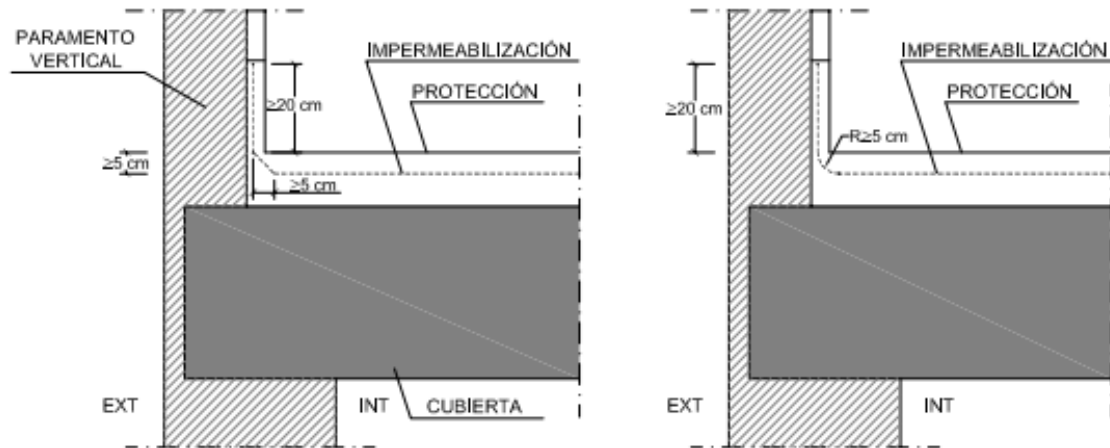
- (1) En caso de cubiertas con varios sistemas de protección superpuestos se establece como pendiente mínima la menor de las pendientes para cada uno de los sistemas de protección.
- (2) Para los sistemas y piezas de formato especial las pendientes deben establecerse de acuerdo con las correspondientes 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").

Pendiente mínima de las cubiertas inclinadas para que no sea exigible la lámina impermeable. Tabla 2.10 del CTE DB HS, Salubridad, pág. HS1-20.

Pueden utilizarse láminas adheridas o no adheridas en función de la inclinación. Para **pendientes entre 5 y 15%** deben utilizarse **sistemas adheridos**, mientras que para **pendientes superiores a 15%** deben utilizarse **sistemas fijados mecánicamente**.

La **lámina impermeable** ascenderá en el encuentro con el antepecho de cubierta un mínimo de **20 cm por encima del pavimento de acabado o material de protección**. El doblado evitará que la lámina se tense, evitando ángulos de 90°, creando un chaflán o una media caña de 5 cm de radio.

Quedará protegida metiendo el borde en una **roza de 3 x 3 cm**, un **rebaje del peto** de cubierta de 5 cm de espesor, o la disposición de un **perfil metálico inoxidable** con un cordón de sellado en su parte superior.

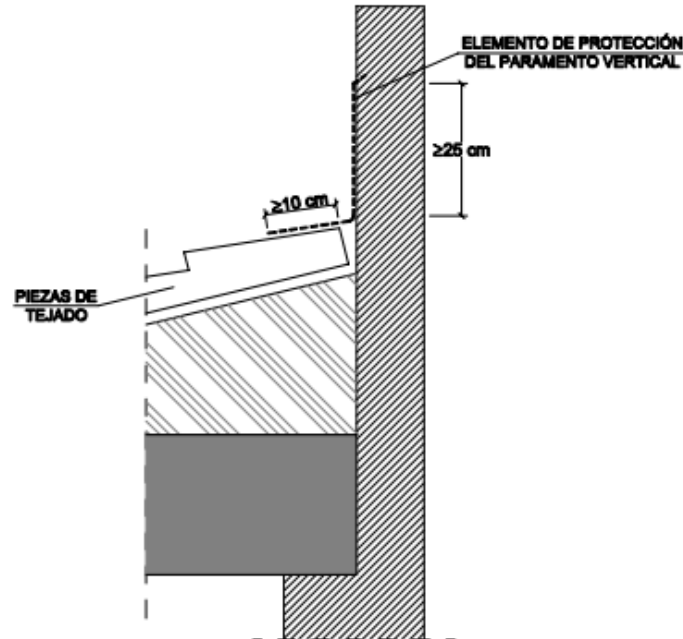


Remate de la lámina impermeable de cubierta en el encuentro con el paramento vertical. Figura 2.13 del CTE DB HS1, pág. HS1-24.

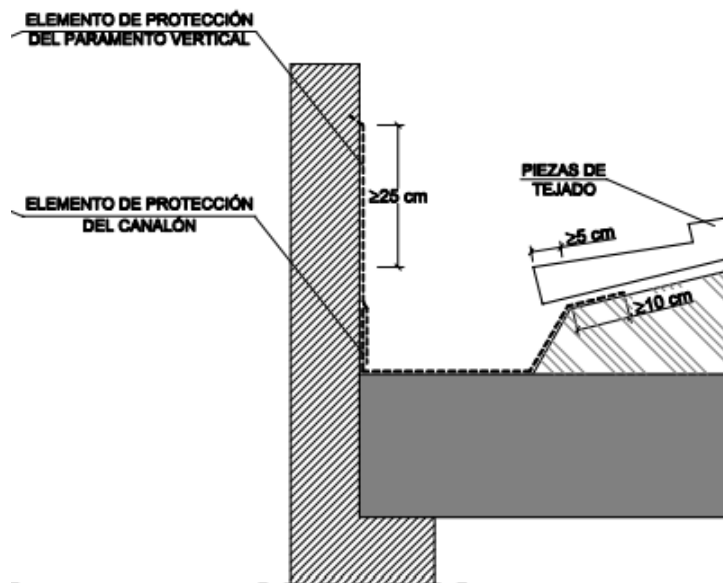


La formación de pendientes conducirá el agua hacia los puntos de recogida, **sumideros** prefabricados que se disponen al nivel de la lámina impermeable, con un **ala mínima de 10 cm** que se introduce en el doblado de la lámina, evitando de este modo la aparición de humedades por filtración.

En las **cubiertas inclinadas** los puntos más conflictivos son los **encuentros con paramentos verticales**. En ellos se dispondrán láminas impermeables que asciendan un mínimo de **25 cm** desde el punto crítico de filtración, solapando **10 cm** mínimo por encima de las piezas de protección, o por debajo de ellas, en función de si el punto a resolver es el más bajo o más alto del faldón.



Encuentro de faldón de cubierta inclinada con paramento vertical según Tabla 2.16 del CTE DB HS, pág. HS1-27.



Protección de paramento vertical junto a canalón interior según Tabla 2.17 del CTE DB HS, pág. HS1-29.

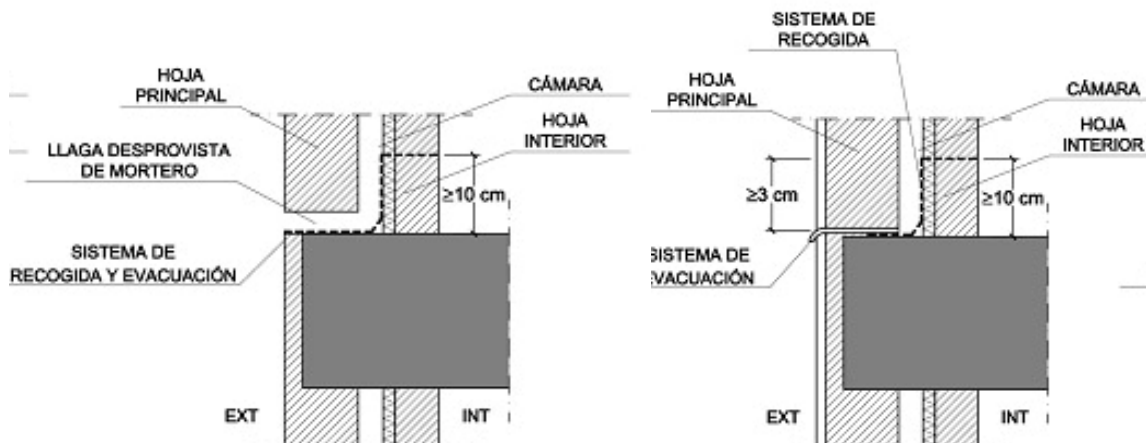
3. CONDENSACIONES

Cuando se puedan producir **condensaciones intersticiales** en la envolvente, ya sea en capas internas de la cubierta o de la fachada, se garantizará que éstas no mermen la eficacia del aislamiento dispuesto. Para ello se dispondrán **barreras de vapor**, compuestas por materiales que impiden el paso del vapor de agua (lámina de aluminio, papel Kraft, etc.).

Así mismo, se garantizará la **evaporación** del agua en el interior de las cámaras de aire internas de los diferentes sistemas constructivos garantizando una ventilación mínima.

Además, en la interrupción de la cámara por los forjados o dinteles, se garantizará la **evacuación** del agua condensada, o filtrada desde el exterior, disponiendo una **lámina impermeable** que la recoja y la conduzca hacia el exterior.

Dicha lámina ascenderá un mínimo de 10 cm en su encuentro con la hoja interior de la fachada, y dispondrá de puntos de evacuación cada 1,5 m, **llagas desprovistas de mortero o pequeños tubos de desagüe** introducidos para tal efecto.



Encuentro de la cámara de aire de las fachadas capuchinas con los forjados y dinteles. Figura 2.10 del CTE DB HS, Salubridad, pág. HS1-17.

Las **condensaciones superficiales**, que afectan principalmente a la hoja interior de la envolvente y otras particiones y acabados, están derivadas principalmente de la falta de ventilación de los espacios interiores, sumado a una elevada producción de vapor de agua.

Es necesario garantizar una adecuada **renovación del aire interior**, atendiendo a lo establecido en el **CTE DB HS** en relación a la permeabilidad al aire de las carpinterías (visto en el Tema 1).

Si esta medida no fuese suficiente, puede ser complementada con la disposición de **deshumidificadores**. También son recomendables los sistemas de **calefacción por aire**, que no aporten humedad al ambiente, ayudando por el contrario a disminuirla.

TEMA 4 – LA ENVOLVENTE ESTANCA COMPACTA

1. ELEMENTOS DE CONTENCIÓN

Cuando las **condiciones de la excavación** no cumplen los requisitos exigidos, para que ésta pueda llevarse a cabo sin necesidad de realizar previamente el elemento definitivo de contención del terreno, se recurrirá a la ejecución de pantallas o muros que permitan realizar el vaciado en condiciones de seguridad, tanto para la propia excavación, como para las edificaciones, viales y demás construcciones colindantes a la misma.

1.1. PANTALLAS

Se denomina **pantallas** a los elementos verticales de contención de tierras, ejecutados cuando el terreno, los edificios vecinos o sus cimentaciones, no serían estables sin sujeción, o bien cuando se trabaje por debajo del nivel freático, siendo necesario eliminar las posibles filtraciones de agua al interior de la excavación, o de asegurar la estabilidad de la misma ante posibles fenómenos de sifonamiento.

Se realizarán en una **fase previa al vaciado** y trabajarán fundamentalmente a **flexión**, empotrando su base en el terreno por debajo de la cota de excavación establecida, desempeñando dos funciones básicas, la **contención de las tierras y la impermeabilización del vaso**. No se trata de un elemento terminado, puesto que sus condiciones de ejecución conllevan la necesidad de prever un **acabado final** para la superficie o incluso de la posterior ejecución de un muro de contención o de sótano.

Los tipos de pantallas que contempla la actual normativa, CTE DB SE-C, son:

- Pantallas continuas de hormigón: construidas in situ dentro de una zanja excavada previamente por módulos de un **ancho** entre **0,4-1,5 m** y una **longitud** entre los **2,5-4,5 m**, en función de la estabilidad del terreno, sus movimientos y deformaciones admisibles. Los terrenos cuya cohesión asegure la estabilidad de las paredes de la zanja no requerirán de ningún elemento de contención, mientras que en los suelos sin cohesión la entibación se llevará a cabo mediante **lodos tixotrópicos**. Se trata de suspensiones de arcillas tixotrópicas de alta plasticidad en agua, que rellenan la zanja estabilizando sus paredes verticales hasta el momento del hormigonado. Se introducen en cada paño las jaulas de las armaduras, que cubren toda la longitud del tramo, y se procede al hormigonado mediante mangas que rellenan la zanja desde la base, de modo que a medida que avanza el hormigón, va desplazando los lodos, que son recogidos en superficie.

- Pantallas de pilotes: habitualmente realizadas mediante pilotes perforados, admitiéndose en ocasiones los pilotes prefabricados hincados. Son adecuadas en aquellos casos en que **la pantalla no requiere ser estanca**, en cuyo caso se disponen los pilotes con una separación no superior a dos veces su diámetro. Si la excavación debe permanecer abierta mucho tiempo y el terreno es erosionable o puede variar fácilmente sus propiedades al encontrarse a la intemperie, se protegerá mediante hormigón proyectado.

- Pantallas de tablestacas: se trata de pantallas prefabricadas compuestas por paneles de hormigón armado, pretensado o acero. Se hincan en el terreno por golpeo o vibración. Sus bordes suelen ir machihembrados, proporcionando la requerida impermeabilización de la excavación. Se usan habitualmente combinadas con el sistema de wellpoints para el achique del agua.

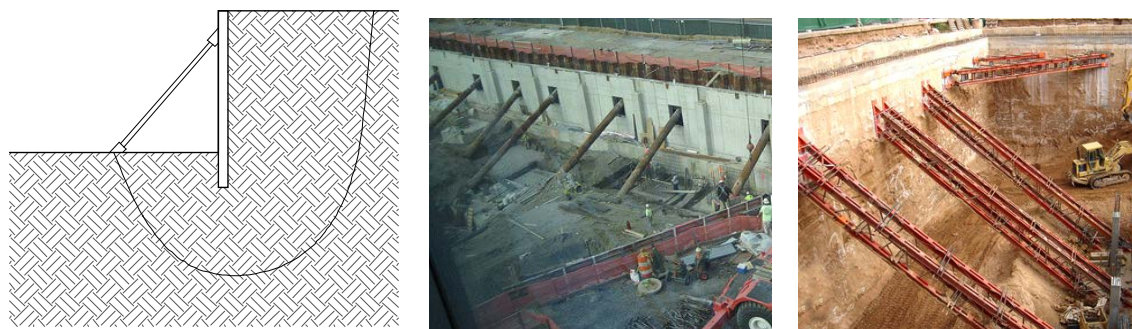


Ejecución de las pantallas y perfiles de las tablestacas. Fuente: <www.emgrisa.es> y <www.azendra.com> [Consulta: 3 de febrero de 2012].

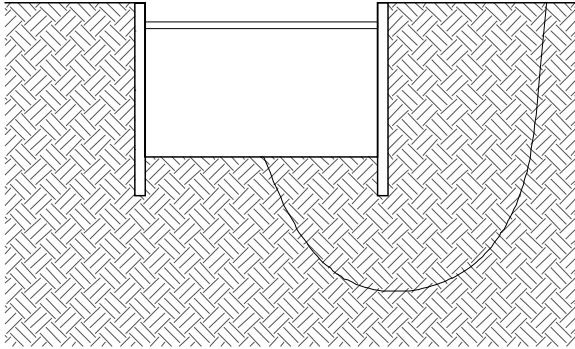
La **elección del tipo de pantalla** dependerá de las condiciones del terreno y de las edificaciones colindantes. Previamente a la ejecución de la pantalla es preciso asegurar **que no atraviese obstáculos**, como instalaciones enterradas, galerías de servicio, etc. Si se trabaja **bajo el nivel freático** se descartarán aquellos tipos que no aseguren una adecuada estanqueidad. Así mismo, en el caso de pantallas prefabricadas, se estudiará el posible **efecto de la hincada o las vibraciones** en las edificaciones vecinas, debido a posibles fenómenos de compactación del terreno.

En ocasiones será necesario disponer de **elementos de sujeción de la propia pantalla** para garantizar la estabilidad de la misma, de la excavación, así como de las edificaciones vecinas. En general suelen ser necesarios cuando la profundidad de la excavación es superior a 3-4 m, en edificaciones con más de un sótano. El tipo de sujeción a escoger depende de los factores económicos, de la viabilidad de su ejecución y de la influencia en los trabajos de vaciado y de construcción del edificio. En general se podrá optar por alguno de los siguientes **sistemas**:

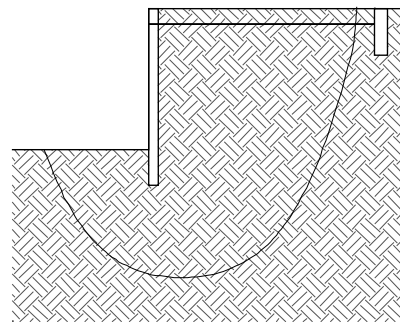
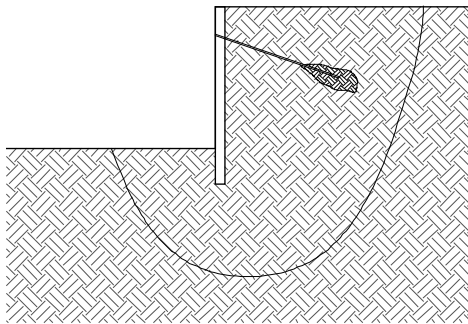
- apuntalamiento contra el fondo de la excavación (menos recurrido debido a que entorpece las labores de trabajo).
- apuntalamiento contra otras pantallas enfrentadas.
- anclajes al terreno o a otras estructuras de contención paralelas existentes en las inmediaciones.



Apuntalamiento contra el fondo de la excavación. Dibujos basados en el CTE DB SE-C-75. Fuente: <www.hotfrog.es> [Consulta: 4 de febrero de 2014].



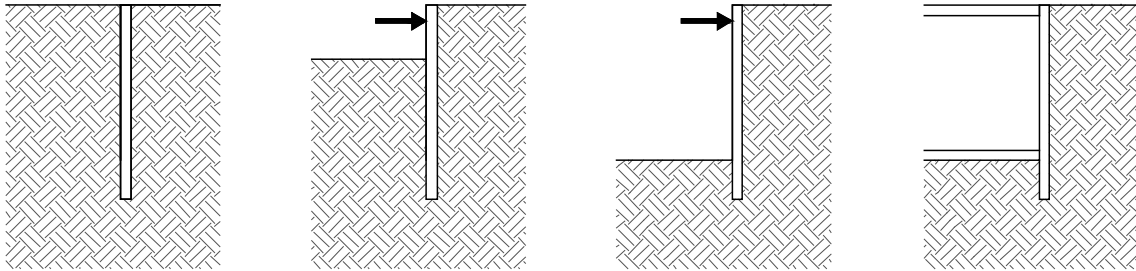
Apuntalamiento contra pantallas enfrentadas. Dibujos basados en el CTE DB SE-C-75. Fuente: <www.hotfrog.es> [Consulta: 4 de febrero de 2014].



Anclajes al terreno. Dibujos basados en el CTE DB SE-C-75. Fuente: <www.geiker.com> y <www.construmatica.com> [Consulta: 4 de febrero de 2014].

En general, las **fases de ejecución** de una pantalla para la construcción de **un sótano** conllevan los siguientes pasos:

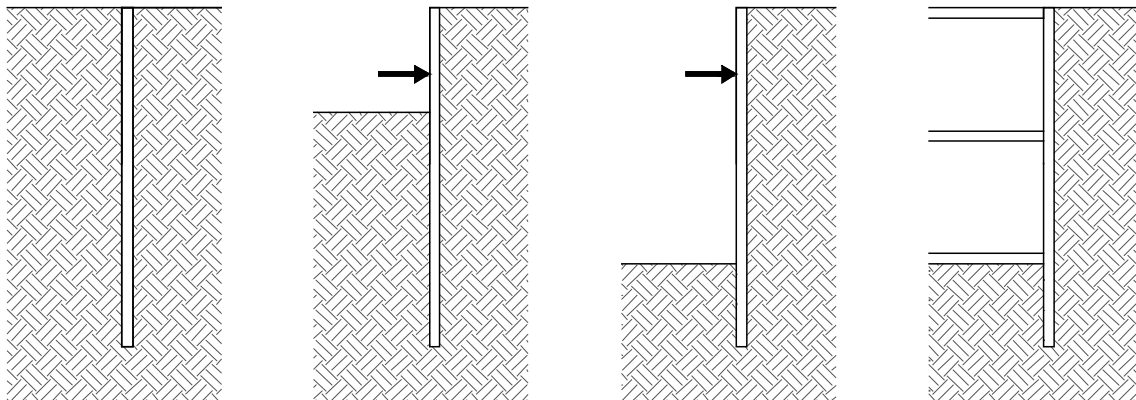
- ejecución de la pantalla.
- excavación hasta -1 m.
- disposición de los elementos de sujeción o anclajes provisionales.
- excavación hasta -3,2 m máximo.
- ejecución de la cimentación, la estructura y los forjados de las plantas de sótano, apoyo definitivo de la pantalla a -0,1 m aproximadamente.
- construcción de la solera y eliminación de los elementos de sujeción provisionales.



Esquema de ejecución de pantallas de una planta sótano. Dibujos basados en la NTE CCP Pantallas.

En el caso de la construcción de **dos sótanos**:

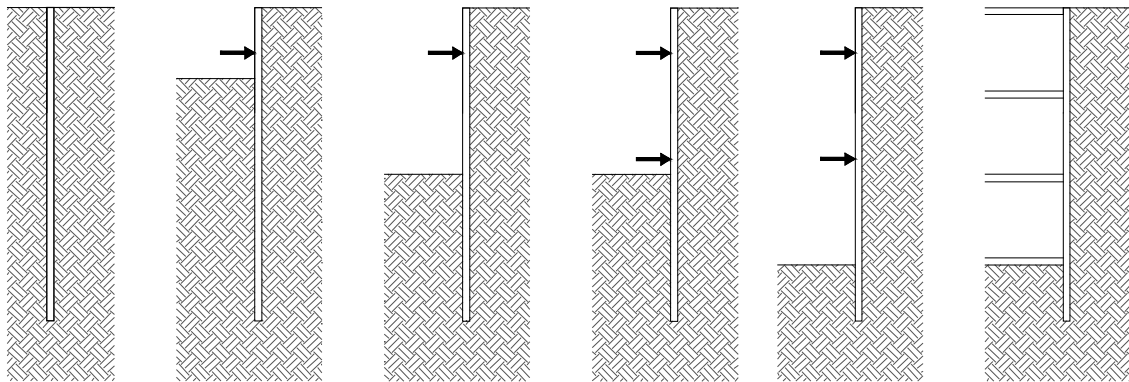
- ejecución de la pantalla.
- excavación entre -0,5 m o hasta -2,5 m en zona de viales.
- disposición de los elementos de sujeción o anclajes provisionales.
- excavación hasta -5,9 m máximo.
- ejecución de la cimentación, la estructura y los forjados de las plantas de sótano, apoyos definitivos de la pantalla a -0,1 m y -2,3 m.
- construcción de la solera y eliminación de los elementos de sujeción provisionales.



Esquema de ejecución de pantallas de dos plantas de sótano. Dibujos basados en la NTE CCP Pantallas.

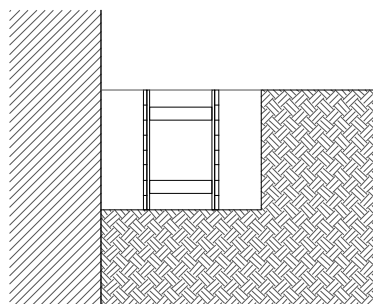
En el caso de la construcción de **tres sótanos**:

- ejecución de la pantalla.
- excavación entre -0,5 m o hasta -2,5 m en zona de viales.
- disposición de los primeros elementos de sujeción o anclajes provisionales.
- excavación hasta -6 m máximo.
- colocación del segundo grupo de elementos de sujeción o anclajes provisionales.
- excavación hasta -8,6 m máximo.
- ejecución de la cimentación, la estructura y los forjados de las plantas de sótano, apoyos definitivos de la pantalla a -0,1 m y -2,8 m y -5,5 m.
- construcción de la solera y eliminación de los elementos de sujeción provisionales.

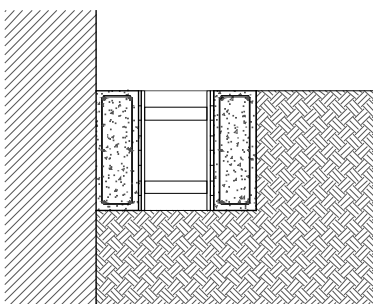


Esquema de ejecución de pantallas de tres plantas de sótano. Dibujos basados en la NTE CCP Pantallas.

La **ejecución de las pantallas continuas de hormigón**, una de las tipologías más habituales, se realiza mediante la disposición previa de **muretes guía**, cuya finalidad es garantizar la alineación de la pantalla, guiar los útiles durante la excavación, evitar el desprendimiento del terreno de la zanja en el interior de la misma y servir de apoyo a las jaulas de armaduras hasta que haya fraguado el hormigón. Se trata de pequeños muros de hormigón armado ejecutados in situ, encofrados y cimbrados, que alcanzan una profundidad entre 0,5-1,5 m, con una distancia entre los mismos entre 20-50 mm superior al ancho de la pantalla. La cara superior, habitualmente con un acabado horizontal, debe situarse al menos 1,5 m por encima de la máxima cota prevista para el nivel freático. Será conveniente que se encuentren apuntalados hasta que finalice la excavación del panel correspondiente.



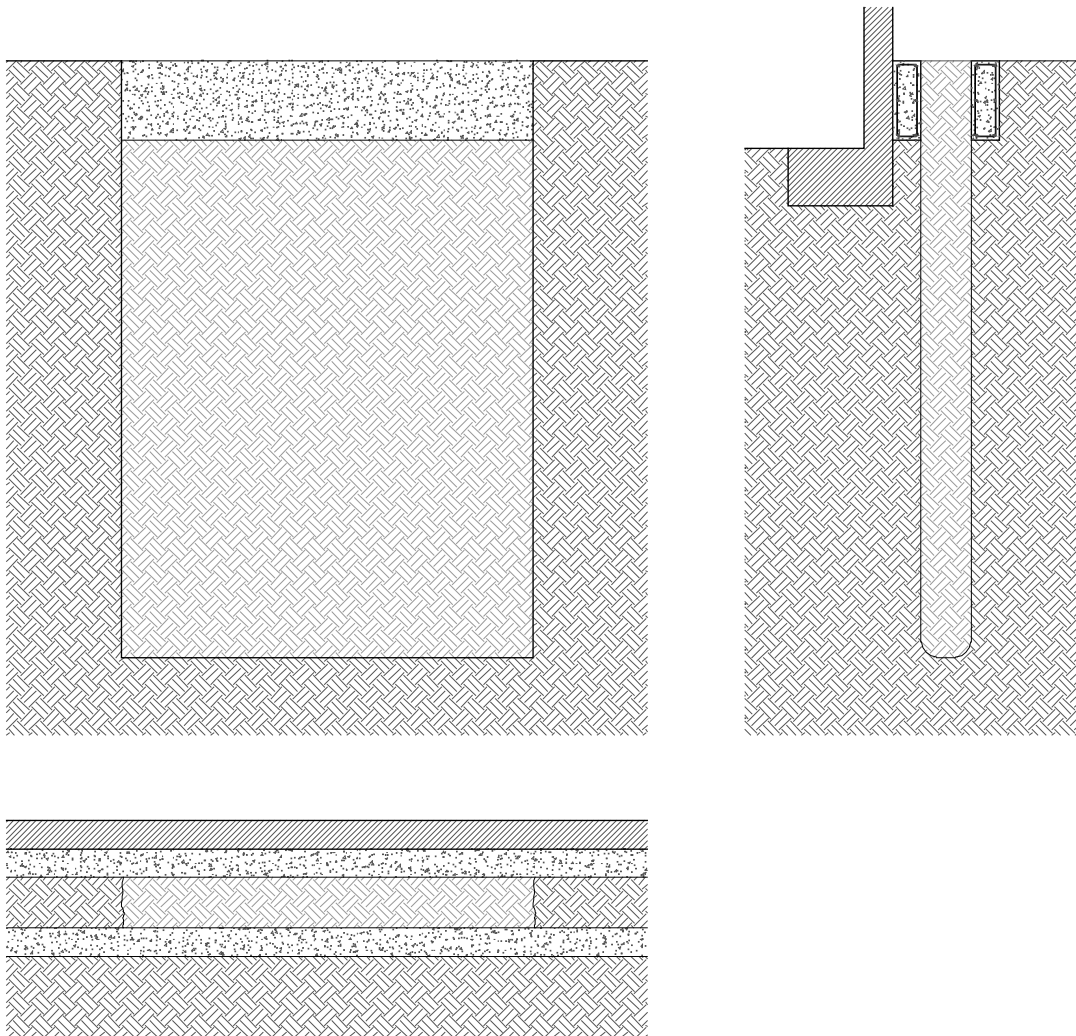
Encofrado y cimbrado



Armado y hormigonado



Esquema de ejecución de los muretes guía para la ejecución de las pantallas de hormigón armado. Dibujos basados en la NTE CCP Pantallas. Fuente: < www.pkmn.es > [Consulta: 4 de febrero de 2014].

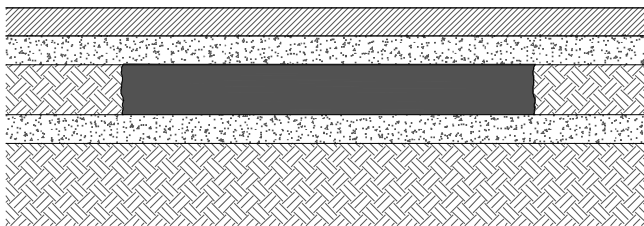
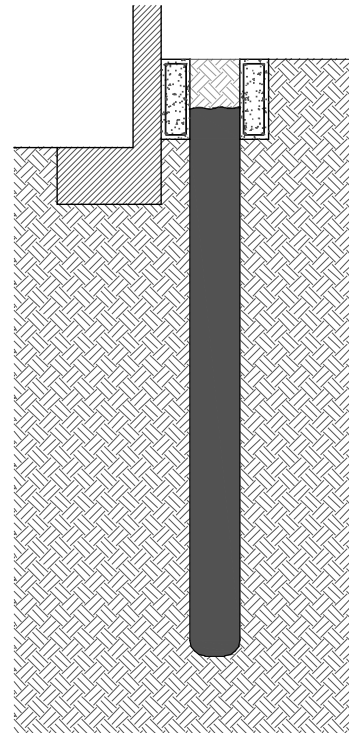
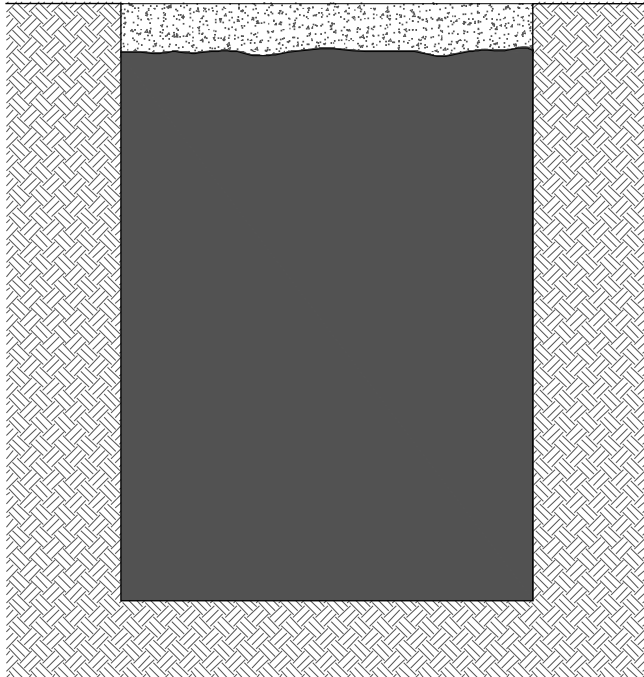


Excavación del panel hasta la cota requerida y retirada de las cimbras de los muretes guía para proceder a su ejecución.

A continuación se procederá al relleno de la zanja con los lodos tixotrópicos, encargados de evitar que se produzca el desmoronamiento de las paredes, principalmente en aquellos casos en que el terreno no tenga la suficiente consistencia.

Se procederá al **hormigonado** una vez colocados los encofrados laterales, que materializan las juntas entre paneles, y las jaulas de armaduras previstas en proyecto, cuya separación entre barras no será inferior a 5 veces el diámetro del árido, favoreciendo así una correcta colocación del hormigón y su adherencia a las armaduras. El proceso se realizará con el máximo cuidado, de modo que se rellene toda la longitud del panel, evitando la formación de vacíos, bolsas de aire, coqueras, etc.

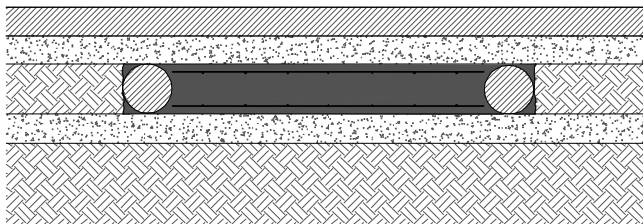
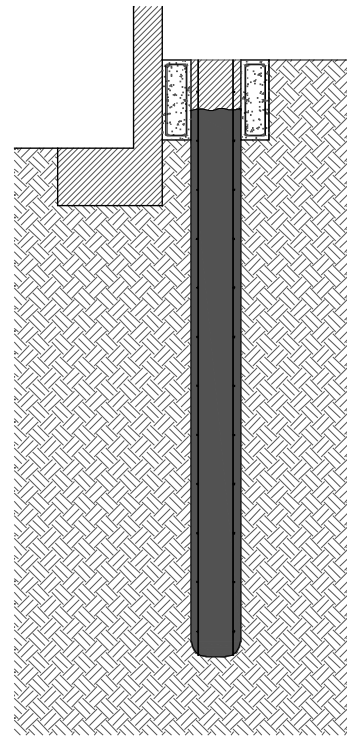
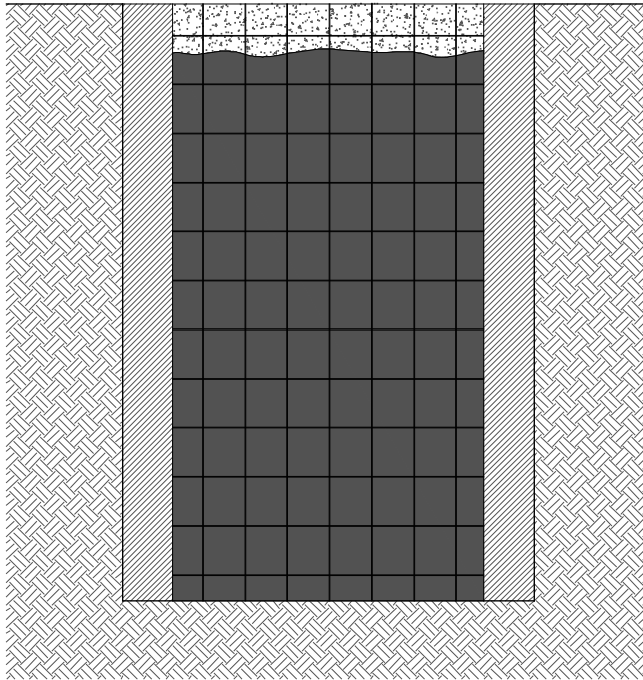
El procedimiento de vertido del hormigón en el interior de lodos tixotrópicos se realiza con **tubo Tremie**, que se introduce hasta el fondo de la excavación, levantándolo posteriormente 10-20 cm para proceder al hormigonado. En la boca se colocará un tapón de modo que se evite el lavado del hormigón de primera colocación. El tubo de encontrará inmerso en el hormigón durante todo el proceso unos 3 m y se colocarán tantos tubos como sea necesario para limitar el recorrido horizontal a 2,5 m.



Relleno de la excavación con los lodos para la estabilización de las paredes.



Relleno de la excavación con los lodos. Fuente: <www.pimosa.com> [Consulta: 4 de febrero de 2014].



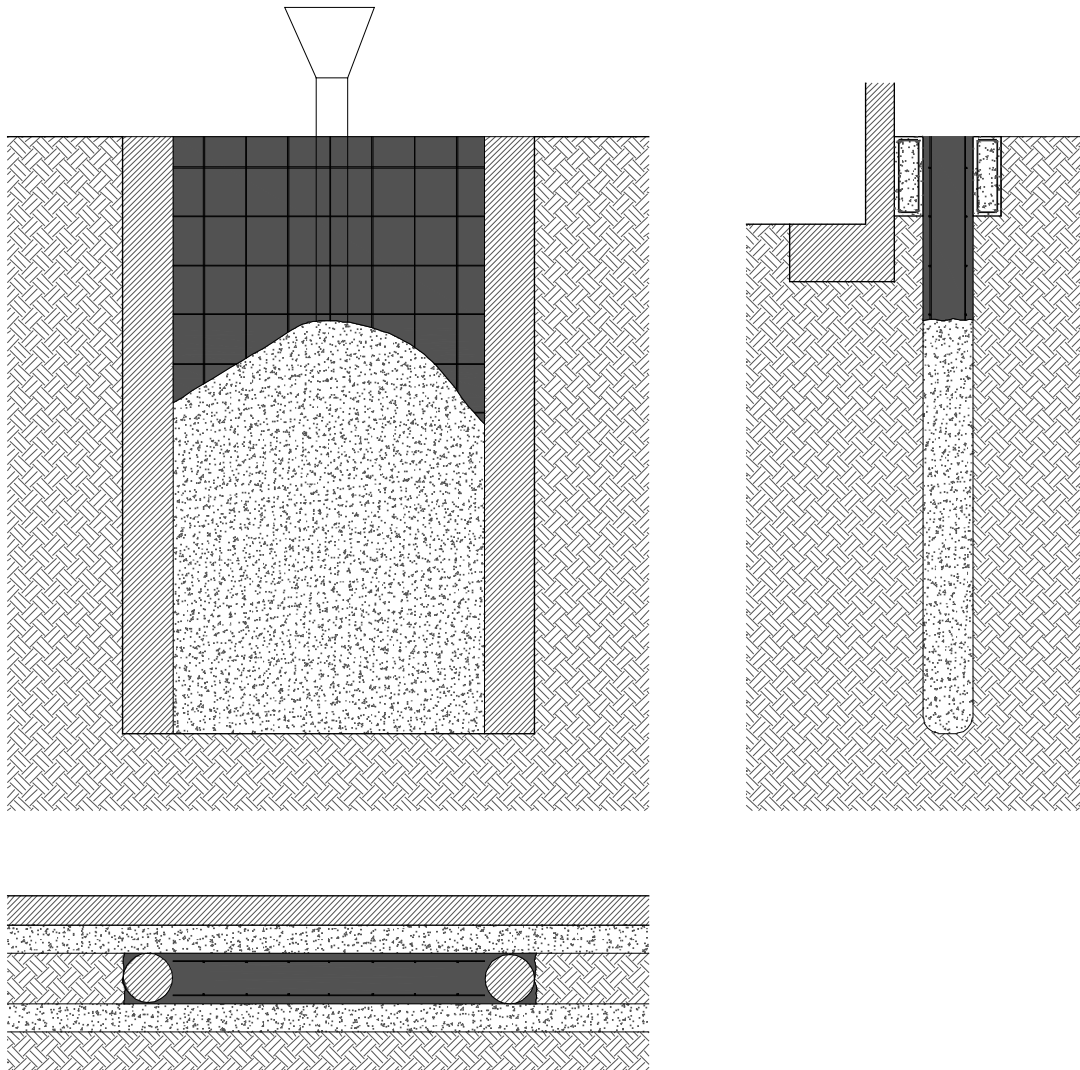
Colocación de los encofrados laterales y de las jaulas de armaduras.



Colocación de las jaulas de armaduras. Fuente: <www.pimosa.com> [Consulta: 4 de febrero de 2014].



Disposición de los encofrados laterales. Fuente: <<http://procedimientosconstruccion.blogs.upv.es>> [Consulta: 4 de febrero de 2014].



Hormigonado del panel con tubo Tremie.

El **hormigón** utilizado en la ejecución de estas pantallas debe reunir unas **características específicas** que garanticen la calidad del proceso y del producto terminado, atendiendo a las especificaciones de la Instrucción EHE. En general debe tener:

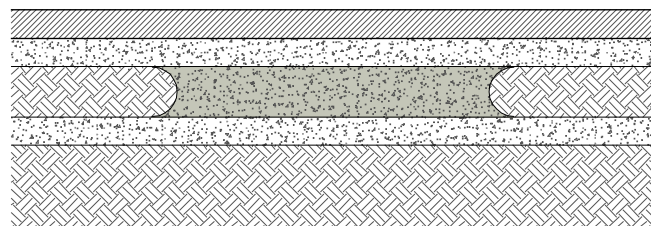
- alta capacidad de resistencia a la segregación.
- alta plasticidad y buena compacidad.
- buena fluidez.
- capacidad de autocompactación.
- buena trabajabilidad durante la puesta en obra.

El **contenido mínimo de cemento** para hormigón vertido en seco será de 325 Kg/m³ y de 375 Kg/m³ para hormigón sumergido (lodos tixotrópicos). Los valores de la relación agua/cemento estarán comprendidos entre 0,45-0,6.

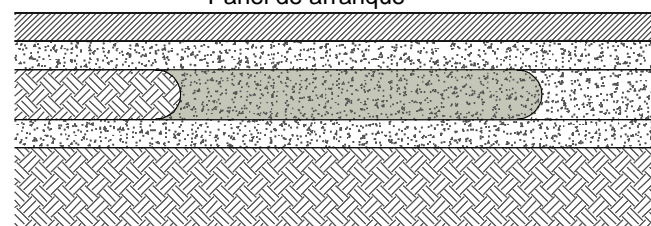
Una vez el hormigón alcance la resistencia suficiente para que la pared vertical se mantenga, se procede a la **extracción de los encofrados de juntas laterales**.

La **distribución de los paneles** que configuran la pantalla, el **tipo y el dimensionado** depende de la geometría del recinto que ocuparán los sótanos del edificio y de las características de la maquinaria a utilizar. En general podemos distinguir entre:

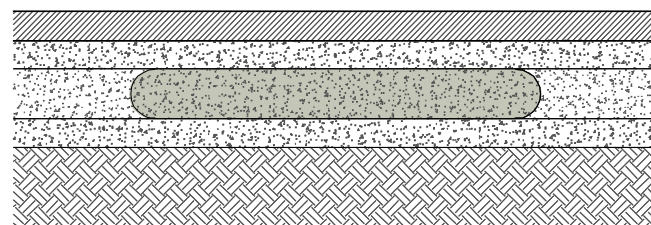
- **Panel de arranque:** construido aisladamente, no existiendo todavía ningún panel contiguo. Las juntas laterales son negativas.
- **Panel normal:** se construye junto a un panel contiguo, enlazado con el mismo mediante una junta positiva. Puede tratarse también de un panel en ángulo.
- **Panel de cierre:** construido entre dos paneles ya ejecutados, guiado por los mismos y enlazados con ellos mediante sendas juntas positivas.



Panel de arranque



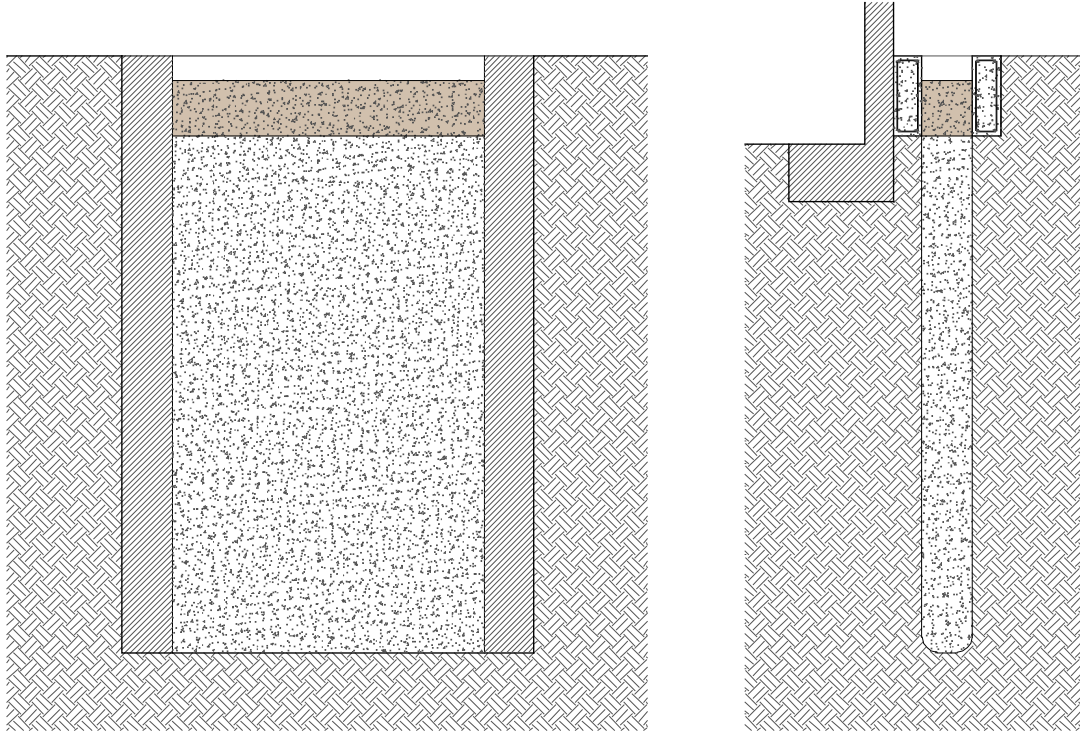
Panel normal



Panel de cierre

Tipos de paneles en función de la forma de la junta creada por requerimientos del proceso constructivo. Fuente: <<http://procedimientosconstruccion.blogspot.es>> [Consulta: 4 de febrero de 2014].

El hormigonado se prolongará hasta una cota superior a la prevista, de modo que el hormigón pobre, que queda en la parte superior por el arrastre de los lodos, pueda ser demolido, disponiendo una **viga de coronación** que atará todos los paneles.



Hormigonado hasta un nivel superior para posteriormente picar el hormigón contaminado con los lodos.

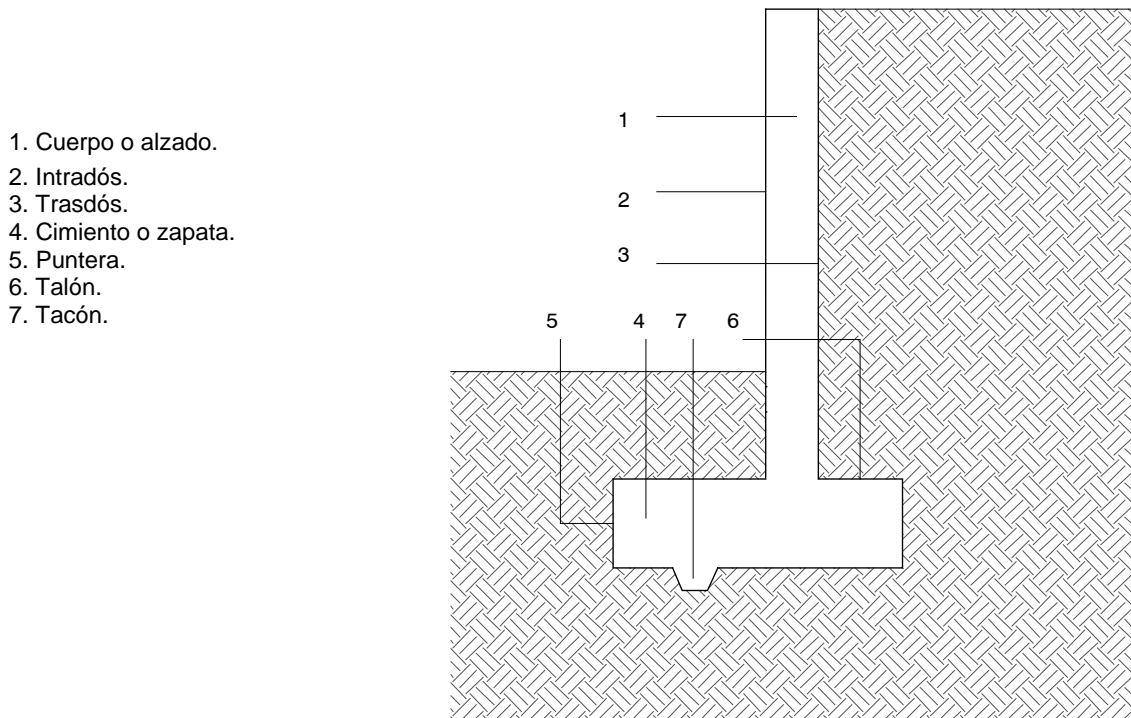


Picado del hormigón pobre y ejecución de la viga de coronación. Fuente: <<http://procedimientosconstruccion.blogs.upv.es>> [Consulta: 4 de febrero de 2014].

1.2. MUROS

Los **muros** son elementos de contención destinados a mantener una diferencia de niveles entre explanadas horizontales en el terreno, que no permitiría la resistencia del mismo sin disponer de elementos de sujeción de las tierras.

Los **elementos principales** que lo componen son el cuerpo o **alzado** del muro, elemento de contención propiamente dicho, y la **zapata**, elemento de apoyo horizontal sobre el terreno, compuesta a su vez por **puntera y talón**, que impiden el deslizamiento y el vuelco del muro debido a los empujes del terreno. En ocasiones puede disponerse de un **tacón** o resalte que ayude a minimizar los desplazamientos.

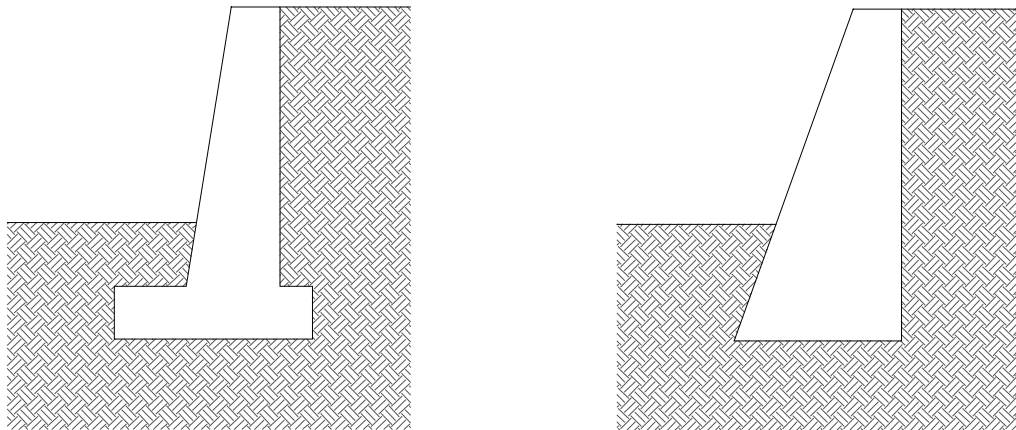


Partes principales de un muro de contención.

Según el material en que están realizados podemos distinguir entre: muros de hormigón, en masa o armado, muros de mampostería y muros de fábrica.

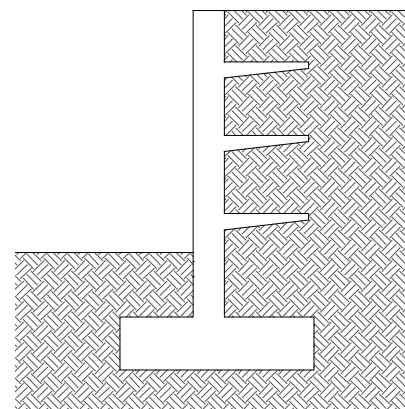
Según su función estructural, podemos distinguir entre los siguientes tipos de muros:

- **Muros de gravedad**: se trata de muros cuyas dimensiones, principalmente de un ancho considerable en relación a la esbeltez, permiten equilibrar los empujes del terreno sin que se produzcan tracciones, por lo que pueden prescindir de la colocación de armaduras. A su vez, pueden prescindir de la zapata propiamente dicha, cumpliendo las funciones de la misma la propia base del muro debido a su gran espesor. Pueden tener formas muy variadas.



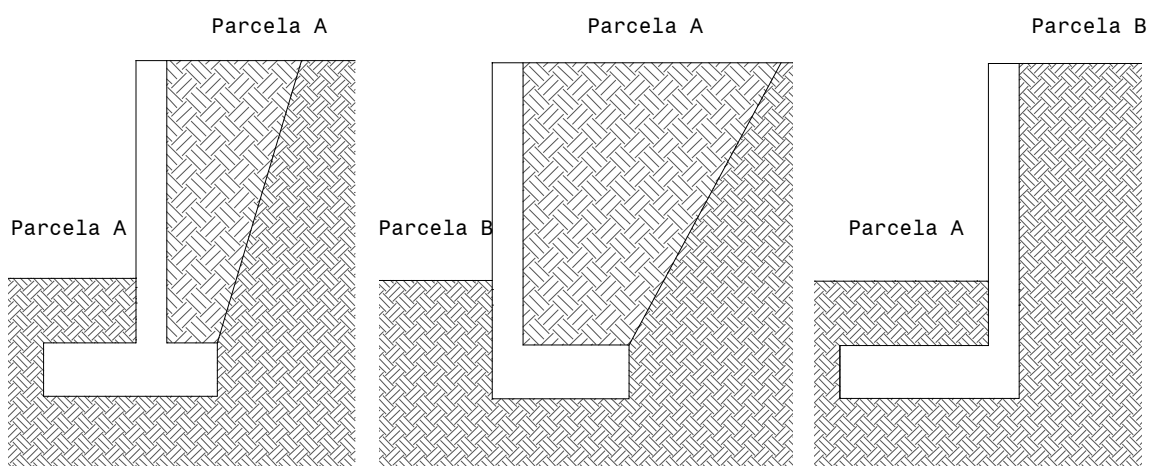
Tipos de muros de gravedad: con zapata o sin cimiento diferenciado.

- **Muros de bandeja:** son aquellos muros que disponen de placas o bandejas en ménsula en el trasdós del alzado, de modo que el peso del terreno no se transmite solamente al talón del muro, sino que se reparte entre las distintas bandejas. De este modo se alivian los empujes y se puede reducir la sección del mismo, así como permite realizar muros sin talón o con un talón muy reducido.



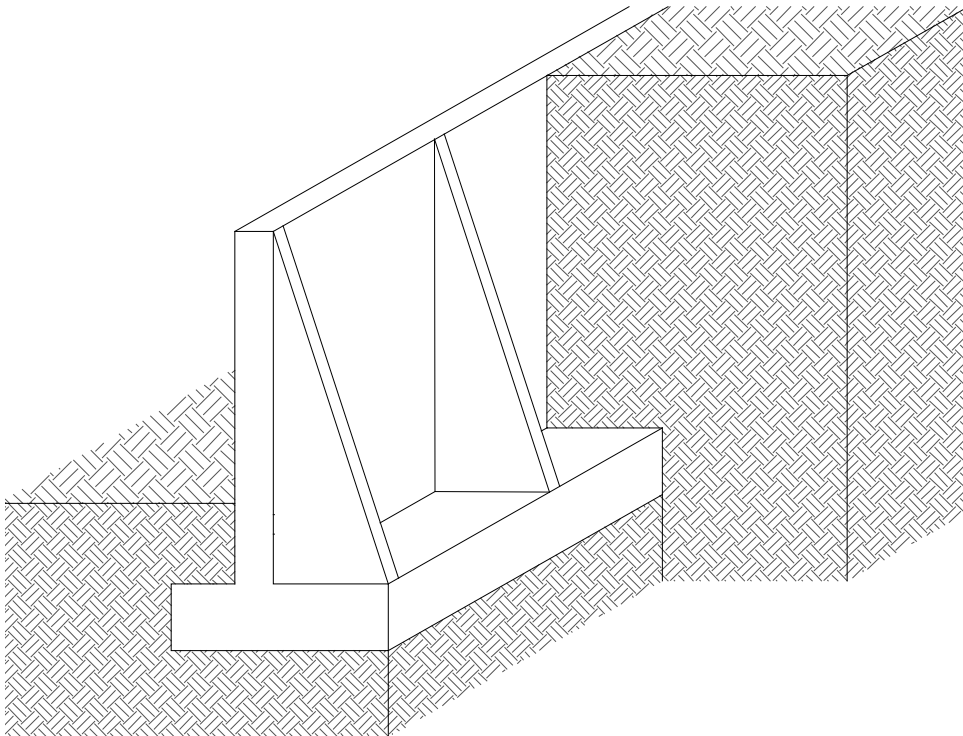
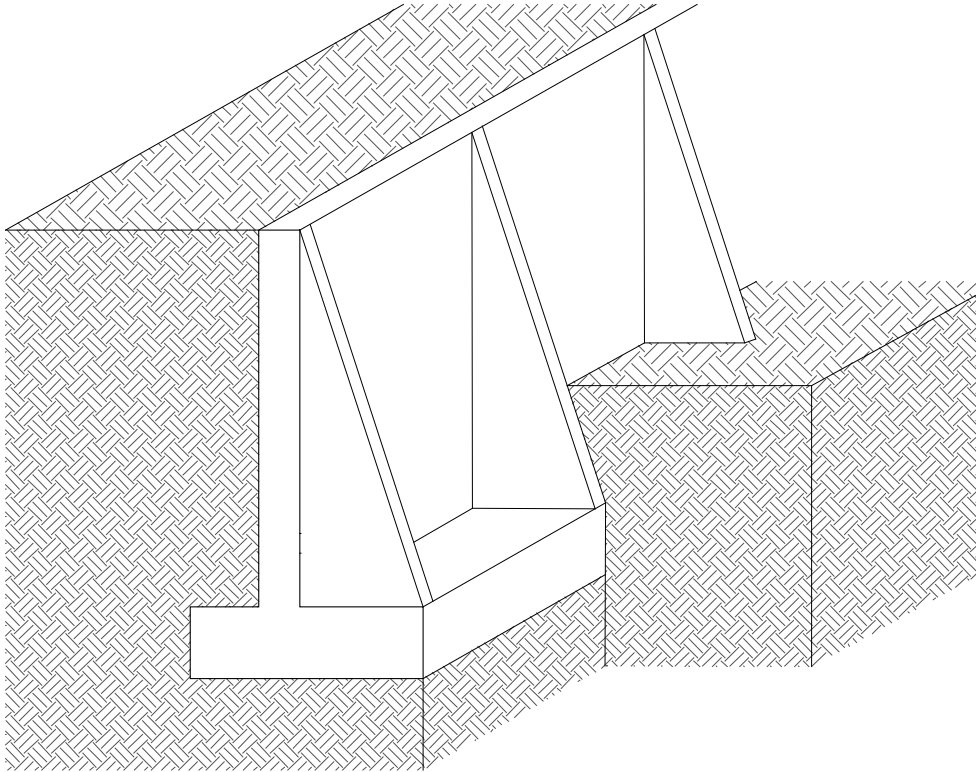
Esquema de muro de hormigón armado con bandejas en el trasdós.

- **Muros en L o en ménsula:** son muros con una sección de reducida dimensión, que disponen de una armadura, sencilla o doble, para absorber las flexiones. Se apoyan sobre una zapata que habitualmente dispone de pie y talón. En ocasiones, por condicionantes de la parcela, el edificio, etc., pueden proyectarse muros sin puntera o sin talón, siendo recomendable, siempre que sea posible, la existencia de ambos.



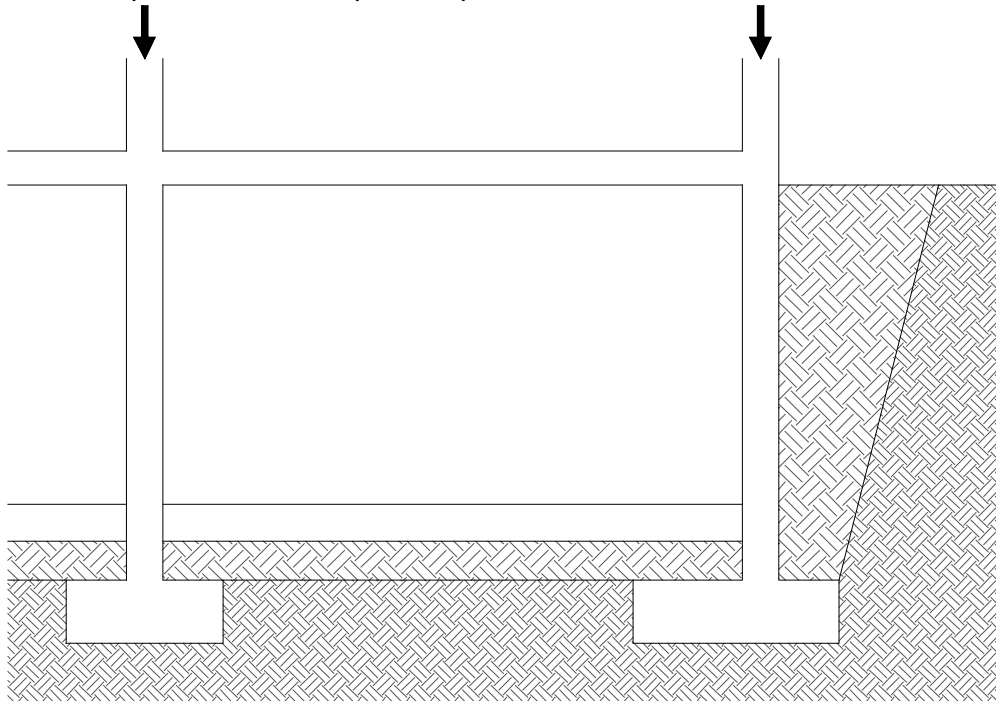
Tipos de muros de en ménsula: con puntera y talón, con puntera o con talón, en función del límite de la parcela en propiedad (A).

- Muros de contrafuertes: son una variante de los anteriores, en la que se refuerza el ancho del muro a intervalos determinados, reduciendo las flexiones y consiguiendo una orientación más favorable de los empujes. Existen dos posibilidades, que los contrafuertes se sitúen en el intradós o en el trasdós, caso en el que ejercen a modo de tirantes.



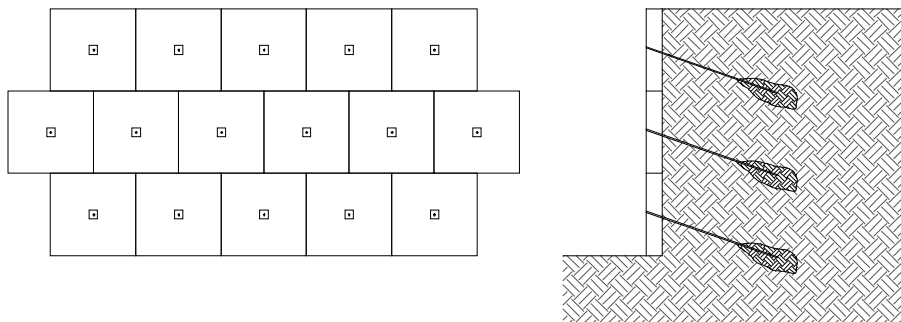
Arriba: muro con contrafuertes en el intradós. Abajo: muro con contrafuertes en el trasdós.

- Muros de sótano: son aquellos muros que ejercen de elementos de contención de tierras y a su vez reciben cargas procedentes tanto de los forjados, como de los pilares o muros de carga que descansan sobre ellos. Los forjados transmiten cargas al muro pero a su vez ejercen como elementos de arriostramiento, de modo que el muro trabaja como una losa apoyada en el cimiento en la parte inferior y en el forjado o forjados correspondientes en la parte superior.



Muro de sótano - contiene de tierras y recibe las cargas de los forjados y pórticos superiores.

- Muros de contención por bataches: son aquellos muros que se ejecutan de una manera progresiva a medida que avanza la excavación. Se trata de elementos constituidos por placas de hormigón armado de 3 x 3 m, cada una de las cuales se ancla al terreno una vez endurecido el hormigón. La excavación del batache inferior no se realizará hasta que la placa superior no se encuentre anclada. Se solapan en sentido horizontal y vertical para dar continuidad a las armaduras. Estos muros no se empotran en el terreno en la parte interior, logrando su estabilidad exclusivamente por medio de los anclajes. No se trata por tanto de muros de sótano, ejerciendo de meros elementos de contención de tierras. Su uso estará justificado cuando se trabaje sobre el nivel freático y los anclajes no produzcan efectos negativos en las construcciones vecinas.

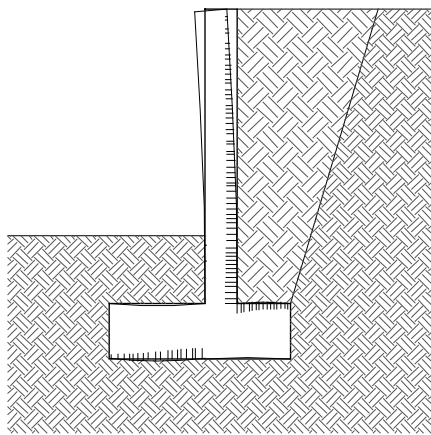


Muro de contención por bataches - muro anclado al terreno.

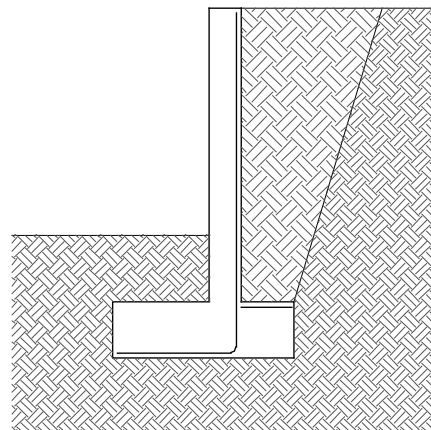


Muros de contención por bataches.

Los **esquemas de armado** de los principales tipos de muros, los muros en ménsula y los muros de sótano, son los que se muestran en las imágenes. Debemos tener en cuenta que la armadura se dispondrá en las zonas solicitadas a tracción, por lo que su ubicación atiende a las deformaciones que se producen debido a los empujes y cargas a los que se ve sometido.



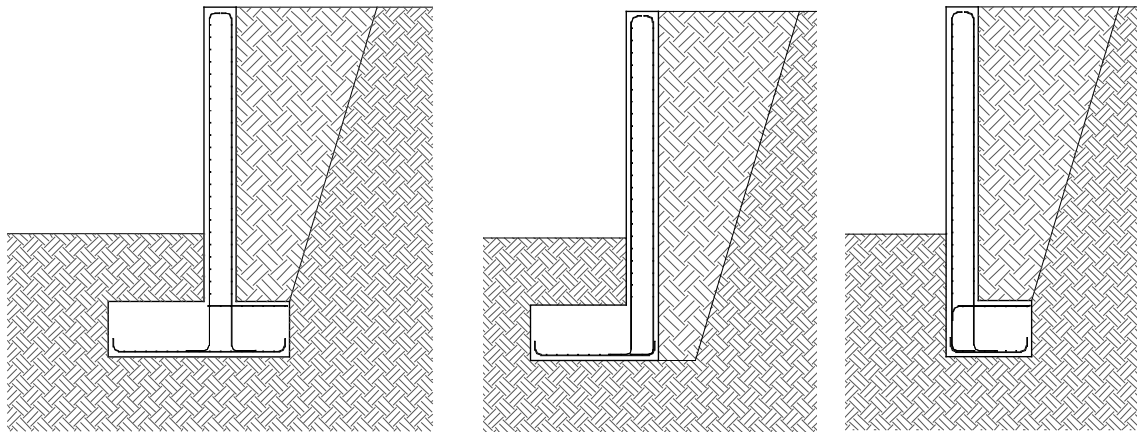
Deformada del muro



Armaduras en zonas traccionadas

Esquema de la deformada de un muro de contención y disposición de armaduras principales para absorber los esfuerzos de tracción.

Se dispondrán armaduras verticales en el trasdós del muro, con las cuantías mínimas especificadas en la EHE (Instrucción de Hormigón Estructural), que para facilitar la puesta en obra suelen recorrer toda la altura del muro, denominadas armaduras principales de tracción. Así mismo, se dispone un conjunto de armaduras horizontales con objeto de controlar la fisuración del hormigón por contracción y dilatación térmica. Por este mismo motivo, se dispondrá una cuantía mínima de armadura vertical y horizontal en el intradós del muro. Dichas armaduras solaparán, la longitud establecida por la normativa, con las armaduras en espera que sobresalen del cimiento.



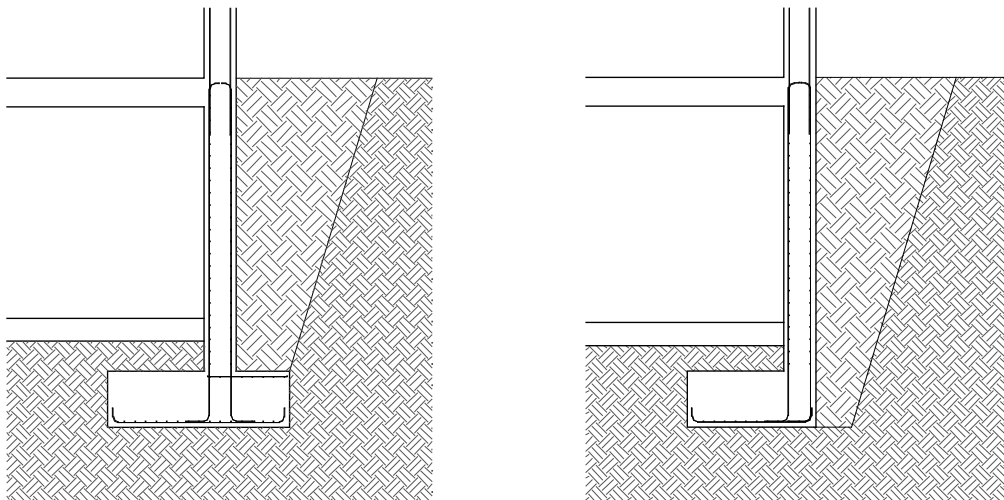
Muro con puntera y talón

Muro con puntera

Muro con talón

Esquema de armado de un muro de contención: con puntera y talón, con puntera o con talón.

En el caso de los **muros de sótano**, debemos atender al **enlace entre las armaduras del muro y de los pilares** que sobre él apoyan.



Muro con puntera y talón

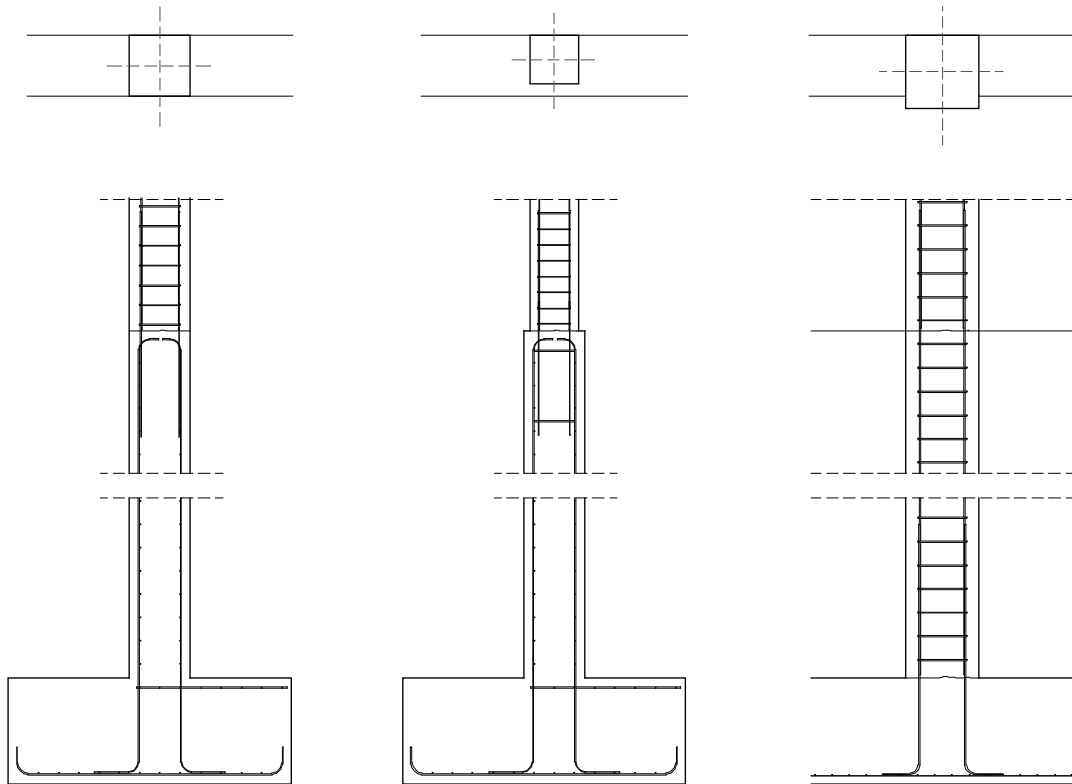
Muro con puntera

Esquema de armado de un muro de sótano: con puntera y talón o con puntera.

Podemos distinguir entre los siguientes casos básicos:

- El pilar tiene la misma sección que el muro - las armaduras en espera del pilar se embebe en el muro.
- El pilar tiene una sección menor que el muro las armaduras en espera del pilar se embebe en el muro. Es posible que sean necesarias unas armaduras auxiliares para el atado de las mismas.

- El pilar tiene una sección mayor que el muro - la armadura del pilar debe llevar hasta la cimentación.



Esquemas de unión de las armaduras de los pilares con las del muro de sótano.



Armaduras en espera del pilar sobresaliendo de la coronación del muro de sótano: disposición enrasada.



Armaduras en espera del pilar sobresaliendo de la coronación del muro de sótano: pilar de mayor sección que el muro - el pilar continua hasta la cimentación.

El **proceso constructivo** de estos muros comienza por excavar el terreno hasta una cota 20 cm por encima de la de cimentación, protegiendo el terreno de apoyo hasta el momento de proceder a la ejecución del muro. Se retirará posteriormente esta capa, procediendo a verter el hormigón de limpieza, con un espesor de unos 10 cm, tras limpiar y refinar el fondo de la excavación.



Excavación de la zanja, limpieza, refinado y vertido del hormigón de limpieza.

Se colocan entonces las armaduras sobre separadores que garanticen los recubrimientos establecidos por la normativa, apoyando sobre éstas las armaduras en espera de alzado del muro. Si la zapata dispone de talón, la armadura de la cara superior se situará apoyando sobre pies de pato.



Pies de pato para apoyo de la armadura de la cara superior.

Colocación de la parrilla de armaduras de la zapata y las armaduras en espera del muro.

Se hormigonará entonces el cimiento, quedando las armaduras en espera protegidas hasta la colocación de la armadura del alzado del muro.

Armaduras en espera del muro protegidas mediante capuchones, principalmente en las zonas de paso de los operarios.



Se coloca la armadura principal y secundaria de las dos caras del muro, de nuevo con los correspondientes separadores que garanticen los recubrimientos mínimos exigidos por la normativa.



Armatura vertical y horizontal del alzado del muro. Discos separadores que garantizan el cumplimiento del espesor mínimo de recubrimiento exigido por la normativa.

Este proceso conlleva la existencia de una **junta de hormigonado** entre el cuerpo y la base del muro, la cual podrá ejecutarse mediante la creación de un diente o resalte, proceso complicado debido a los trabajos de encofrado que conlleva, o mediante la rugosidad natural del hormigón, que no se fratasará ni alisará en superficie, cuidando únicamente que la superficie se encuentre exenta de polvo y tierra, pudiendo proceder a su regado y posterior secado.

A continuación se disponen los **encofrados** y los **topes** entre los distintos tramos del muro, que crean la junta vertical propia del proceso de ejecución. Una vez todo está dispuesto, se procede al hormigonado, quedando los encofrados perfectamente apuntalados desde el proceso de vertido y vibrado, hasta que el muro alcanza la resistencia suficiente. La posible **existencia de medianeras** puede dar lugar a que el muro no pueda ser encofrado por las dos caras, situación en que se recurrirá a una **ejecución por bataches** , según procedimiento descrito en el apartado correspondiente de vaciados, hormigonando el muro contra el terreno, disponiendo únicamente de encofrado en una cara.





Encofrado del muro y apuntalamiento del mismo durante el proceso de vertido y de fraguado y endurecimiento del hormigón.

A continuación se repiten las mismas operaciones con el **siguiente tramo del muro**, asegurando la continuidad de las armaduras horizontales del alzado, mediante su atado a las esperas que sobresalen del tramo colindante.



Excavación de la zanja contigua y disposición de la nueva parrilla de armaduras del cemento.

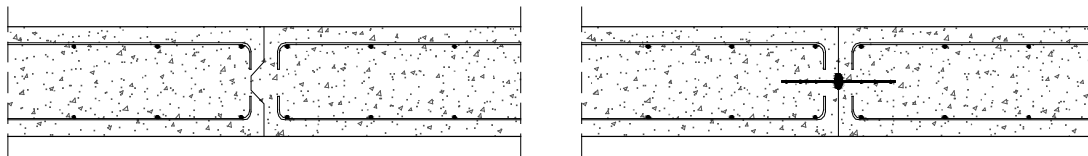


Disposición y atado de las armaduras del alzado del muro, encofrado y hormigonado.

1.2.1. JUNTAS

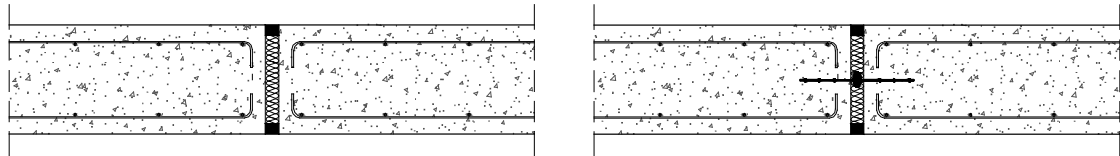
Los muros deben disponer de **juntas** que permitan la libre retracción del hormigón, así como juntas de dilatación que permita la libre dilatación o contracción del muro en función de la variación de la temperatura:

- Se dispondrán **juntas de retracción**, delimitando el plano de rotura, a distancias comprendidas entre 8 y 12 m. La solución habitual en casos que requieran un grado de impermeabilidad bajo según el CTE DB HS Sección 1, cuando el nivel freático se sitúa a 2 o más metros por debajo del muro, será la de disponer un diente de conexión. Si se requiere un grado de impermeabilidad medio-alto, cuando el nivel freático de encuentra entre dos metros por debajo o por encima del nivel de la base del muro, se dispondrá una banda elastomérica, de neopreno, caucho o PVC flexible, embebida en ambos lados, creando una junta totalmente estanca.



Juntas verticales de retracción entre los distintos tramos de muro. Nota: ver imágenes superiores.

- Las **juntas de dilatación** se dispondrán en los cambios de sección o altura del muro, y cuando existan singularidades como escaleras, rampas, etc. Las distancias no serán superiores a 30 m, recomendándose que no se dispongan a más de 3 veces la altura del muro. Tendrán un espesor entre 2-4 cm y se rellenarán de material compresible (poliestireno expandido), simplemente sellado en los extremos, si el grado de impermeabilidad exigible es bajo, o con banda elástica embebida, si se requiere una junta estanca.



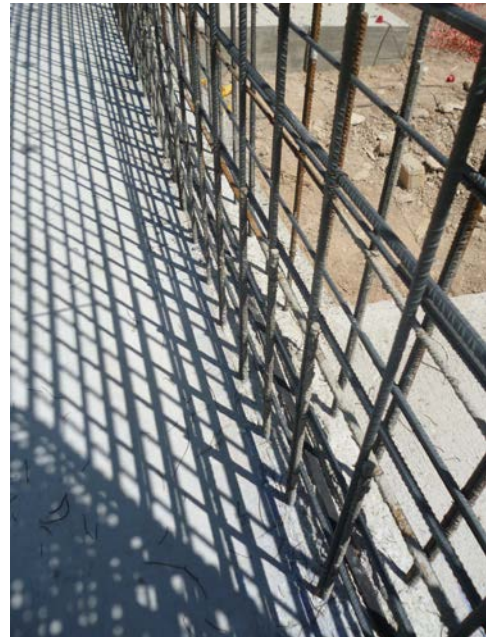
Juntas verticales de dilatación entre los distintos tramos de muro.

Se debe **evitar el paso de armaduras** a través de las juntas. En caso de que sea necesario, las armaduras se proyectarán como pasadores lubricados, sin anclajes ni dobleces que puedan impedir la libertad de movimiento.

En el **encuentro** del cuerpo del muro **con la zapata corrida** se dispondrá de un **cordón hidroexpansivo** (tipo bentonita de sodio).



Disposición de cordón de bentonita de sodio en el encuentro del muro con la zapata.



1.2.2. IMPERMEABILIZACIÓN

En función del tipo de muro y del grado de impermeabilidad exigible, el CTE determina el tipo de impermeabilización a aplicar, en función de si se actúa sobre la cara interior o exterior del muro (tabla 2.2 CTE DB HS Sección 1).

Se distinguen básicamente dos **tipos de impermeabilización**:

- **Impermeabilización discontinua** a base de **láminas impermeabilizantes**. Existen sistemas adheridos y no adheridos, fijados mecánicamente.

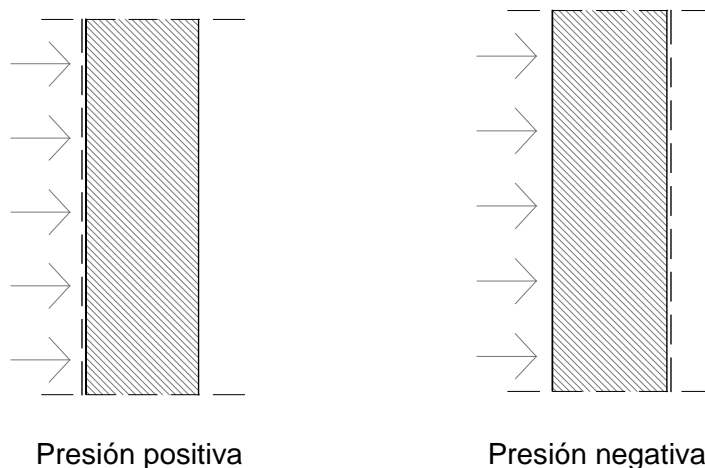
- **Impermeabilización continua**:

- **productos líquidos aplicados in situ**, como resinas sintéticas, polímeros acrílicos, caucho acrílico o resinas acrílicas, por la cara exterior del muro.

- **revestimientos hidrófugos**, principalmente productos cementosos, aplicados por el interior del muro.

En los muros pantalla la impermeabilización se consigue con la utilización de lodos bentoníticos.

Algunas de estas impermeabilizaciones sólo son aptas para trabajar a **presión positiva** (aquella que presiona la impermeabilización contra el muro, sin comprometer la adherencia entre ambos). Sin embargo, otras son capaces de trabajar **tanto a presión positiva como negativa** (aquella cuyo efecto tiende a despegar la impermeabilización), tratándose en estos casos de productos más flexibles, capaces de hacer frente a estas sollicitaciones.



La impermeabilización siempre es **preferible** que trabaje a **presión positiva** que, además de evitar la entrada de agua al interior del edificio, protege las estructuras de hormigón armado de entrar en contacto con el agua, principal causa de la aparición de **procesos de oxidación y corrosión**.

Las **impermeabilizaciones** que trabajan a **presión negativa** suelen encontrarse en intervenciones de **rehabilitación y reparación**, cuando la impermeabilización original ha fallado, se producen filtraciones y no se tiene acceso al trasdós del muro, por lo que es necesario actuar desde el interior.

Antes de aplicar cualquier tipo de impermeabilización es necesario **preparar** correctamente **el soporte**. Debe tratarse de una superficie limpia y nivelada, carente de polvo, grasas o cualquier tipo de suciedad. Si existen fisuras, coqueas o nidos de grava deben ser previamente tratados, hasta proporcionar una superficie que garantice la **correcta aplicación** de la impermeabilización y el **espesor mínimo** que debe alcanzar la misma.

1.2.2.1. IMPERMABILIZACIÓN DISCONTINUA. LÁMINAS IMPERMEABILIZANTES

Se trata de uno de los sistemas más empleados de impermeabilización de muros, mediante láminas suministradas en rollos, que se pueden disponer, **solapadas** entre sí al menos **10 cm**, tanto en la cara interior como en la cara exterior del muro. Se colocarán sobre el muro seco, sin rebabas ni resaltos que supongan riesgo de punzonamiento. Se cuidará así mismo el posible contacto con materiales químicamente incompatibles. Podemos clasificarlas por su **forma de colocación**:

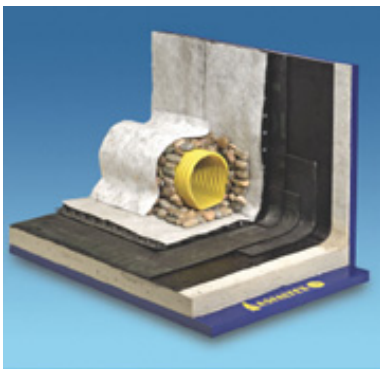
- **Láminas adheridas**: se aplicará una imprimación previa al soporte y se dispondrán a continuación las láminas, suministradas en rollos, con **solapes mínimos de 10 cm** y doblados en los encuentros.

Unas de las más comunes son las **láminas bituminosas**, adheridas al soporte mediante aplicación de calor, creando una membrana impermeabilizante.

También existen sistemas otras **láminas sintéticas**, como las de **PVC** o las de poliolefina termoplástica flexible (**TPO / FPO**). Son láminas muy resistentes, capaces de absorber los movimientos de la estructura, la acción erosiva de raíces o de aguas agresivas, resistentes incluso al gas Radón.

Son totalmente adheridas, autoadhesivas. Los solapes se refuerzan con doblado de banda y cinta adhesiva y los encuentros son redondeados para minimizar las tensiones. Si la impermeabilización va por el interior, se dispondrán bandas de refuerzo en los cambios de dirección.

Estas láminas deben disponer en su cara exterior de una **capa antipunzonamiento** que podrá ser sustituida directamente por una lámina drenante.



Elementos componentes de una membrana impermeabilizante adherida, con refuerzo en las esquinas y protegida mediante fieltro geotextil. Disposición de tubo dren en la base. <www.picstopin.com> [Consulta: 18 de febrero de 2014]. Elementos componentes de una membrana impermeabilizante adherida, protegida con lámina drenante. <www.hospitaldecaceres.es> [Consulta: 18 de febrero de 2014].

- **Láminas no adheridas o fijadas mecánicamente:** más habituales son **las mantas de bentonita de sodio**. Se trata de **una arcilla expansible**, totalmente natural, dispuesta entre dos geotextiles de polipropileno, que ejercen de **doble capa antipunzonamiento**, una interior y otra exterior (de color blanco el que queda en contacto con la estructura de hormigón, negro el que queda en contacto con el terreno). Este material, en contacto continuado con el agua, forma un gel con propiedades impermeabilizantes.

Se dispone sobre el hormigón de limpieza de la losa de cimentación, en rollos fijados mecánicamente con **rosetas cada 30-50 cm**, con un **solape mín de 10 cm**, y sobre ella se ejecuta directamente la losa en cuestión, o se puede verter otros 5 cm de hormigón de limpieza antes de colocar el armado de la cimentación sobre separadores.

Para la impermeabilización del muro se debe nivelar el terreno sobre el que se colocará la manta, previa ejecución del muro, que irá encofrado a una cara.

Ello permite el solape de la impermeabilización del muro y de la losa de cimentación.

En las **juntas** o encuentros entre muro y losa se colocará un **cordón hidroexpansivo** de bentonita.



Membrana impermeabilizante a base de mantas de bentonita de sodio, solapadas y fijadas mecánicamente. <eding.generadordeprecios.info> [Consulta: 18 de febrero de 2014].

1.2.2.2. IMPERMEABILIZACIÓN CONTINUA

- **Productos líquidos aplicados in situ:** se trata de **productos líquidos impermeabilizantes** que se aplican in situ, con brocha o pistola, y polimerizan de forma prácticamente instantánea, creando una membrana continua. Por ello son recomendables en situaciones en las que es necesario realizar un rebajamiento del agua freática, permitiendo crear rápidamente el vaso estanco para poder frenar cuando antes achique del agua freática.

Algunos tipos de **materiales más habitualmente** utilizados son: bituminosos, alquitrán, polímeros acrílicos, poliéster o poliuretano, entre otros.

Requieren la aplicación previa de una **imprimación** para garantizar una adecuada adherencia al muro, pudiendo aplicar a continuación, transcurridas unas 4-6 horas, la impermeabilización propiamente dicha.

Es importante que alcancen los **espesores mínimos** para garantizar su correcto funcionamiento, unos 3 mm cuando no hay presión hidrostática y 4 mm cuando sí la hay.

Al igual que las láminas, requieren de una **capa protectora** en su cara en contacto con el terreno, constituida habitualmente por un **fieltro geotextil** o directamente por una **lámina drenante**.



Impermeabilización de muros mediante productos bituminosos en pasta. <www.diasen.com> [Consulta: 18 de febrero de 2014].

- **Revestimientos hidrófugos:** se trata de revestimientos cementosos impermeables, que pueden ser aplicados tanto a muros de hormigón como a muros de fábrica, siendo capaces de trabajar tanto a presión positiva como negativa, aplicados desde el interior. Ello los hace muy habituales en rehabilitación y reparación, como refuerzo de impermeabilizaciones exteriores que han demostrado ser insuficiente o han fallado durante la vida útil del edificio.

Requiere que el **soporte** esté **limpio y seco** (puede estar húmedo pero no puede haber presencia de agua) y que la **temperatura supere los 0°C** en el momento de su aplicación y durante las 24 horas posteriores. También es importante suavizar las esquinas, para minimizar tensiones.

Se coloca en **2 manos cruzadas**, con una diferencia de tiempo entre las mismas mínimo de 6 horas. El espesor nunca será inferior a 2 mm, recomendable **2-3 mm**, debiendo ser uniforme en toda la superficie. Para grandes superficies puede aplicarse incluso con pistola.

Son impermeabilizaciones **resistentes** a las sales solubles, los sulfatos, etc.

1.2.3. DRENAJE

Junto a los sistemas de impermeabilización de muros, la normativa establece los **sistemas complementarios de drenaje y evacuación de aguas**, que suponen la

primera barrera contra la humedad procedente del terreno. Su misión consiste en captar, canalizar y evacuar convenientemente el agua procedente de las precipitaciones, riegos, fugas cercanas, etc. Se puede disponer: un filtro de gravas, una lámina drenante, una fábrica de bloques de arcilla u hormigón poroso o cualquier otro material que produzca el mismo efecto, pozos drenantes o tubos drenantes.

1.2.3.1. DREN DE GRAVAS

Se trata de disponer una zanja junto al muro rellena con material seleccionado, gravas de tamaño determinado, que disminuye su diámetro a medida que se acerca a la superficie, disponiendo en la base del muro de un tubo drenante de recogida del agua filtrada, conectado directamente con la red de saneamiento. Si los diámetros no fuesen los adecuados, se protegerá la tubería con un geotextil que actúe de filtro, evitando la colmatación del dren.



Drenaje de gravas en un muro de sótano. <www.generadordeprecios.info> [Consulta: 18 de febrero de 2012]. Tubo dren. < www.agomatica.es> [Consulta: 18 de febrero de 2012]. Tubo dren con geotextil incorporado. <www.projar.es> [Consulta: 18 de febrero de 2012].

1.2.3.2. LÁMINA DRENANTE

Se trata de **láminas nodulares de polietileno de alta densidad** que pueden incorporar geotextiles superpuestos, actuando como dren y como filtro de forma simultánea. Se sujetan al muro mediante **fijaciones mecánicas** y se rematan en la parte superior con un **perfil metálico**.



Drenaje de muro con lámina nodular. <www.generadordeprecios.info> [Consulta: 18 de febrero de 2012]. Remate superior con perfil metálico < www.archiexpo.es> [Consulta: 18 de febrero de 2014].



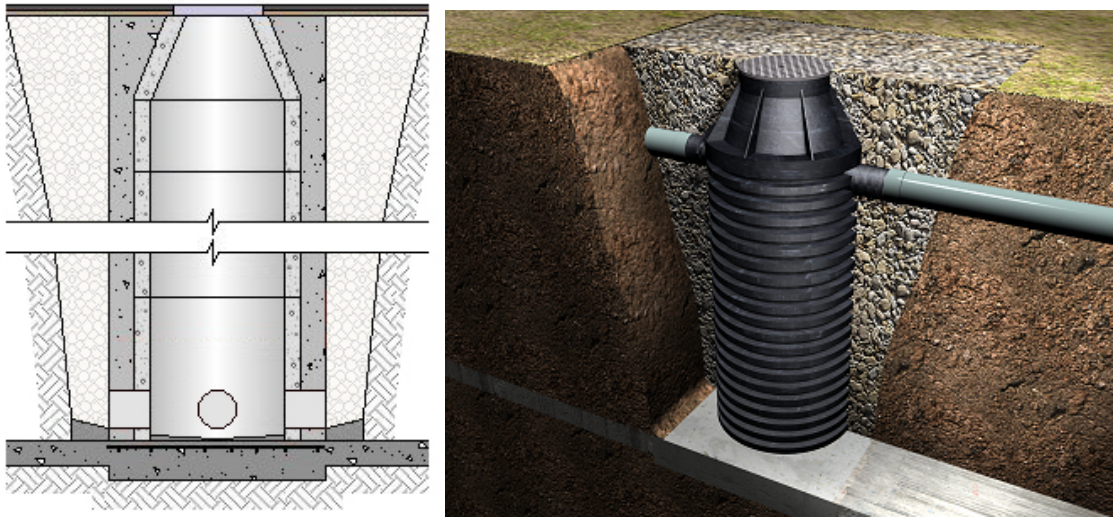
Drenaje de muro de sótano con lámina nodular con geotextil incorporado en la cara exterior en contacto con el terreno.

1.2.3.3. FÁBRICA DE BLOQUE POROSO

Se coloca en este caso un muro de **bloques de arcilla u hormigón poroso** junto al muro de contención o de sótano, que actúa de pared drenante, captando el agua y conduciéndola hasta un tubo de drenaje colocado en su base, que conectará a su vez con la red de saneamiento. Este sistema tiene la ventaja de **favorecer la evaporación de la humedad y la ventilación** del muro a través de su **cámara de aire interior**.

1.2.3.4. POZO DRENANTE

Tienen la misma función que los sistemas anteriores, pero no se trata ahora de un sistema de **drenaje continuo**, sino que se colocan pozos a **distancias no superiores a 50 m**, con un **diámetro mínimo de 0,7 m**, con una capa filtrante a su alrededor que evite el arrastre de finos y dos bombas de achique para conducir el agua hasta la red de saneamiento. Puede tratarse de pozos realizados **in situ** o de pozos **prefabricados**, de hormigón o de polietileno de alta densidad.



Pozos drenantes prefabricados, de hormigón y de polietileno de alta densidad.
<www.generadordeprecios.info> [Consulta: 18 de febrero de 2012].

2. SUELOS

2.1. SUELOS EN CONTACTO CON EL TERRENO

Se trata de suelos denominados comúnmente **soleras**. Es un elemento superficial de hormigón, ligeramente armado o en masa, destinado a soportar el tráfico de personas, vehículos o maquinaria, transmitiendo las cargas directamente al terreno. Pueden configurar un pavimento acabado, aplicando en numerosas ocasiones un simple tratamiento superficial, o actuar de base para otro tipo de pavimento, tanto en interiores como en exteriores.



(Izda.) Solera en sótano interior con acabado visto. (Dcha.) Solera base de un pavimento exterior.

La configuración de la solera debe garantizar que en el caso de **presencia de agua** en el subsuelo, ésta no pueda traspasar la solera, **evitando** de este modo la entrada de agua al interior de la edificación.

La composición de la **solera** puede contar con las siguientes **capas**:

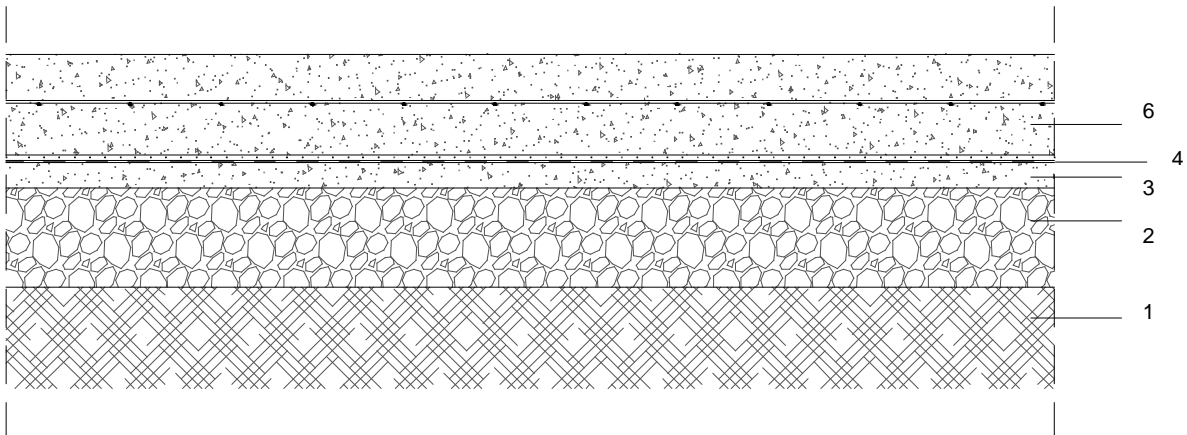
- **Sub-base**: es la parte de terreno directamente afectado por el apoyo y las cargas que le transmita la solera. En principio todo terreno de características normales, debidamente compactado, es una sub-base lo suficientemente buena para admitir el apoyo de una solera. Si el terreno es deficiente, debe acondicionarse mediante el vertido de tongadas de zahorras naturales o artificiales no superiores a los 30 cm de espesor, compactadas mecánicamente.

- **Base de la solera**: está formada por una capa drenante, compuesta por una capa de grava vertida sobre el terreno (encachado de bolos), una lámina drenante, etc. Este elemento evita la ascensión de agua por capilaridad. Es recomendable que toda la solera descansa sobre la misma base, evitando movimientos diferenciales que puedan provocar la aparición de grietas o fisuras en el encuentro de los mismos. Por ello, es recomendable que la base granular se vierta por encima de la cara superior de las zapatas.

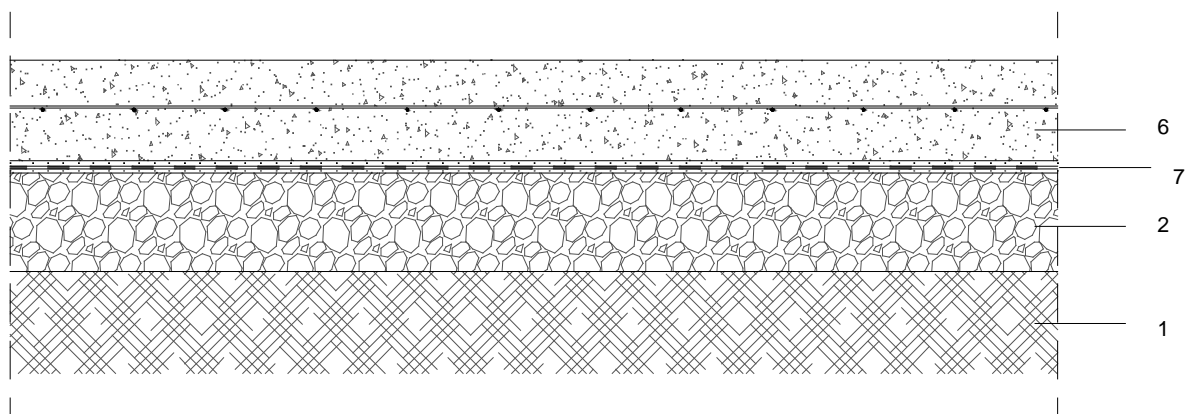
- **Lámina impermeabilizante**: en ciertas ocasiones es necesario impedir el paso de agua, procedente del subsuelo, a través de la solera al interior del local o espacio cerrado. Aunque el cuerpo de la solera construido con hormigón es de por sí altamente impermeable, la posibilidad de ascensión capilar de agua debe ser eliminada

empleando membranas o láminas que actúen como barreras impermeables y capaces de crear una solera estanca. Se puede emplear láminas de polietileno o, en caso de necesitar una mayor seguridad respecto a no existencia de humedades puede emplearse materiales de mayor resistencia como el P.V.C. o materiales bituminosos. También existen compuestos naturales como las mantas de bentonita de sodio. En el caso de disponerse láminas adheridas, será necesario el vertido de una capa de mortero de cemento de regulación sobre la cual adherir la lámina. Así mismo, es posible que sea necesario aplicar imprimaciones en el caso de las láminas adheridas, o disponer fieltros geotextiles de protección en el caso de las no adheridas.

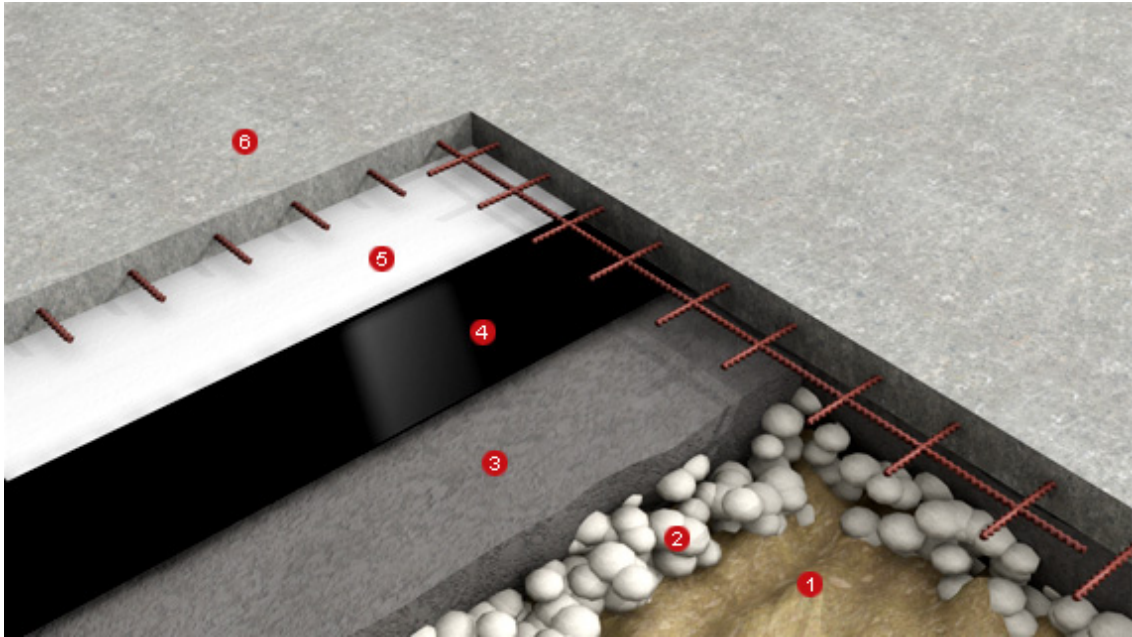
- **Cuerpo de solera:** su construcción se realiza con hormigón, bien en masa y ligeramente armado, con un canto o espesor entre 10 y 20 cm habitualmente. El armado es necesario para controlar las deformaciones causadas por temperaturas diferenciales entre el trasdós y el intradós de la solera, cargas puntuales y deformaciones diferenciales del terreno. Debe de llevarse a cabo mediante armaduras bidireccionales, en forma de mallazo, normalmente electrosoldadas (#15x15 de Ø 3 / 4,5 / 5 / 6 mm). Es muy importante realizar un curado adecuado a la temperatura ambiente, teniendo bien en cuenta de que se trata de un elemento de gran superficie expuesta y en muchos casos construido al exterior.



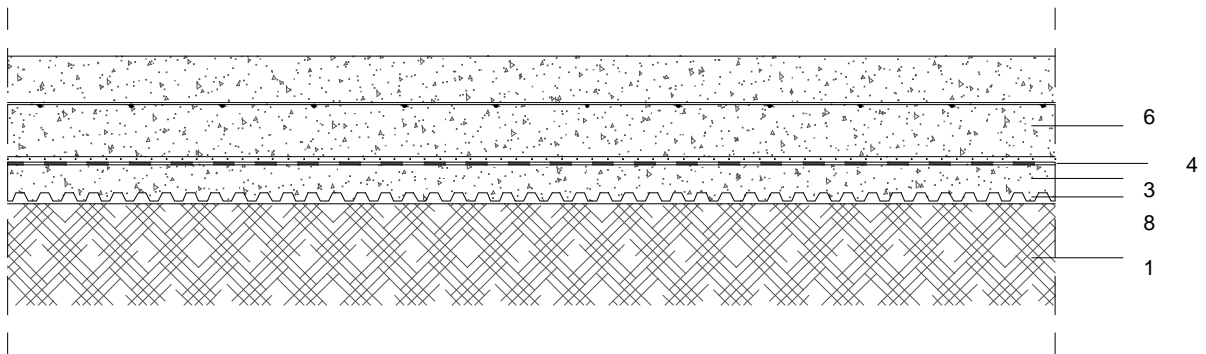
Solera de hormigón armado con drenaje de enchado de bolos e impermeabilización con lámina bituminosa adherida. E = 1/15.



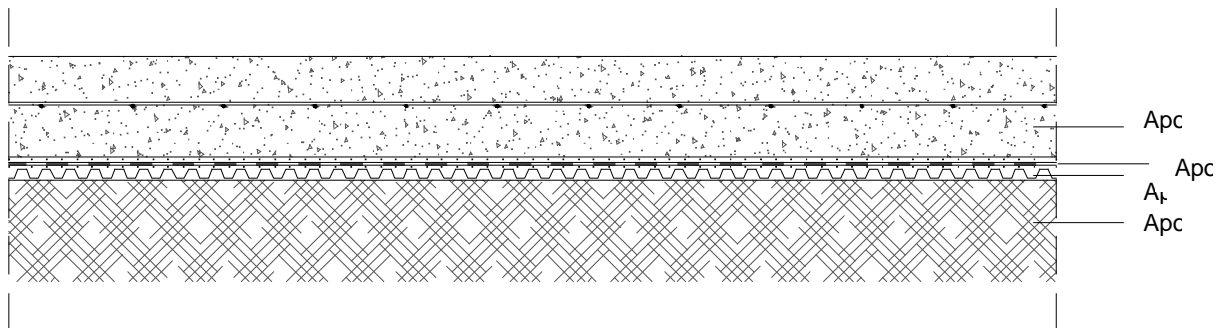
Solera de hormigón armado con drenaje de enchado de bolos e impermeabilización con manta de bentonita de sodio. E = 1/15.



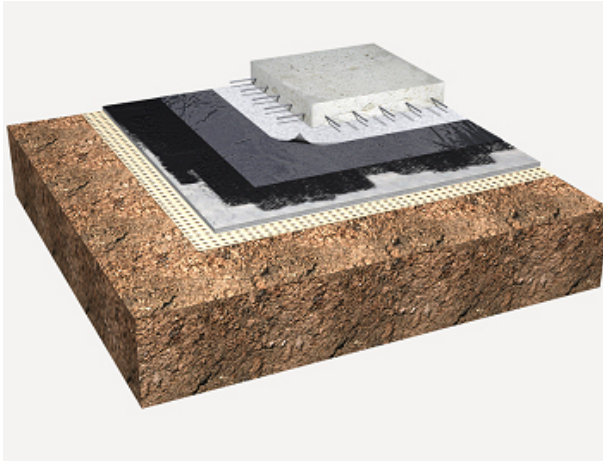
Solera de hormigón armado con drenaje de enchado de bolos e impermeabilización con lámina bituminosa adherida. Fuente: <www.generadordeprecios.info> [Consulta: 13 de febrero de 2012].



Solera de hormigón armado con lámina drenante e impermeabilización con lámina bituminosa adherida. E = 1/15.



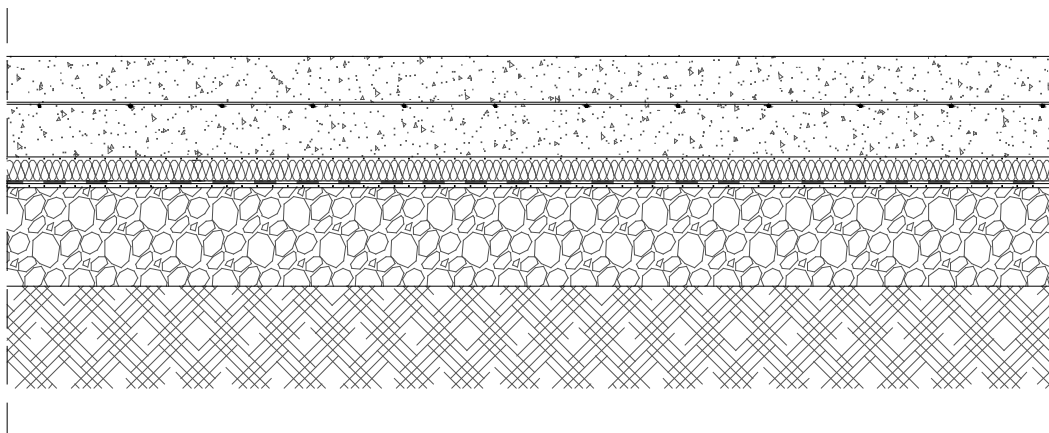
Apoyo interior de forjado sanitario en muro de carga de ladrillo cerámico macizo. E = 1/15. Rejillas de protección para huecos de ventilación de cámaras sanitarias. Fuente: <www.lacasadelaconstruccion.es> [Consulta: 29 de abril de 2018].

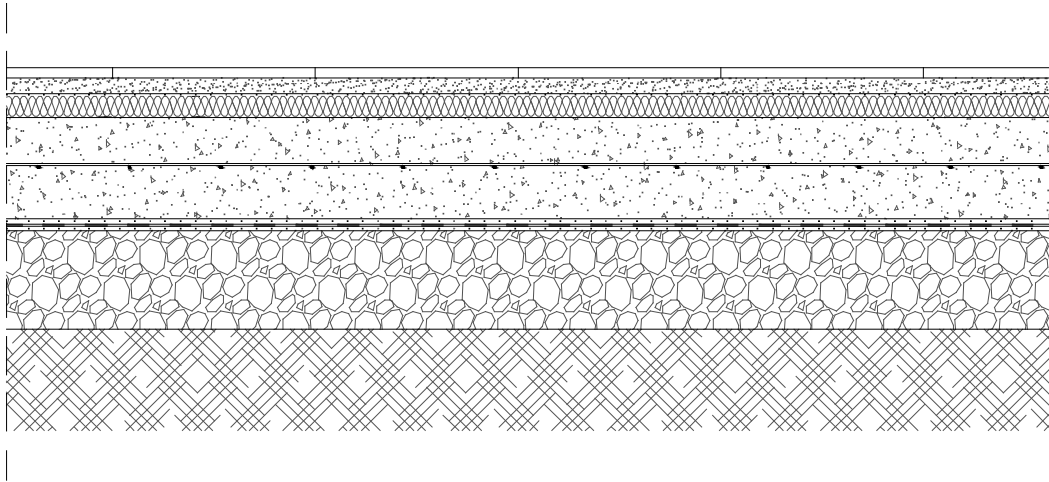


Apoyo interior de forjado sanitario en muro de carga de ladrillo cerámico macizo. E = 1/15.
 Rejillas de protección para huecos de ventilación de cámaras sanitarias. Fuente:
 <www.lacasadelaconstruccion.es> [Consulta: 29 de abril de 2018].

1. Sub-base: terreno compactado.
2. Base: enchado de bolos.
3. Capa de mortero de regulación.
4. Lámina impermeable adherida, tipo bituminosa- fieltro geotextil en la cara superior.
5. Filtro geotextil de protección de la lámina impermeable.
6. Solera de hormigón armado.
7. Manta de bentonita de sodio - fieltro geotextil por ambas caras.
8. Lámina drenante.

En ciertas situaciones, cuando los espacios sobre la solera son habitables, surge la necesidad de **aislar térmicamente** el espacio al que presta servicio la solera. En este caso es necesario disponer además una capa de aislamiento térmico. Puede colocarse en diferentes posiciones según las exigencias funcionales: puede estar situado bajo el cuerpo de solera, apoyado sobre la membrana impermeable, y también puede estar situado sobre la solera, si se va a pavimentar sobre ella. En el caso de utilizar aislantes térmicos que no pueden entrar en contacto con la humedad, se protegerán del contacto con el hormigón de la solera o con el mortero de agarre del pavimento con un film impermeable.





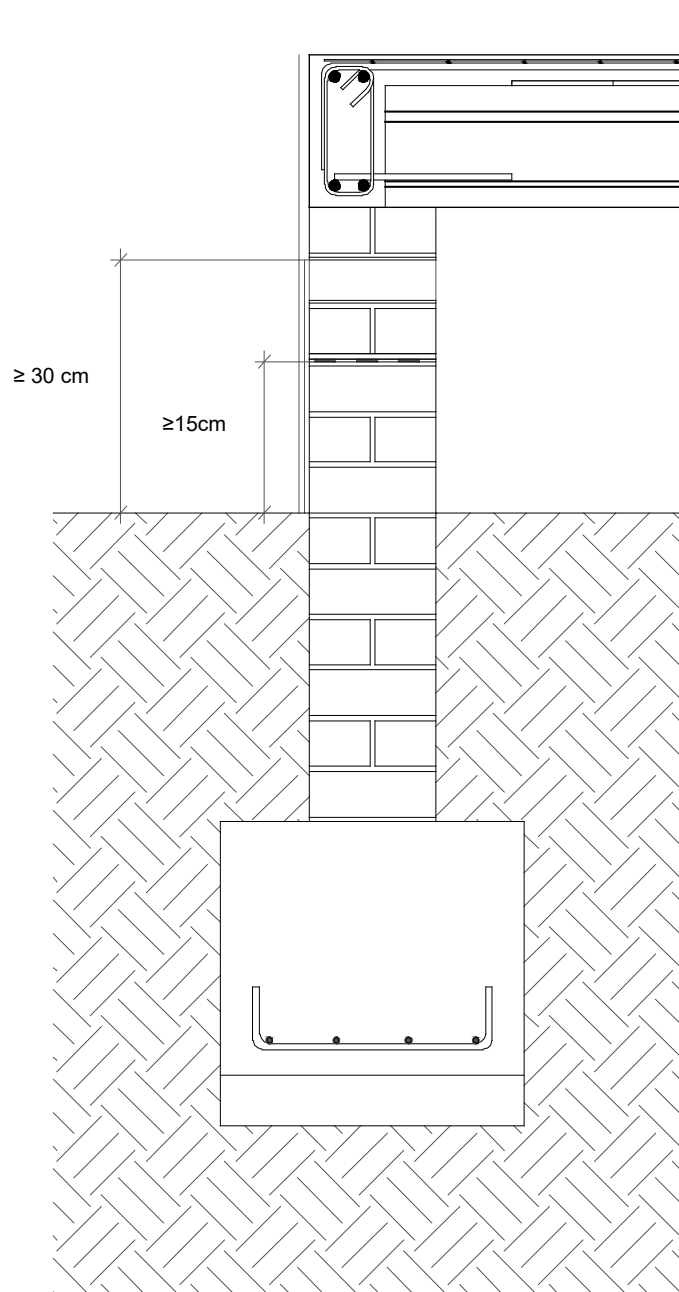
Apoyo interior de forjado sanitario en muro de carga de ladrillo cerámico macizo. $E = 1/15$.
Rejillas de protección para huecos de ventilación de cámaras sanitarias. Fuente:

2.2. SUELOS EN CONTACTO CON ESPACIOS NO HABITABLES

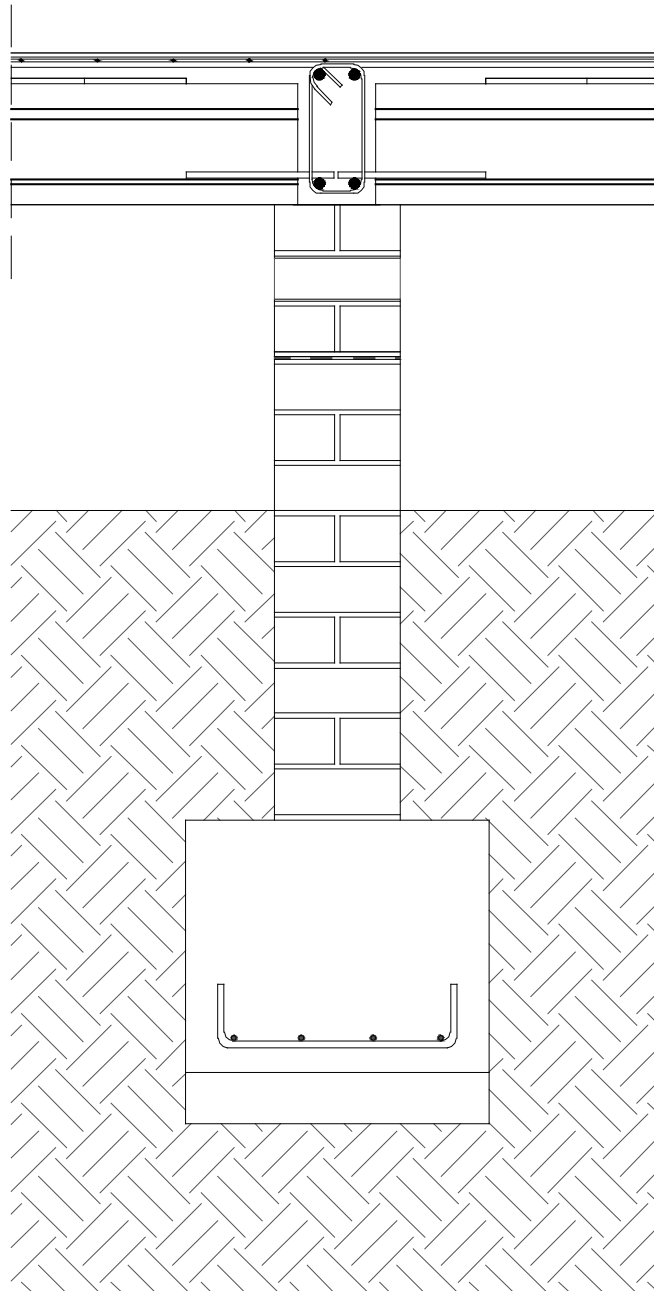
Pueden estar constituidos por forjados sanitarios o soleras elevadas o ventiladas.

2.2.1. FORJADOS SANITARIOS

Los **forjados sanitarios** son forjados unidireccionales resuleltos con viguetas autorresistentes pretensadas, debido a la incapacidad de disponer un encofrado recuperable, **apoyados en** una estructura portante de **muros de carga, ya sean de hormigón, de ladrillo cerámico macizo o de bloque de hormigón vibrado.**

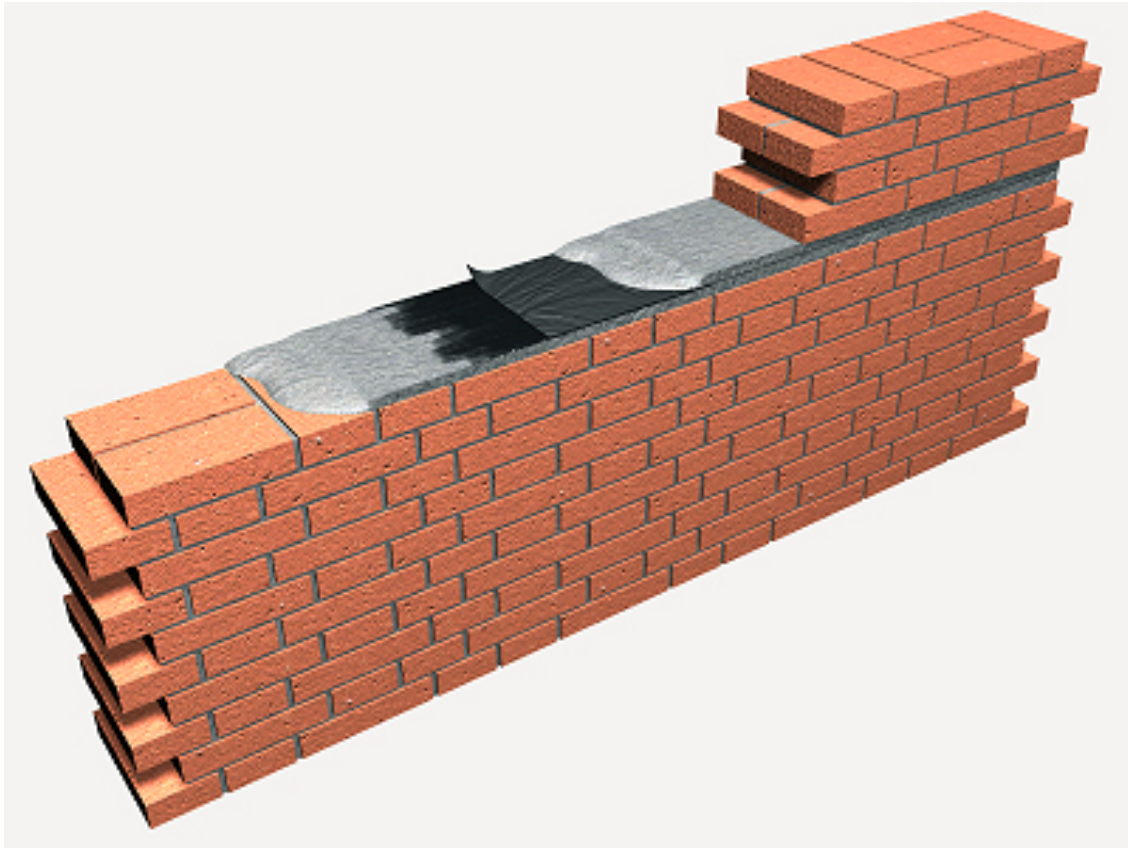


Apoyo exterior de forjado sanitario en muro de carga de ladrillo cerámico macizo. E = 1/15.



Apoyo interior de forjado sanitario en muro de carga de ladrillo cerámico macizo. E = 1/15.
Rejillas de protección para huecos de ventilación de cámaras sanitarias. Fuente:

Cuando los muros de apoyo estén contruidos con materiales porosos, fábrica cerámica o de hormigón, el sistema incluirá una **barrera anticapilaridad**, situada en el muro, **a 15 cm mínimo respecto de la rasante exterior**, que tiene la misión de impedir la ascensión de la humedad, procedente del subsuelo, del agua de escorrentía, de las salpicaduras del agua de lluvia, etc., a través de los poros del material que constituye la fábrica portante. Se protegerá por el exterior con un zócalo de mínimo 30 cm de altura, que tenga un coeficiente de succión inferior al 3%. También es aconsejable distanciar la barrera anticapilaridad un mínimo de 5 cm respecto a la cara inferior del forjado.



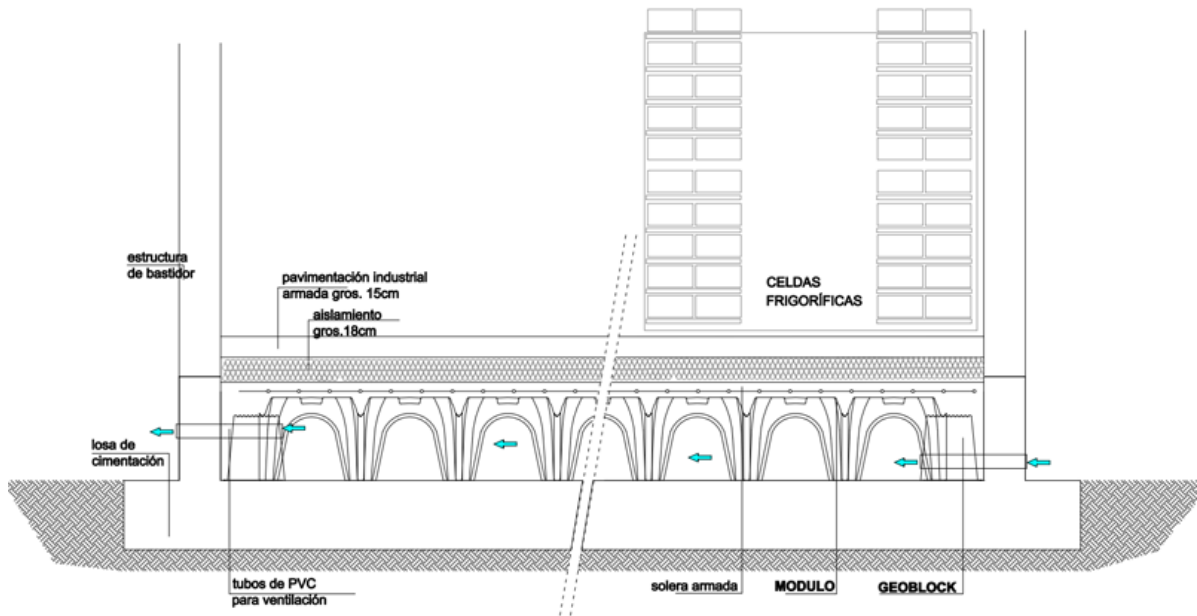
Apoyo interior de forjado sanitario en muro de carga de ladrillo cerámico macizo. $E = 1/15$.
Rejillas de protección para huecos de ventilación de cámaras sanitarias. Fuente:
<www.lacasadelaconstruccion.es> [Consulta: 29 de abril de 2018].



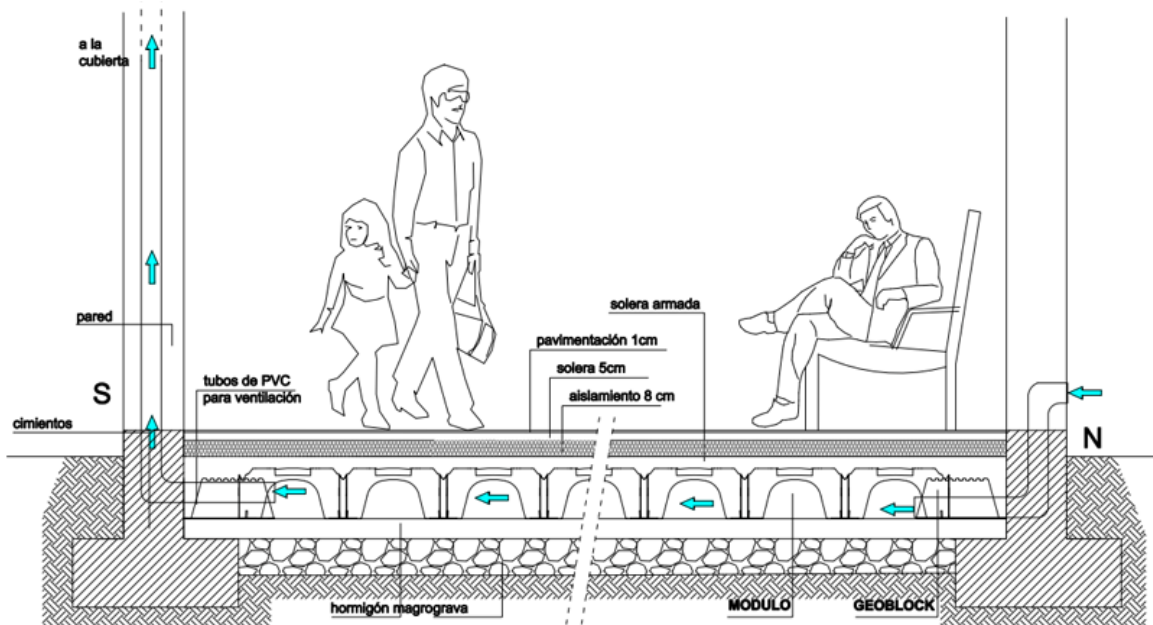
Apoyo interior de forjado sanitario en muro de carga de ladrillo cerámico macizo. $E = 1/15$.
Rejillas de protección para huecos de ventilación de cámaras sanitarias. Fuente:

2.2.2. SOLERAS ELEVADAS O VENTILADAS

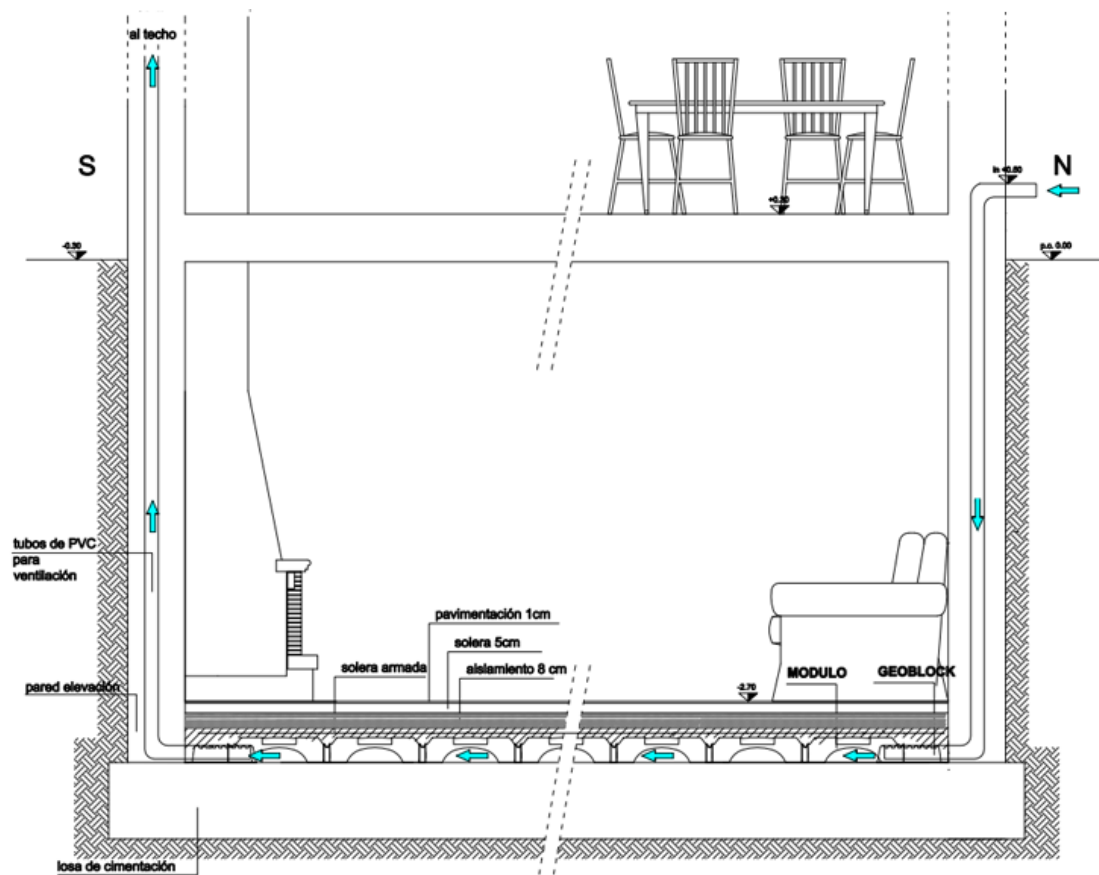
Las **soleras elevadas** son creadas mediante la disposición de **encofrados perdidos de cubetas** (Cúpolex, Geoplast, Elevator, Modí, Daliforma, Arquisolux, etc.).



Apoyo interior de forjado sanitario en muro de carga de ladrillo cerámico macizo. E = 1/15.
Rejillas de protección para huecos de ventilación de cámaras sanitarias. Fuente: <www.lacasadelaconstruccion.es> [Consulta: 29 de abril de 2018].



Apoyo interior de forjado sanitario en muro de carga de ladrillo cerámico macizo. E = 1/15.
Rejillas de protección para huecos de ventilación de cámaras sanitarias. Fuente: <www.lacasadelaconstruccion.es> [Consulta: 29 de abril de 2018].



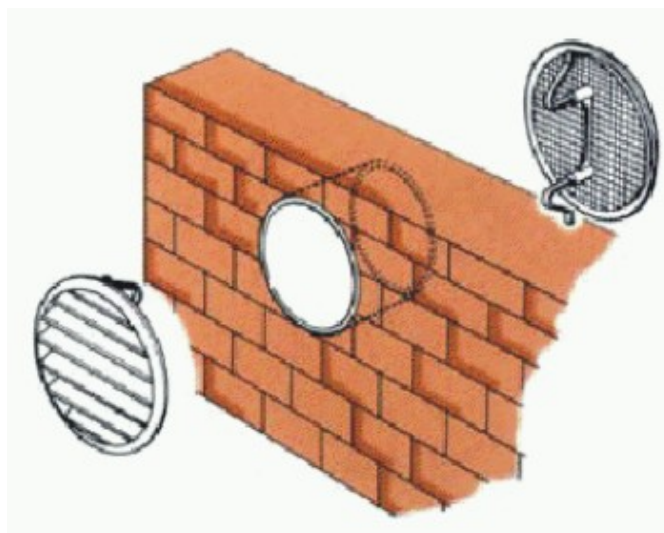
Apoyo interior de forjado sanitario en muro de carga de ladrillo cerámico macizo. E = 1/15. Rejillas de protección para huecos de ventilación de cámaras sanitarias. Fuente: <www.lacasadelaconstruccion.es> [Consulta: 29 de abril de 2018].

En ambos casos, tanto los forjados sanitarios como las soleras ventiladas tienen una altura suficiente para cumplir su cometido, habitualmente **más de 50 cm de separación respecto al terreno**, aunque en el caso de las soleras elevadas esta distancia puede ser menor. Se crea de este modo una cámara no habitada, ventilada, que garantiza que el vapor de agua generado por la **humedad del terreno** y la temperatura fría del ambiente sea disipado hacia el exterior, **impidiendo que se produzcan condensaciones** en el trasdós del forjado, ayudando a mantener su integridad funcional.

Las **aberturas** deben repartirse al 50% entre **dos paredes enfrentadas**, dispuestas regularmente a **distancias no superiores a 5 m y al tresbolillo**. La superficie total de las aberturas (S_s), en cm^2 , en función del área de la cámara sanitaria (A_s), debe cumplir la siguiente relación (CTE DB HS, HS1-8):

$$30 > S_s/A_s > 10$$

Las **aberturas** dispondrán rejillas de protección para evitar la entrada de animales.



Apoyo interior de forjado sanitario en muro de carga de ladrillo cerámico macizo. $E = 1/15$.
 Rejillas de protección para huecos de ventilación de cámaras sanitarias. Fuente:
 <www.lacasadelaconstruccion.es> [Consulta: 29 de abril de 2018]

TEMA 5 – LA ENVOLVENTE ESTANCA MASIVA

1. FACHADAS

La fachada constituye el **cerramiento o envolvente vertical** de un edificio, forma un ángulo igual o mayor de 60° respecto del plano horizontal, y sirve de protección ante los fenómenos climáticos (lluvia, nieve, calor, frío, vientos) y otros agentes, para los cuales se emplean diferentes soluciones constructivas que incluyen aislamientos térmicos y acústicos. Debe cumplir con todas las exigencias propias de los **cerramientos exteriores** conforme a la normativa vigente para el país y para cada comunidad o localidad.

Por otra parte, como expresión arquitectónica, una fachada es, por su diseño, según los materiales empleados, volúmenes, proporciones y otros elementos, lo que determina la identidad del edificio. Es la única **parte del edificio que se percibe desde el exterior**, motivo por el cual merece una **valoración estética y calidad expresiva** que defina y dé carácter al objeto arquitectónico.

2. TIPOS DE MUROS DE FACHADA Y REQUERIMIENTOS

Existen **distintos tipos** de muros de fachada. **Según su constitución**, podemos diferenciar entre:

- **Muros simples**: constan de **una sola hoja**. La totalidad del espesor del muro está compuesto por un **mismo material**. Podemos englobar dentro de esta tipología tanto muros tradicionales como los de mampostería, sillería, fábrica de ladrillo cerámico macizo, etc., como de nueva generación, tales como muros de termoarcilla, muros de fábrica de bloques de hormigón vibrado, etc. Se caracterizan porque sus **propiedades son bastante homogéneas** en todo su espesor.

- **Muros compuestos**: se trata de muros compuestos por **varias hojas**, de **distintos elementos y materiales**, dispuestas de tal modo que cada una de ellas va cumpliendo una de las **funciones específicas** asignadas a un cerramiento de fachada. En este caso, se trata de muros muy **heterogéneos**.

Puede construirse de forma pesada o de forma ligera. Los **cerramientos pesados** son aquellos cuyo peso medio, macizo y hueco, es superior a **100 Kg/m²**, compuestos de una hoja o varias hojas, con o sin cámara de aire. Las **fachadas ligeras**, están formadas por elementos de reducido peso, **inferior a 100 Kg/m²**, de pequeño espesor, 10 a 15 cm, constituidos habitualmente por materiales y formatos de nueva generación, soportados por una subestructura, habitualmente metálica, y/o por la estructura resistente del edificio.

Independientemente del tipo de muro de fachada utilizado, todos los cerramientos verticales deben cumplir unas **funciones básicas**, tales como:

- Exigencias **ambientales**: fundamentalmente **higrotérmicas y acústicas**, además de garantizar la **iluminación natural** de determinados espacios, la **calidad** y renovación **del aire interior**, etc.
- **Seguridad y accesibilidad**: estabilidad, resistencia mecánica, protección contra incendios, contra robos, etc.
- **Estética**.
- **Economía** de construcción y mantenimiento.
- **Durabilidad** en el tiempo.

Entre otras.

El cerramiento vertical cumple probablemente más funciones que cualquier otra parte del edificio. Actualmente es difícil encontrar tipologías de muros sencillos que puedan cumplir a la vez todas estas exigencias, por lo que habitualmente recurrimos a **muros compuestos**, cuyas diferentes capas permiten asegurar el cumplimiento de todas estas prestaciones.

3. EVOLUCIÓN DEL CERRAMIENTO VERTICAL

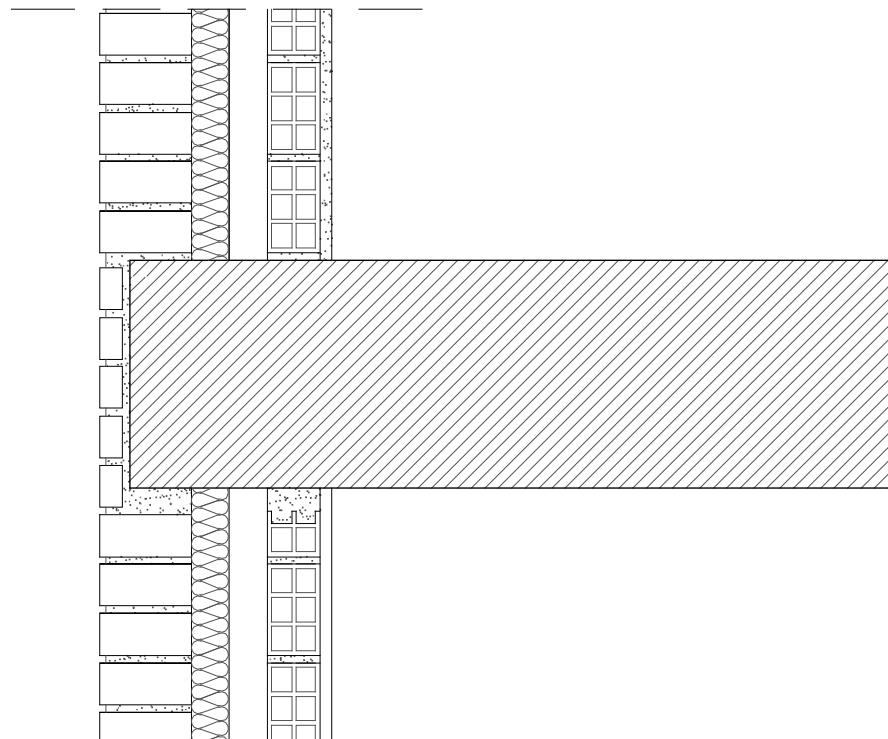
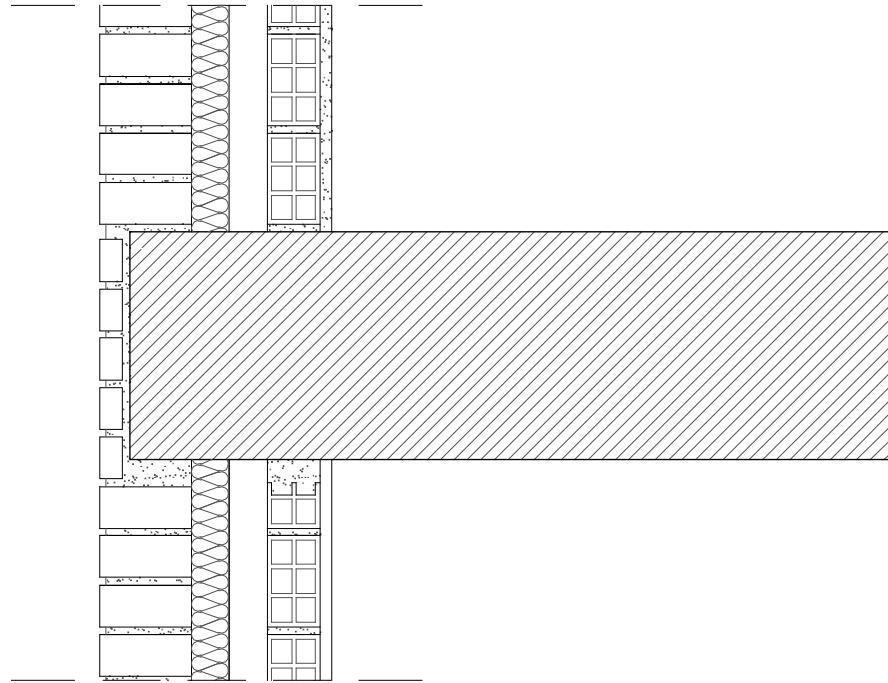
A lo largo de la historia, los **cerramientos** se componen de **una hoja gruesa** que da respuesta a las exigencias de aislamiento térmico, estanquidad y resistencia mecánica. Es a **finales del siglo XIX y principios del XX** cuando estos cerramientos evolucionan hacia muros más delgados, para consolidarse posteriormente en **muros de dos hojas, muros capuchinos, habitualmente con cámara de aire, más o menos ventilada**: la exterior generalmente compuesta por medio pie o un pie de fábrica de ladrillo o bloque, y la interior de ladrillo hueco simple.

Con la aparición de **la NBE-CT-79**, "Norma Básica sobre Condiciones Térmicas en los edificios", creada principalmente por el tema del **ahorro de energía**, los cerramientos **incorporan el aislamiento térmico** para minimizar las pérdidas térmicas a través de los mismos.

Es entonces cuando dicho aislamiento, por facilidad constructiva, **se coloca pegado a la hoja exterior**.

Consecuencia de dicha disposición se generan los **siguientes problemas en cuanto al comportamiento higrotérmico** de la fachada:

- La posible **condensación del vapor de agua** caliente, procedente de los espacios interiores del edificio, al entrar en contacto con la cámara de aire, a temperatura mucho más fría que la interior, se produce **en la cara fría del aislamiento**, es decir, en el plano de contacto entre hoja exterior y material aislante. Esto provoca que este último **se humedezca y disminuya su resistencia térmica** mientras está mojado, cuando se utilizan aislantes tipo lana de roca o fibra de vidrio. Por ello, para evitar este problema, es necesario colocar una **barrera antivapor** que lo proteja.
- El mismo efecto sucederá si se producen **filtraciones de agua** o absorción a través de la hoja exterior.
- Como el aislamiento se inserta entre la estructura resistente del edificio, entre los forjados, se producen **puentes térmicos** en los frentes de forjados y pilares, a no ser que se tomen medidas para solventarlos.
- Además, la **cámara de aire** ventilada **introduce aire frío** en un espacio en contacto con la **hoja interior**, la hoja caliente.

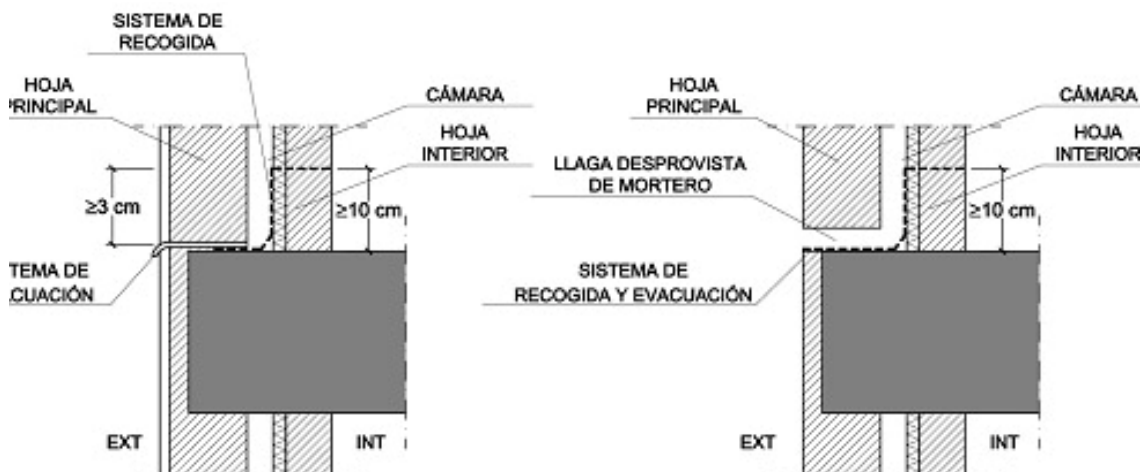


Esquema constructivo de fachada capuchina tradicional de ladrillo caravista con aislamiento pegado a la hoja exterior. E = 1/10.

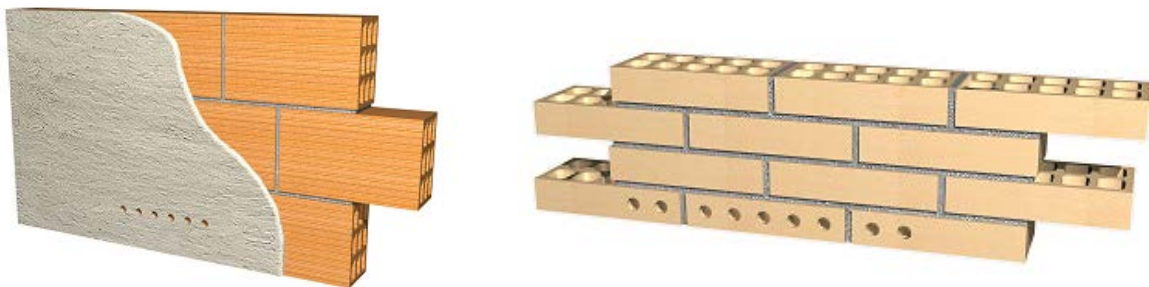
En la **última década del siglo XX** se ha discutido mucho la eficacia de la descrita **colocación del aislamiento**, empezándose a colocar el mismo **junto a la hoja interior**, tal y como se hace habitualmente en otros países europeos y en E.E.U.U. De esta forma se mejora el **comportamiento higrotérmico**:

- Las posibles **condensaciones del vapor de agua** procedente del espacio interior se producirán en la **cara fría del aislamiento**, donde se encuentra la **cámara de aire**. La ventilación de la misma solventa el problema de tal manera que no se requiere lámina cortavapor, al igual que en el caso de las filtraciones desde el exterior.

En esta solución, **sobre la cara interior de la hoja exterior** se realiza un **enfoscado de mortero de cemento a buenavista**, tanto si la hoja es caravista como si está revestida por el exterior, que facilita también la evacuación de las condensaciones hacia la zona inferior de la cámara de aire, y su salida al exterior a través de la **lámina impermeabilizante** y los **orificios de ventilación** dispuestos para ello en la base del muro, en el encuentro con el forjado, tal como prescribe el CTE.



Recogida y evacuación del agua de condensación en la cámara de aire ventilada de la fachada en el encuentro con el forjado inferior. Figura 2.10 del CTE DB HS 1, Salubridad, pág. HS1-17.



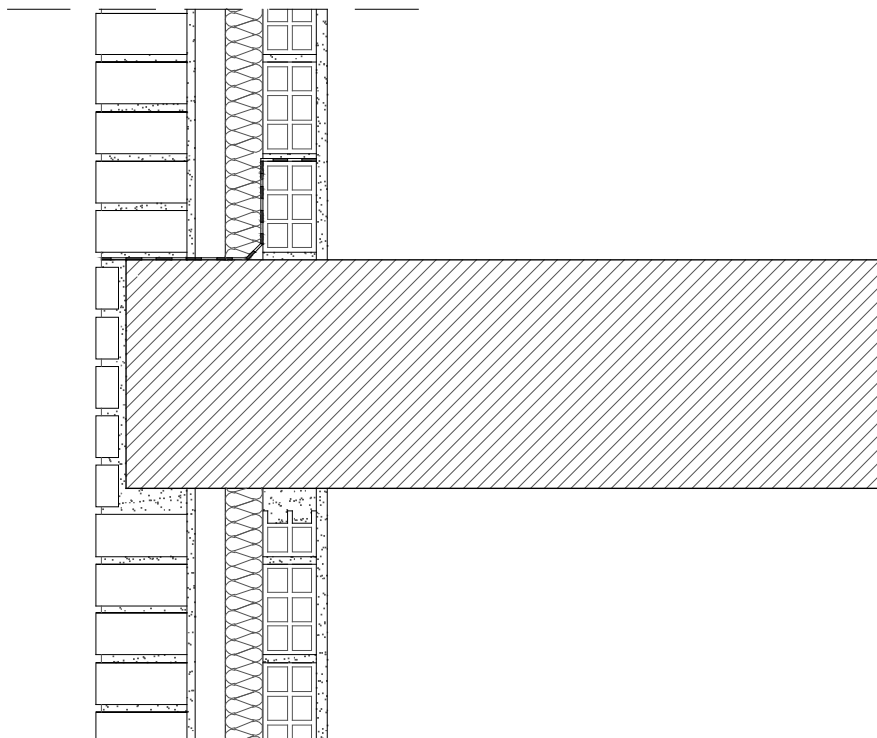
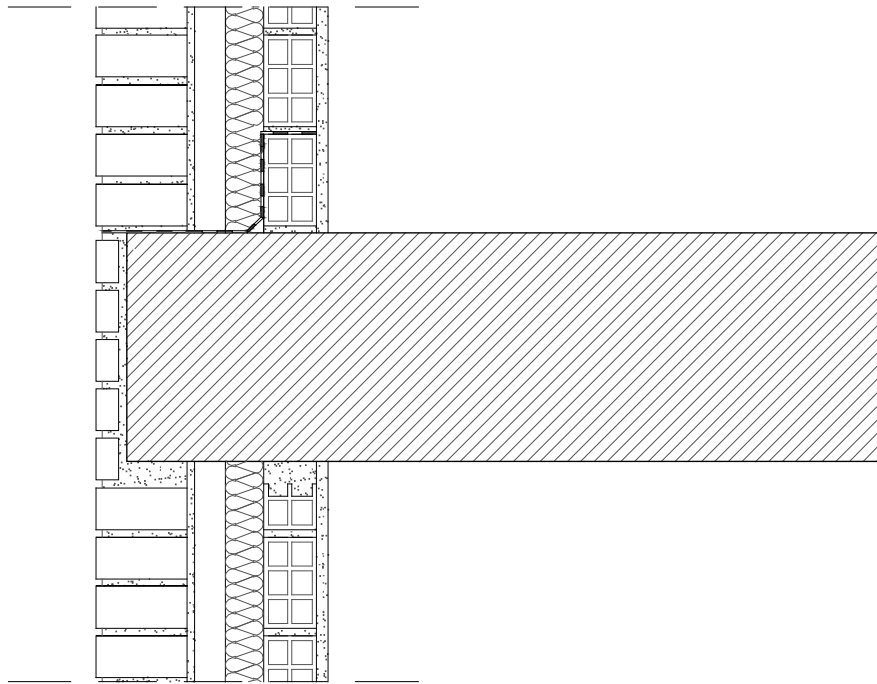
Orificios de evacuación del agua de condensación en el encuentro de la fachada con el forjado. Fuente: <www.generadordeprecios.info> [Consulta: 13 de febrero de 2012].



Hoja exterior de ladrillo caravista revestida interiormente con un enfoscado de mortero de cemento a buenavista.



Hoja exterior de ladrillo hueco triple revestida interiormente con un enfoscado de mortero de cemento a buenavista. Dicha hoja quedará revestida por el exterior con el acabado elegido para la fachada.



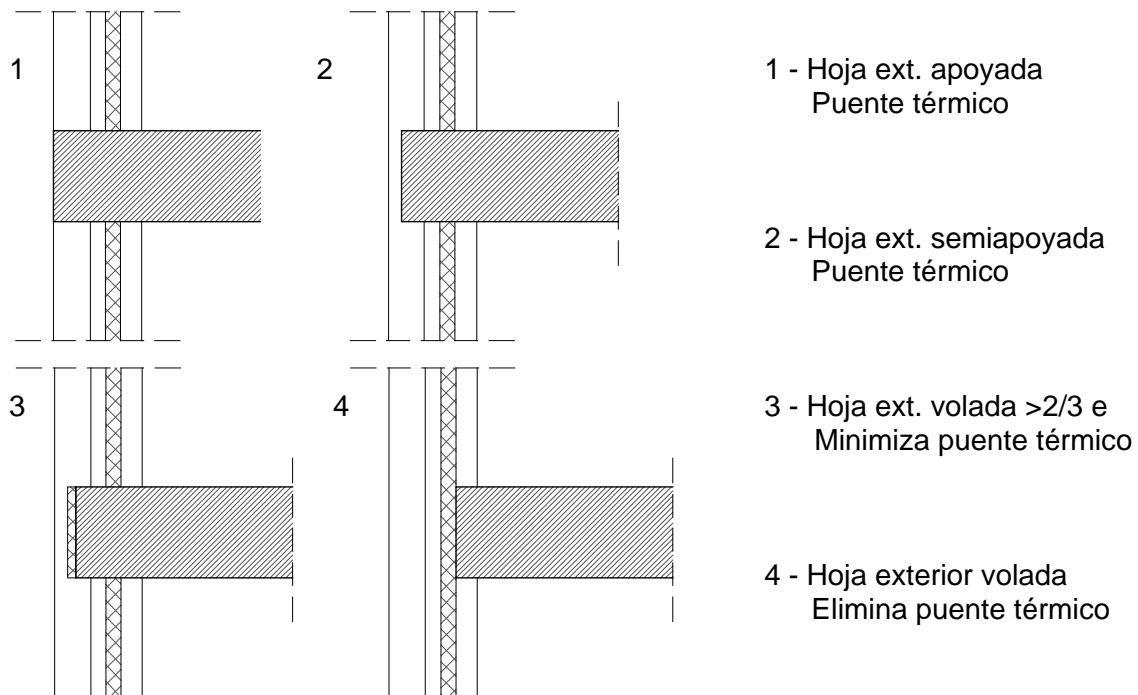
Esquema constructivo de fachada capuchina tradicional de ladrillo caravista con aislamiento pegado a la hoja interior. $E = 1/10$.

- De la misma forma se recogerán y evacuarán las **humedades por filtración** desde la hoja exterior.

- Como el aislamiento térmico se coloca hacia el interior de la **cámara de aire**, la ventilación de la misma **no introduce aire a temperatura ambiente hacia el interior**.

- El único problema que no se resuelve es la presencia de **puentes térmicos** en los frentes de forjado y los pilares, debidos a la interrupción del aislamiento.

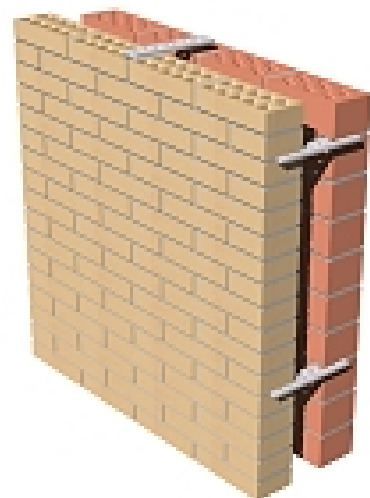
La solución de este problema es compleja debido a los problemas asociados a la **estabilidad de la hoja exterior**. La hoja interior va completamente apoyada en el forjado inferior, pero la exterior puede ir desde totalmente apoyada a totalmente volada.

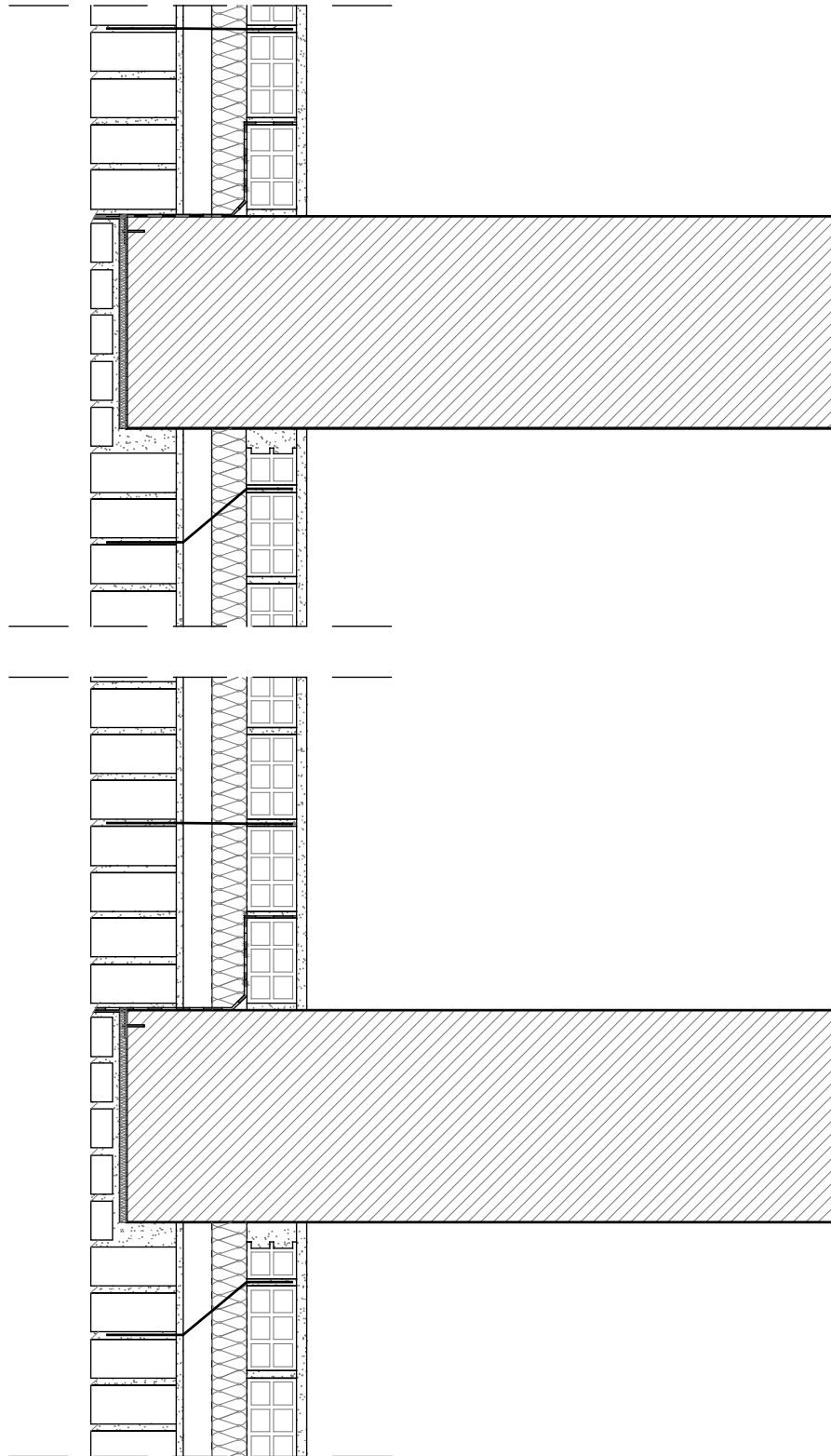


Esquemas constructivos de posibles formas de apoyo de la hoja exterior de la fachada. E = 1/25.

En todo momento se debe garantizar un **apoyo de la hoja exterior no inferior a 2/3 del espesor**. Si es necesario, se dispondrán **angulares metálicos** anclados al frente del forjado, aumentando o completando la superficie de apoyo, así como se dispondrán **llaves de atado** entre ambas hojas. El vuelo de la hoja exterior permite introducir una capa de reducido espesor de aislamiento térmico, adherida al frente del forjado, minimizando de este modo el puente térmico creado en este punto. Otra solución sería solventar el puente térmico creado en la parte interior, introduciendo aislamiento térmico en el suelo flotante y en los falsos techos.

Llaves de anclaje dispuestas al trebolillo, anclando la hoja exterior de la fachada a la hoja interior. Fuente: <www.generadordeprecios.info> [Consulta: 13 de febrero de 2012].





Disposición de angulares de apoyo y atado de la hoja exterior mediante llaves a la hoja interior.
E = 1/10.

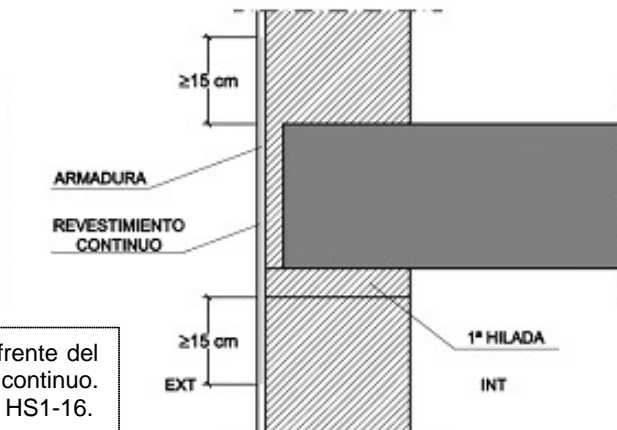
Es importante garantizar, con la disposición del angular, que **la hoja exterior no haga que las plaquetas que cubren el frente del forjado entren en carga**, puesto que

podrían desprenderse, cayendo hacia la vía pública, con las graves consecuencias que ello conllevaría.

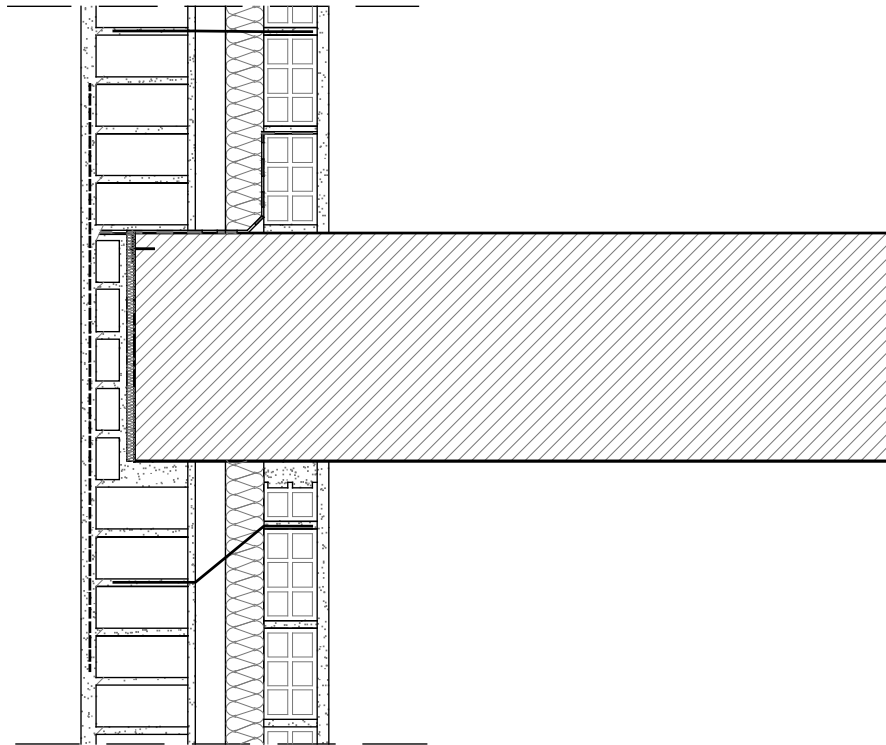


Fachada caravista con un desprendimiento incipiente de las plaquetas de los frentes de forjado.

Otro de los problemas habituales producidos en el **frente del forjado** en este tipo de fachadas, cuando se cubren con **revestimientos exteriores continuos**, es la fisuración del revestimiento debido al movimiento diferencial entre los materiales soporte (hormigón en el frente del forjado y fábrica cerámica o de bloque de hormigón en la hoja exterior). Para evitar que se produzcan sendas **fisuras longitudinales** marcando el forjado, el CTE establece que se embeba **una malla de fibra de vidrio o acero galvanizado**, que debe sobrepasar 15 cm la cara superior del forjado y 15 cm la última hilada bajo el forjado.



Solución del encuentro de la fachada con el frente del forjado cuando se dispone un revestimiento continuo. Figura 2.8 del CTE DB HS 1, Salubridad, pág. HS1-16.



Disposición de malla de fibra de vidrio embebida en el revestimiento continuo de la fachada en los frentes de la estructura, frentes de forjados y pilares. E = 1/10.



Disposición de malla de fibra de vidrio embebida en el revestimiento continuo en todos los frentes de la estructura, forjados y pilares.

4. FACHADAS CAPUCHINAS

Se trata de las fachadas **más comunes** en nuestro país. Se trata de fachadas de **doble hoja con cámara intermedia**, rellena en su totalidad o en parte por aislantes termoacústicos.

En general, podemos determinar que este tipo de **fachadas** suele incluir las siguientes **capas**, desde el exterior hacia el interior:

4.1. REVESTIMIENTO EXTERIOR

Estas fachadas pueden disponer revestimientos **continuos** tipo monocapas, enfoscados, revocos, estucos, etc., o **discontinuos**, tipo aplacados pétreos naturales o artificiales, aplacados cerámicos, etc., anclados o tomados con morteros adhesivos, según peso, dimensiones, altura, etc. (los veremos detenidamente en el segundo semestre, en la asignatura de CT IV).



Revestimientos exteriores de fachadas, continuos y discontinuos.

4.2. HOJA EXTERIOR

Habitualmente resuelta mediante fábrica de **ladrillo cerámico** macizo, perforado o triple hueco, de **bloque de hormigón vibrado** o **termoarcilla**, caravista o no, apoyada o semi apoyada sobre el forjado de cada planta. También puede ser un **muro de hormigón armado**, in situ o prefabricado (paneles de hormigón prefabricado, paneles de GRC, etc.), que puede aportar otras prestaciones, tanto estéticas como de mejora de la eficiencia energética, ahorro económico, etc.



Hoja exterior de fachada de fábrica de ladrillo cerámico perforado caravista.



Hoja exterior de fachada interior de fábrica de ladrillo cerámico triple hueco para revestir.



Hoja exterior del cerramiento de hormigón visto ejecutado in situ.

4.3. REVESTIMIENTO INTERIOR DE LA HOJA EXTERIOR

Se trata habitualmente de un **enfoscado de mortero de cemento hidrófugo a buenavista**, para evitar filtraciones de agua hacia el interior de la cámara, principalmente en las fachadas cuya hoja exterior está compuesta por una fábrica porosa (ladrillo cerámico, termoarcilla, bloque de hormigón vibrado, etc.).



Revestimiento interior de la hoja exterior del cerramiento de fachada, enfoscado de mortero de cemento a buenavista.

Suele tener **1 cm** de espesor.

4.4. CÁMARA DE AIRE

Su misión es garantizar la **estanquidad** frente a las aguas de infiltración y absorción exteriores, y las de condensación del vapor de agua interior, además de colaborar en el aislamiento térmico.

La **resistencia térmica** de esta cámara **depende** de si está **ventilada, débilmente ventilada o no ventilada**, y de su espesor, habitualmente de **5 cm**.



Cámara de aire en fachada capuchina.

4.5. AISLAMIENTO TÉRMICO

Puede tratarse de planchas compuestas por **diferentes materiales**: lana de roca, fibra de vidrio, poliuretano, poliestireno expandido, poliestireno expandido grafito, etc.



Aislamiento térmico de lana de roca, poliestireno expandido y poliestireno expandido de grafito, en fachada capuchina tradicional.

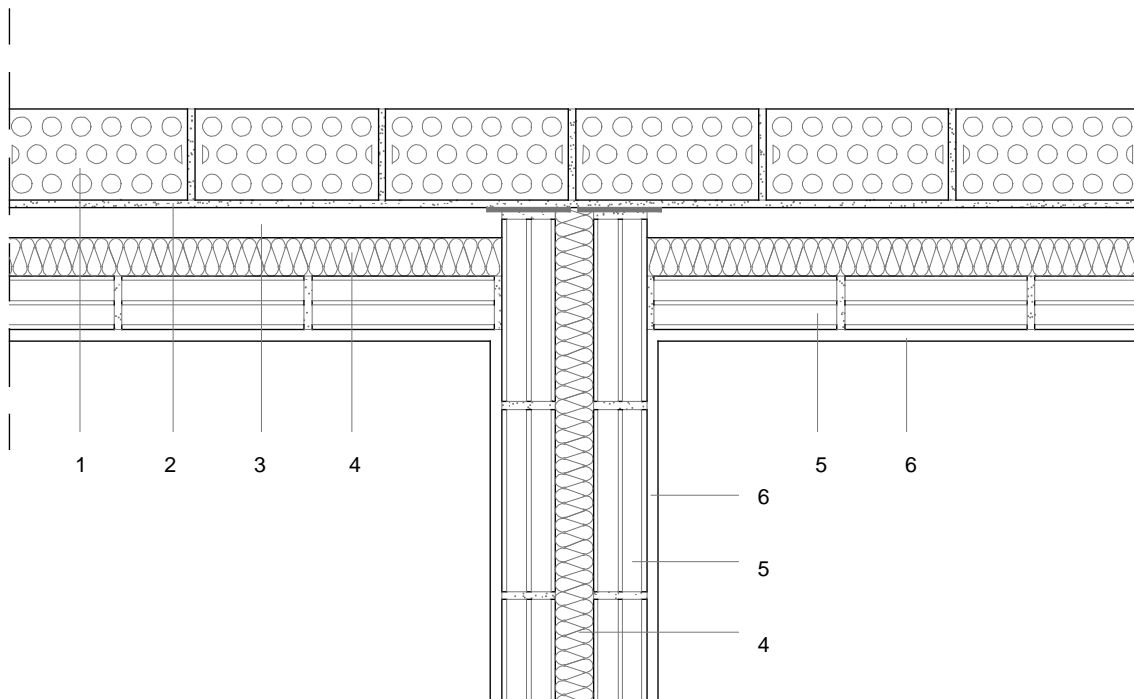
El hecho de estar colocado junto a la hoja interior conlleva una dificultad constructiva que se solventa en una mayoría de ocasiones con la colocación de **planchas rígidas**: poliestirenos expandidos, poliestirenos extruidos, etc.

Debe garantizarse la **unión del aislamiento a la hoja interior** ya que si no, se puede reducir su efectividad.

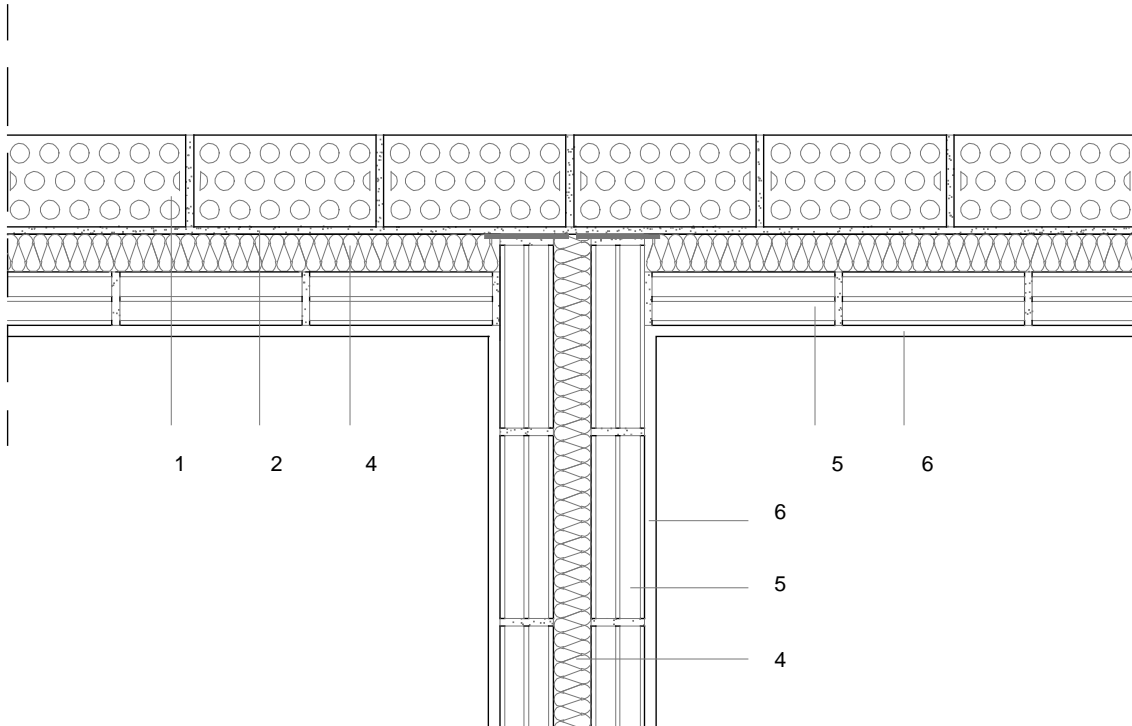
4.6. HOJA INTERIOR

Puede ser de fábrica de **ladrillo hueco cerámico**, de **bloque de hormigón vibrado** o **entramados de paneles prefabricados ligeros**: cartón-yeso, madera, escayola, etc.

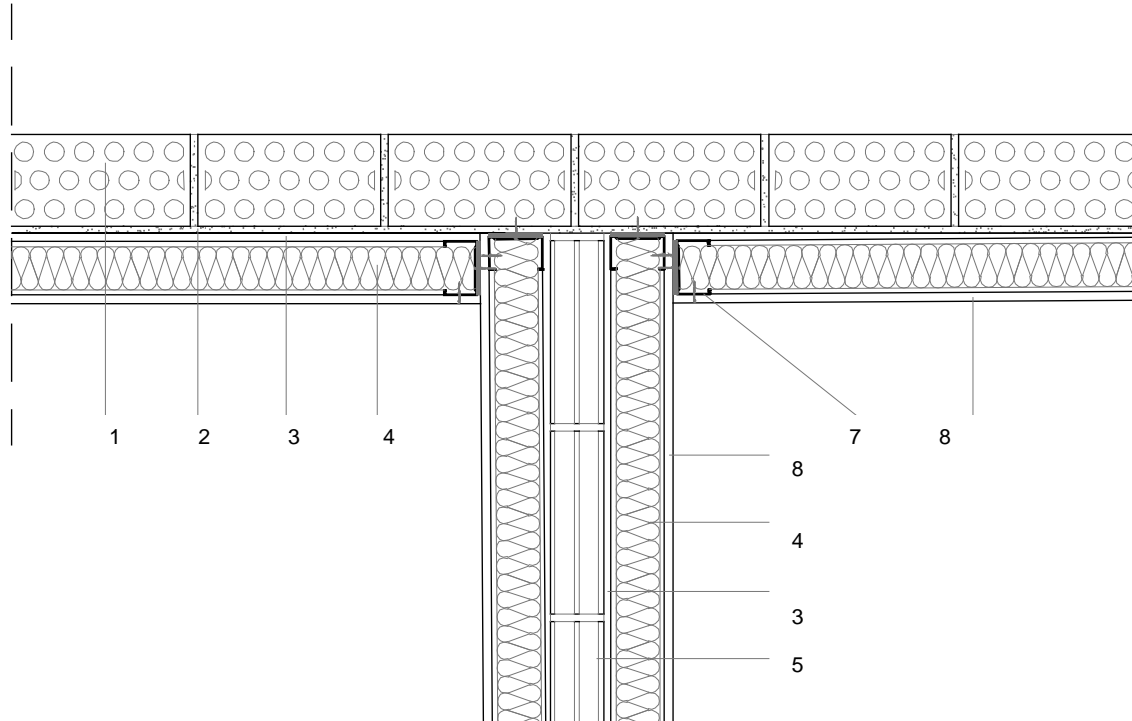
La hoja interior puede verse **interrumpida por los elementos de división interior entre distintas unidades de uso**, para cumplir con el aislamiento acústico requerido entre las mismas. En el encuentro se interpondrán bandas acústicas, al menos en una de las hojas si se trata de fábrica pesada, y en ambas obligatoriamente si se trata de entramados autoportantes.



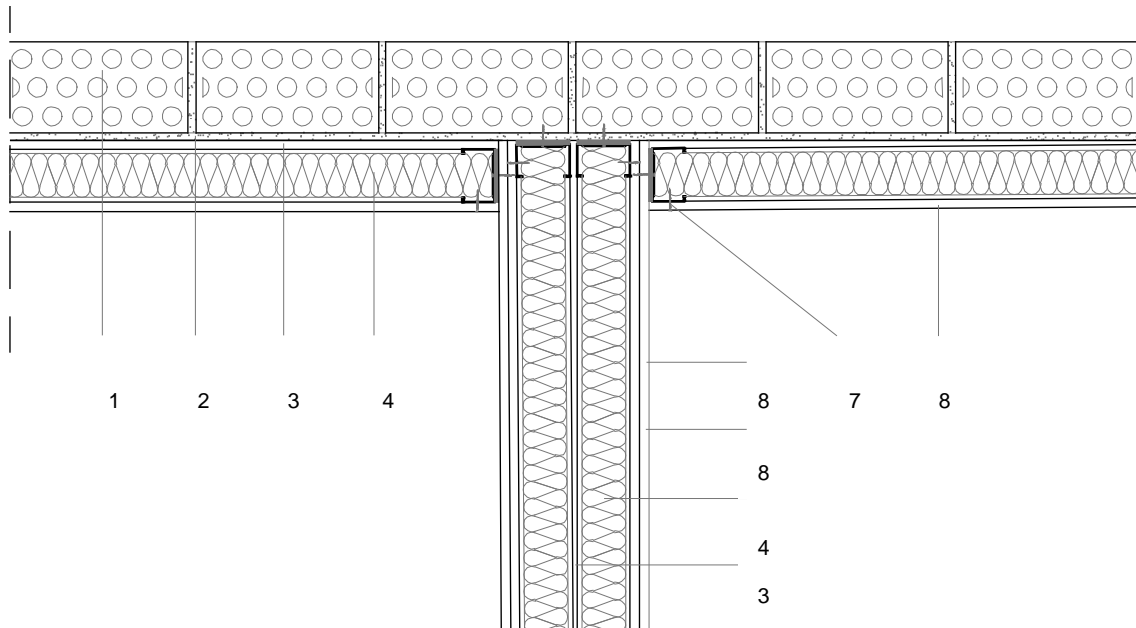
Encuentro de elemento de división interior de doble hoja cerámica con fachada capuchina con cámara de aire. E = 1/10



Encuentro de elemento de división interior de doble hoja cerámica con fachada capuchina sin cámara de aire. E = 1/10



Encuentro de elemento de división interior de elemento base de fábrica cerámica y trasdosados autoportantes con fachada capuchina con hoja interior de entramado autoportante. E = 1/10



Encuentro de elemento de división interior de doble hoja de trasdosado autoportante con fachada capuchina con hoja interior de entramado autoportante. E = 1/10

1. Hoja exterior, fábrica de ladrillo caravista, 1/2 pie de espesor.
2. Enfoscado de mortero de cemento a Buenavista, 1 cm de espesor.
3. Cámara de aire.
4. Aislamiento térmico, planchas de lana de roca, fibra de vidrio, EPS, XPS. etc.
5. Fábrica de ladrillo hueco doble.
6. Guarnecido + enlucido de yeso pintado.
7. Estructura autoportante.
8. Tablero de cartón yeso pintado.

4.7. REVESTIMIENTO INTERIOR

Puede estar constituido por una **capa "gruesa"** (si requiere regularizar la superficie de la hoja soporte del revestimiento), tipo tendidos de yeso, enfoscados de morteros de cemento (según si se requieren propiedades hidráulicas o no en el acabado), o **capa fina** (si no requiere regularizar la superficie de la hoja soporte del revestimiento), como pinturas, empapelados, moquetas, aplacados pétreos o cerámicos, etc. (los veremos detenidamente en el segundo semestre, en la asignatura de CT IV).



Revestimientos interiores.

4.8. CARPINTERÍA EXTERIOR

Las carpinterías exteriores se pueden **clasificar** atendiendo a **diversos criterios**:

- Según el **dispositivo de abertura**: batientes, correderas, de guillotina, etc.
- Según el **material**: madera, aluminio, PVC, etc.
- Con o sin **rotura de puente térmico**.
- Según su clase (**permeabilidad al aire** de la carpintería) (ver Tema 1).

Entre otros.

Los distintos tipos de carpinterías y sus materiales **definen** en muchos casos las **prestaciones**. Algunas tipologías, como las **batientes o basculantes**, presentan **mejores prestaciones** en cuanto a estanqueidad al aire y el aislamiento térmico y acústico que otras, como las correderas o las de guillotina, debido al propio sistema de cierre (ver Tema 1). Sin embargo, las ventanas **correderas** son muy utilizadas en los huecos de fachada por la **gran ventaja** que supone la **no invasión del espacio interior**. Así mismo, las ventanas de **guillotina resuelven** el inconveniente de la **falta de espacio**, siendo muy habitual su uso en las ventanas que comunican cocinas con lavaderos, por ejemplo.



Ventanas con distintos sistemas de abertura.

Lo mismo sucede en relación a los materiales escogidos. La **madera** es un material natural utilizado tradicionalmente para las carpinterías, tanto interiores como exteriores, con **grandes prestaciones** en cuanto a aislamiento térmico. Sin embargo, durante décadas su uso se ha visto relegado en cuanto a las carpinterías exteriores se refiere, sustituido por otras de materiales como el PVC o el aluminio. Tienen el gran **inconveniente del necesario mantenimiento** de la madera para mantenerla en buen estado, **y las variaciones volumétricas** que puede llegar a sufrir por los cambios de temperatura y humedad, que pueden afectar al ajuste de los sistemas de cierre.



Ventana abatible de madera.

Las carpinterías de **PVC** tienen también muy **buenas prestaciones**, tratándose de carpinterías eficientes en cuanto al aislamiento térmico y acústico se refiere. Su principal inconveniente es el **envejecimiento** del material, por el **amarilleamiento** del color blanco inicial, uno de los más utilizados de esta tipología.



Ventana corredera de PVC.

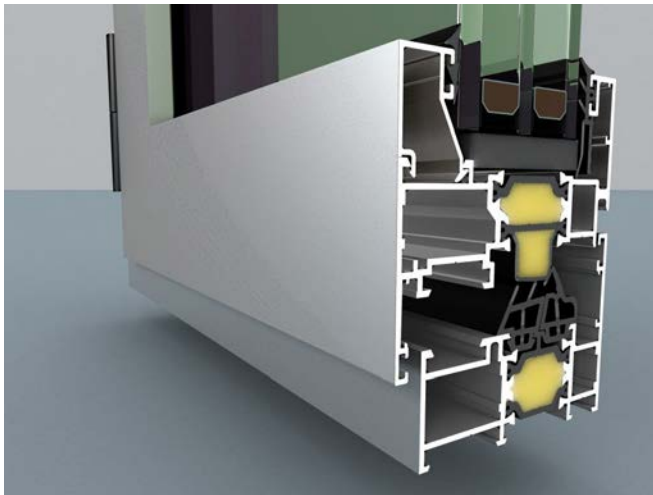
Por otro lado, las carpinterías metálicas, de **aluminio**, son otra de las tipologías más utilizadas, con la gran ventaja de ser un material **reciclable**, pero con el gran inconveniente de ser conductor, por lo que **no proporcionan un adecuado aislamiento térmico**. Si se utilizan carpinterías **sin rotura de puente térmico**, aquellas cuya sección está compuesta por una masa de aluminio interconectada, suponen un puente térmico considerable, transmitiendo rápidamente la temperatura exterior hacia el interior del edificio.

Actualmente, podemos encontrar **carpinterías de aluminio con** altas prestaciones, que incluyen la denominada **rotura de puente térmico**. Se trata de una pieza de poliamida (material plástico), integrada en la sección metálica de la carpintería, tanto el marco como la hoja, que independiza la parte exterior de la interior interponiendo este material no conductor del calor. La **eficiencia** del aislamiento de la ventana será **mayor** cuanto mayor sea la dimensión de esta pieza, **cuanta mayor anchura** tenga.





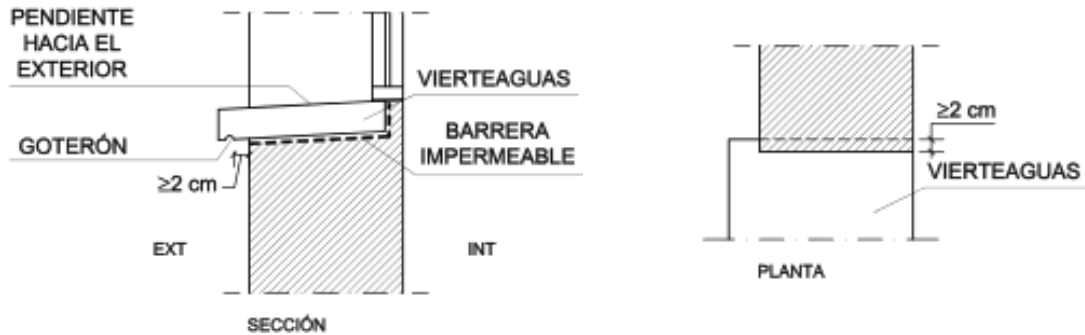
Ventana corredera de aluminio.



Ventanas de aluminio con y sin rotura de puente térmico. Fuente: <www.roturadepuentetermico.com> y <www.ventanaaluminios.com> [Consulta: 14 de septiembre de 2020].

Los **huecos de ventanas** son uno de los puntos más conflictivos de las fachadas, es fácil que se produzca a través de ellos filtraciones del agua de lluvia.

Como se ha visto en el Tema 3, para **evitar la entrada de agua**, el CTE determina una serie de actuaciones en relación al **vierteaguas**: debe tener una pendiente mínima de 10° hacia el exterior y disponer de un goterón, distanciados al menos 2 cm respecto del plano de fachada; se encastrará al menos dos centímetros bajo las jambas laterales, y se dispondrá una lámina impermeable en la parte inferior, doblándola en su trasdos hasta alcanzar la carpintería.



Requerimientos a los vierteaguas de ventanas para evitar la fistración de agua desde el exterior. Figura 2.12 del CTE DB HS 1, Salubridad, pág. HS1-18.



Disposición de lámina impermeable en la parte inferior del vierteaguas de ventana.



Vierteaguas con goterón a más de 2 cm de distancia del cerramiento de fachada.

La carpintería irá fijada a la fachada mediante patillas de anclaje o garras (directas a la obra) o mediante tornillos (directos al premarco previamente colocado y fijado a la obra), máximo cada 60 cm.

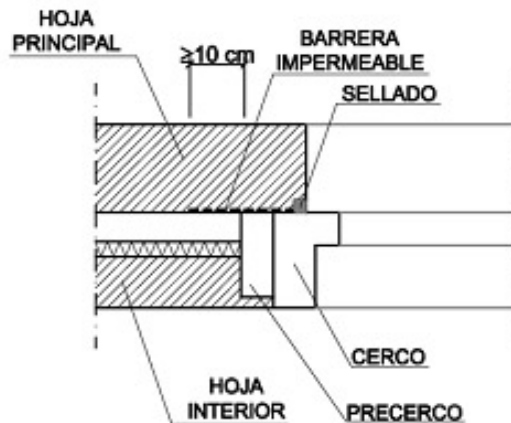


Carpintería de PVC. Garras integradas en el marco para su anclaje a la obra de fábrica.



Colocación de carpintería en obra.

El CTE también establece que la **lámina impermeable** dispuesta bajo el vierteaguas, se extienda un ancho de **10 cm** por el **trasdós de la hoja exterior** de la fachada (ver Tema 3).



Encuentro de la carpintería con la hoja exterior de la fachada. Figura 2.11 del CTE DB HS 1, Salubridad, pág. HS1-17.

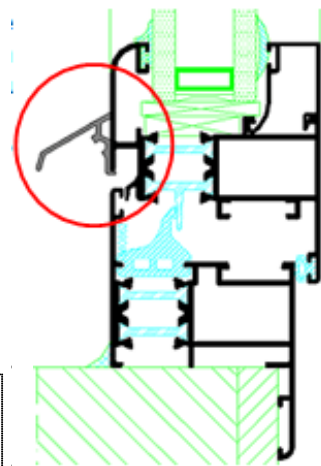
Para garantizar una correcta estanqueidad tanto al aire como al agua, el aislamiento térmico y acústico del hueco, **se rellenarán los posibles huecos** que queden entre la obra de fábrica y la carpintería **con espuma de poliuretano**, y finalmente se dispondrá un **cordón de silicona**, que materializa el **sellado** de todo el perímetro exterior de la carpintería.



Sellado de la junta exterior entre carpintería y obra con cordón de silicona.

Dicho cordón de sellado deberá **reponerse de forma periódica** durante la vida útil del edificio, puesto que el material está expuesto a la intemperie y sufrirá el consecuente envejecimiento.

Así mismo, es conveniente disponer de **elementos de protección** de este encuentro, como **pestañas** incluidas en **las hojas** de la ventana, que evitan que el agua que resbala por la superficie del vidrio sea vertida a este punto débil, susceptible de sufrir filtraciones por deficiencias en el estado del material de sellado.



Ventanas de aluminio con y sin rotura de puente térmico. Fuente: <www.proyectos-de-carpinteria.blogspot.com> [Consulta: 14 de septiembre de 2020].

Por otro lado, es necesario que las carpinterías, como las correderas, dispongan de **orificios** que permitan la **salida del agua hacia el exterior**, impidiendo su acumulación y desbordamiento por la parte interior de la hoja hacia el interior de la estancia, provocando lesiones por humedad en la hoja interior y su revestimiento.



Orificios de salida del agua en marco de ventana corredera.



Bolsas en la pintura por filtración de agua por la carpintería de ventana.

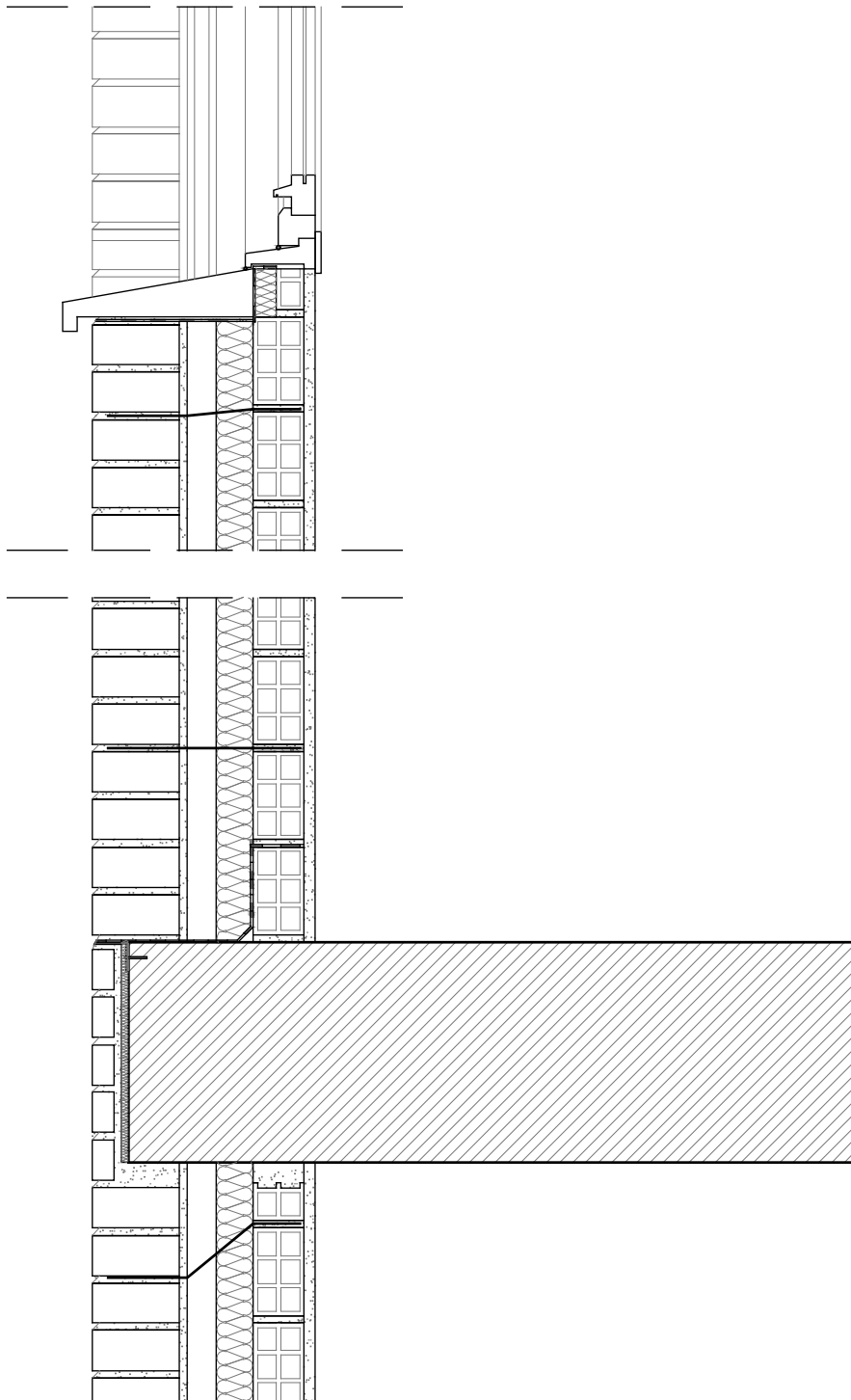
Del mismo modo, si el hueco dispone de **contraventanas** que constituyen una barrera para la evacuación del agua de lluvia acumulada en el vierteaguas, el marco de la contraventana deberá disponer suficientes **orificios de salida** que garanticen su no acumulación.



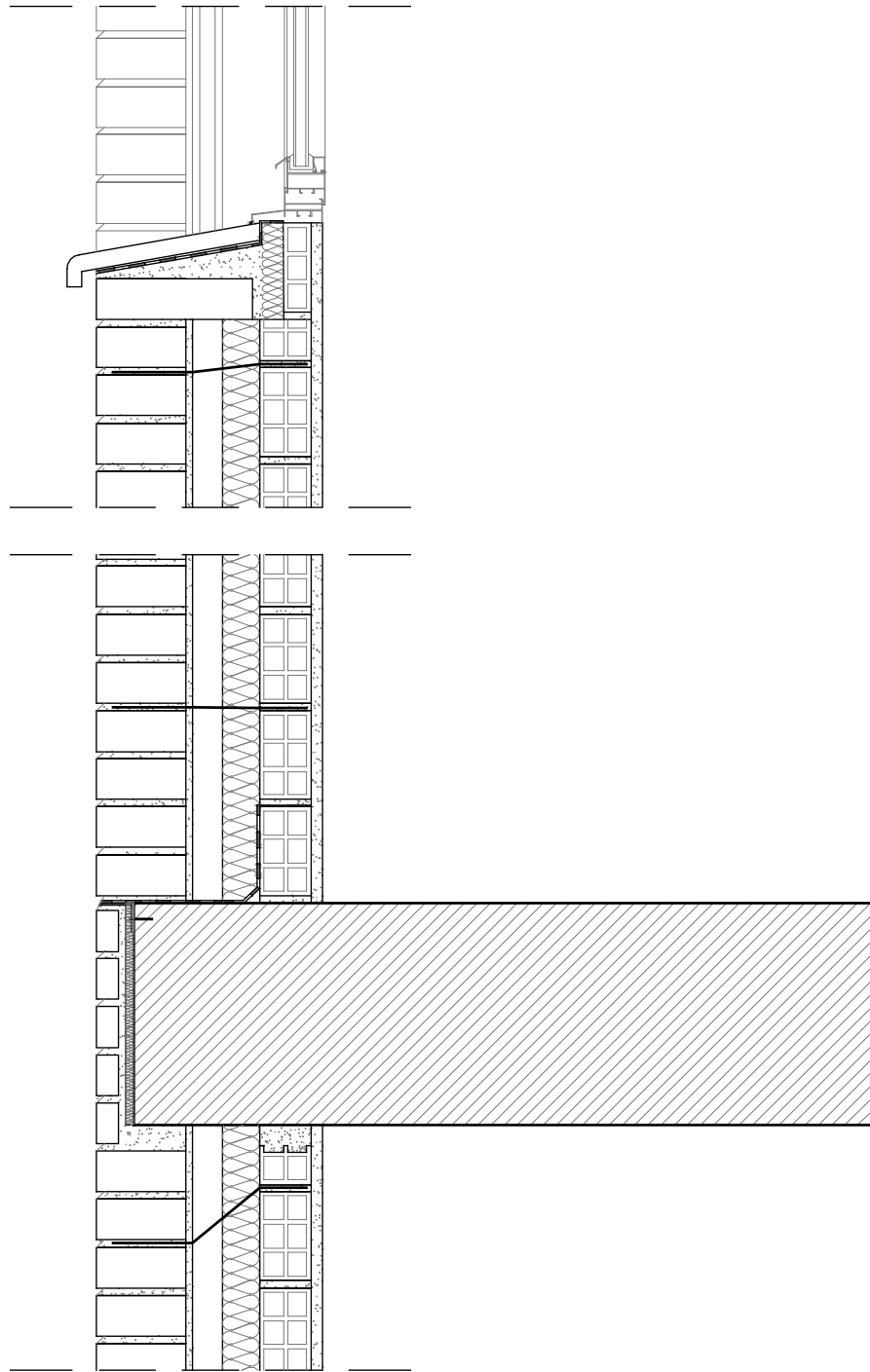
Orificios de salida del agua en marco de ventana y en contraventana.

Además de impedir la entrada del agua, es imprescindible que la solución adoptada para resolver la parte inferior del **hueco no suponga un puente térmico**. Para ello, se

dispondrá una **capa de aislamiento** entre la lámina impermeabilizante y la rasilla de apoyo de la carpintería. Es posible disponer un ladrillo girado para aumentar la superficie de apoyo del vierteaguas, pero éste no debe ser pasante, evitando así el aludido puente térmico.



Fachada caravista con vierteaguas de piedra natural y carpintería de madera. E = 1/10.



Fachada caravista con vierteaguas cerámico y carpintería de aluminio. E = 1/10.

En cuanto a **garantizar la estabilidad** se refiere, es imprescindible la disposición de **dinteles o cargaderos** que soporten los paños de fábrica, tanto de la hoja exterior como de la hoja interior, que quedan por encima del hueco. Pueden actuar como dinteles: pequeños cargaderos de hormigón armado, viguetas o semiviguetas pretensadas, perfiles metálicos (pletinas, angulares, etc.), cargaderos de ladrillos a sardinel, etc. Es conveniente que, en todos los casos, se disponga también un goterón que impida que el agua resbale por la carpintería de la ventana.

Si la **luz del hueco** es **moderada** y la altura de la fábrica a soportar por encima del cargadero no es excesiva, no más de 1 m, puede resolverse prácticamente con cualquiera de las soluciones materiales posibles. En tal caso, el **apoyo del cargadero** reside en una simple entrega en los paños de fábrica contiguos, que **no debe ser inferior a 10 cm**.



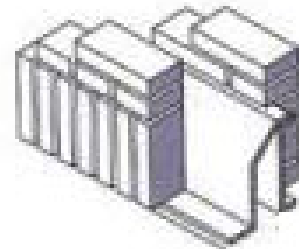
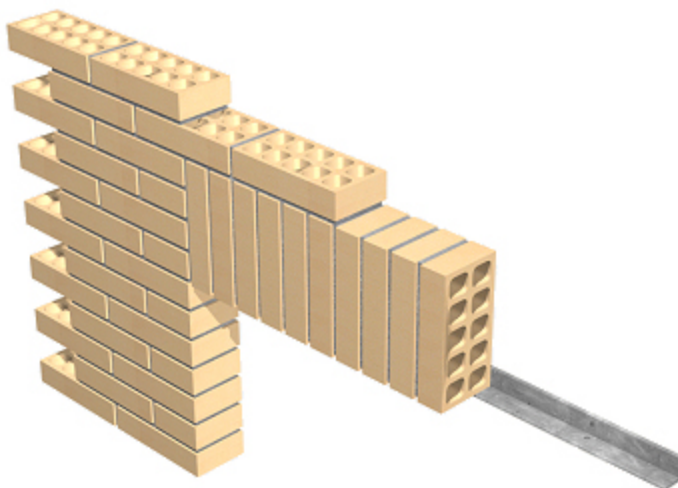
Apoyo de cargadero de hormigón en los paños de fábrica de ladrillo contiguos.

Si la **luz del hueco** es **considerable**, suele ser necesario recurrir a dinteles metálicos. En este caso, además de la **entrega de mínimo 10 cm en las fábricas laterales**, puede ser necesario disponer **puntos de apoyo intermedios** (uno o más en función de la longitud), que suelen materializarse con **tirantes metálicos sujetos al forjado**.



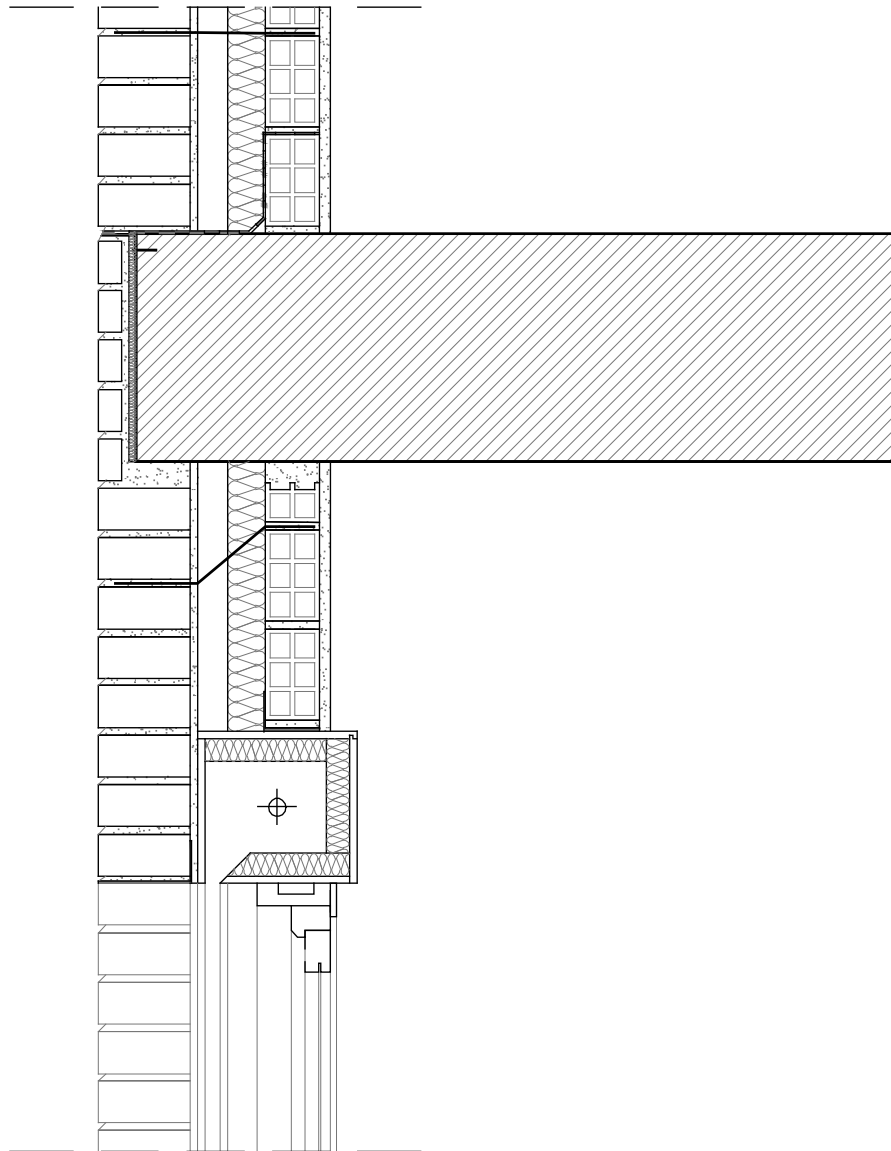
Dintel metálico de hueco de gran longitud con entrega en fábricas laterales y tirante intermedio atornillado al forjado superior para impedir una flecha excesiva en centro de vano.

Incluso, los dinteles metálicos pueden formar un **babero** que permita cargar tanto la hoja exterior de la fachada como la interior.



Dintel formado con el apoyo de la fábrica en angulares metálicos. En angular puede dar apoto a una hoja de fábrica o a las dos hojas en los muros capuchinos. Fuente: <www.generadordeprecios.info> [Consulta: 5 de mayo de 2016].

Las **fachadas caravista** suelen disponer **dinteles metálicos**, de **sardineles** o de **hormigón prefabricado**. Los primeros son aptos para aquellos casos en los que no se quiere jugar con los aparejos de fachada, pasando desapercibidos, sin formar parte del esquema compositivo.

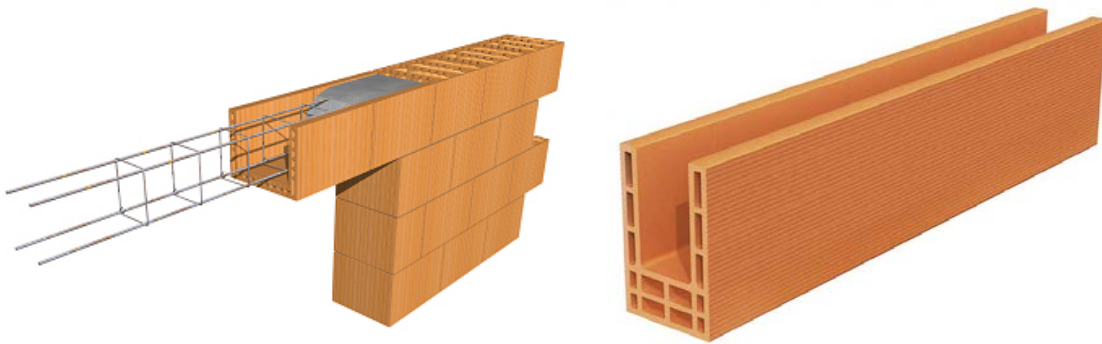


Dinteles conformados por angulares y pletinas metálicas. E = 1/10.



Fachada de ladrillo caravista con dinteles metálicos.

También es posible utilizar piezas especiales en U que sirven de encofrado de un dintel de hormigón armado ejecutado in situ.

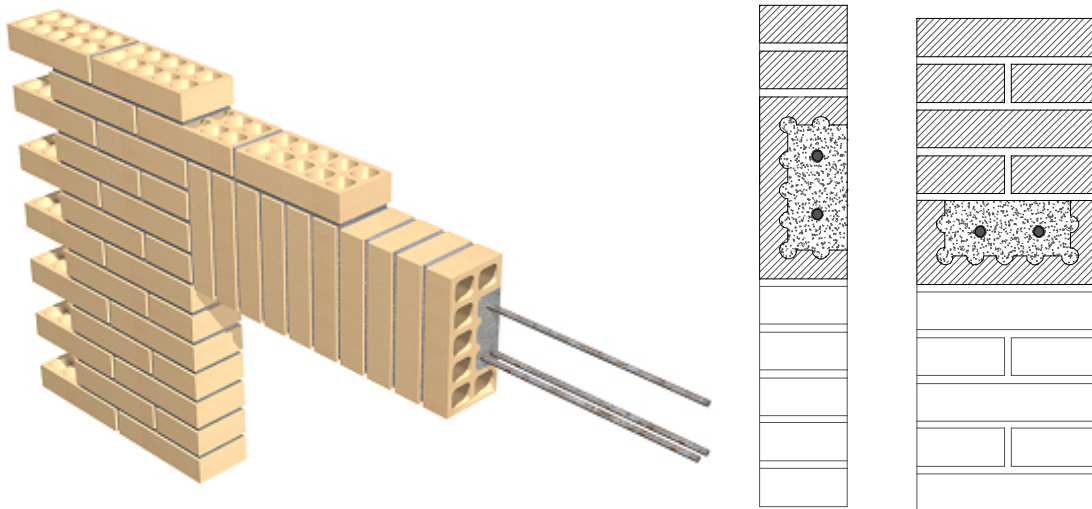


Piezas especiales en U para creación de dinteles cerámicos. Pueden estar configurados por una secuencia de piezas o una única de gran formato Fuente: <www.generadordeprecios.info> [Consulta: 5 de mayo de 2016].

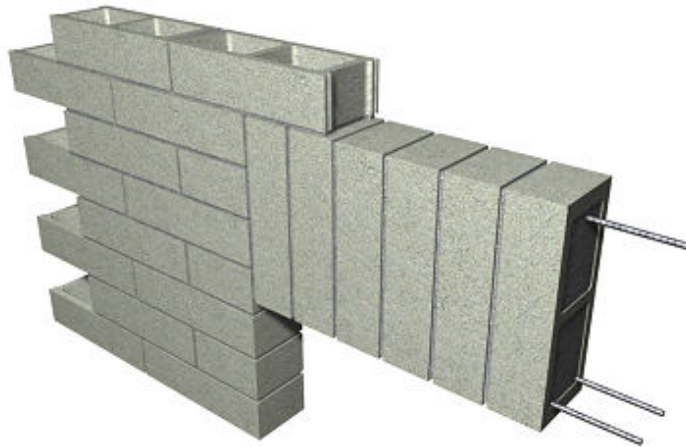


Dintel formado con piezas especiales en U de bloque de hormigón vibrado rellenas de hormigón armado. Fuente: <www.generadordeprecios.info> [Consulta: 5 de mayo de 2016].

Los segundos son utilizados para conseguir efectos estéticos con el **dibujo creado** con la colocación de los ladrillos (sardinel vertical u horizontal) o con la línea horizontal que marca el cambio de material, creando incluso cambios de plano.



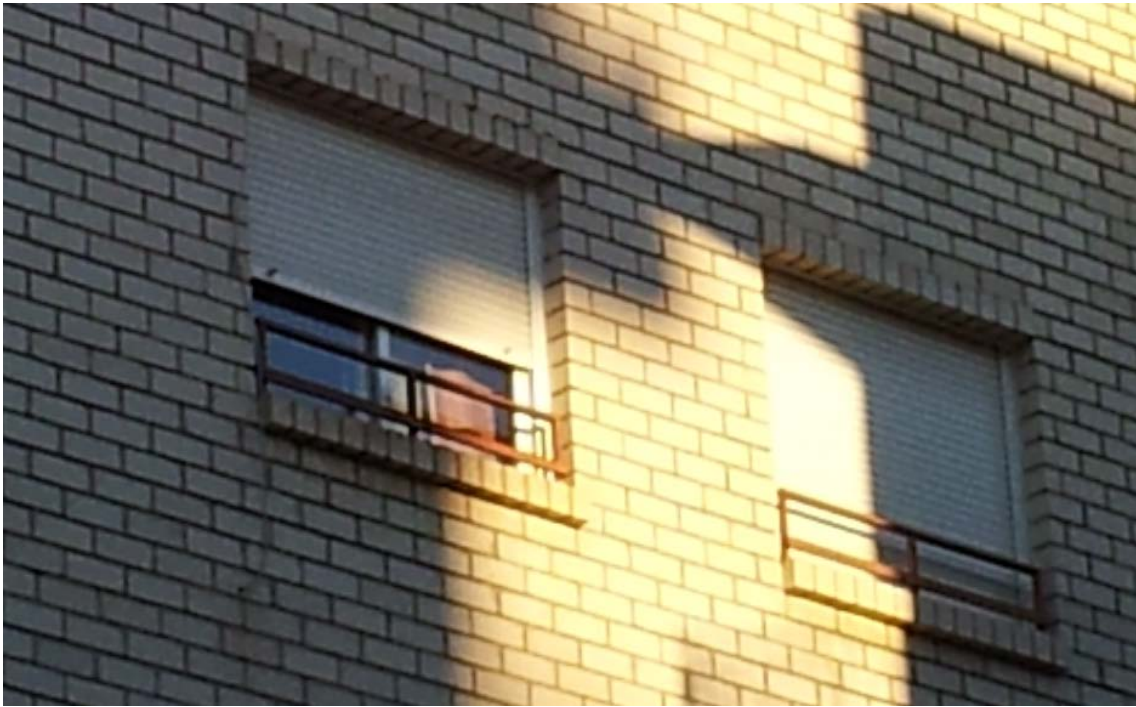
Dintel a sardinel, vertical y horizontal ejecutado in situ. E = 1/10. Fuente: <www.generadordeprecios.info> [Consulta: 5 de mayo de 2016].



Dintel a sardinel vertical con bloques de hormigón vibrado. Fuente: <www.generadordeprecios.info> [Consulta: 5 de mayo de 2016].

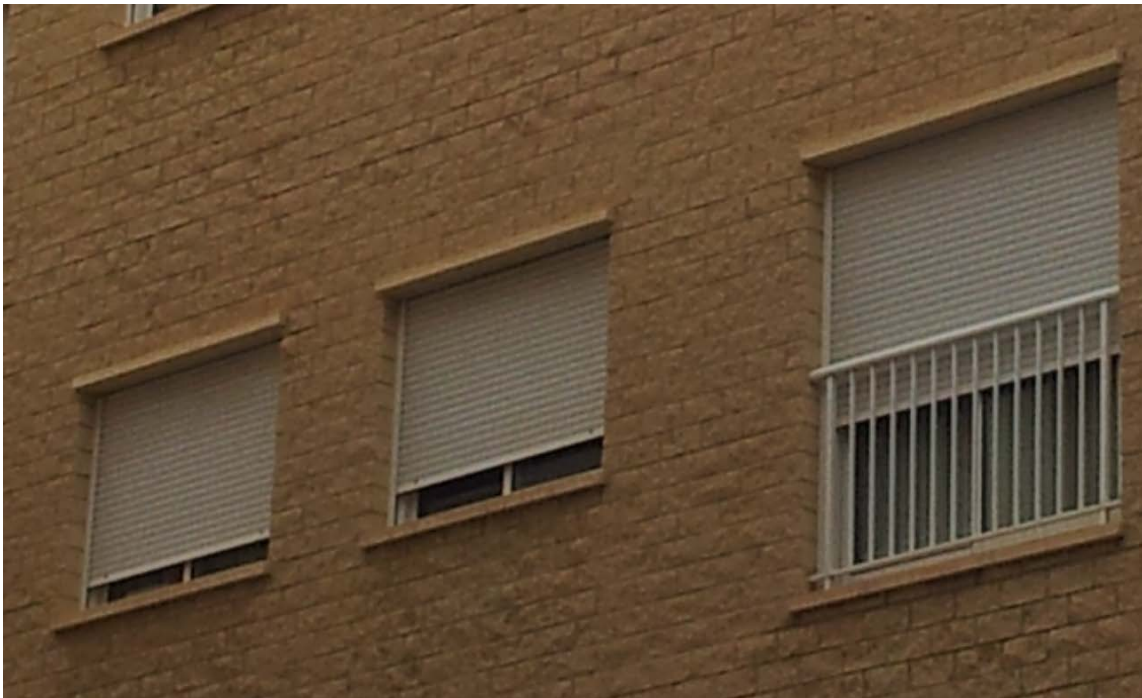


Fachada de ladrillo caravista con dinteles a sardinel vertical.

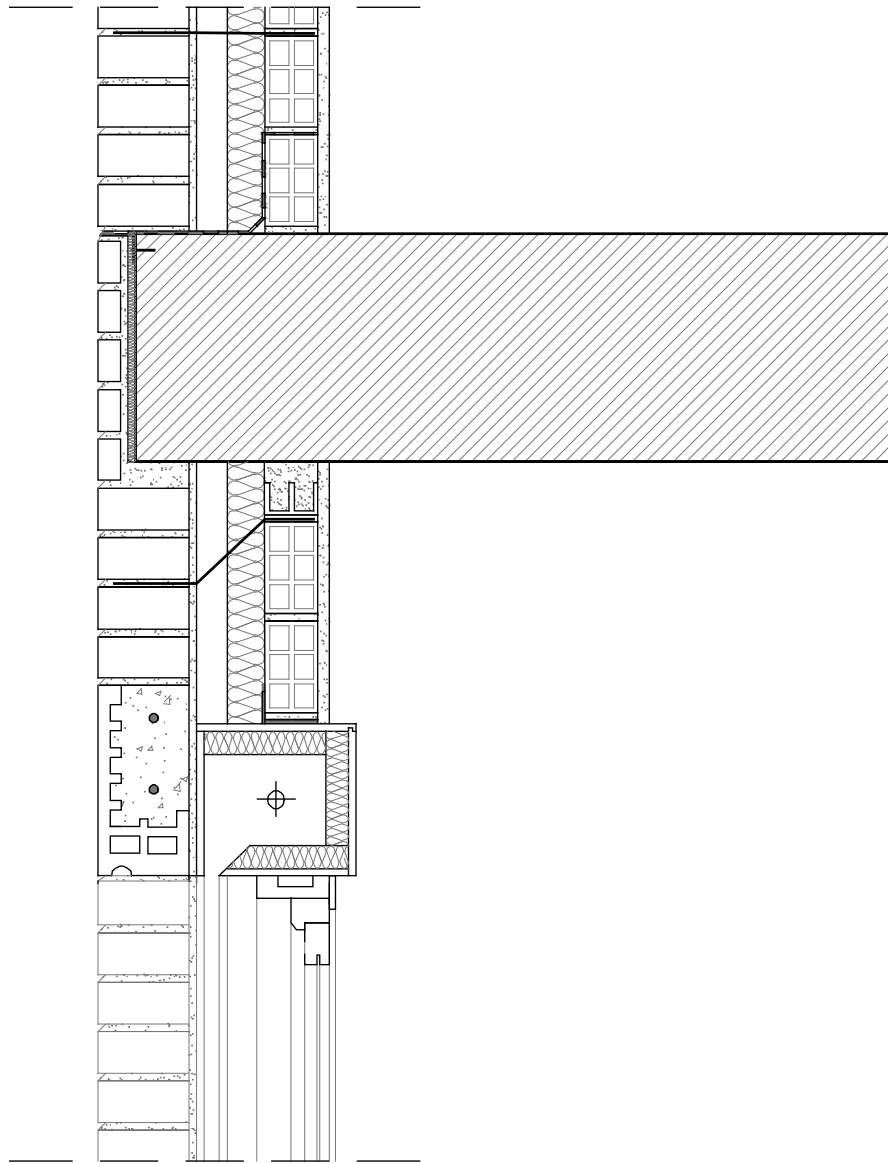


Fachada de ladrillo caravista con dinteles a sardinel horizontal.

Los dinteles creados con **piezas prefabricadas de hormigón** también suelen tener cierta relevancia en el esquema compositivo de fachada.



Fachada de ladrillo caravista con dinteles de hormigón prefabricado.



Dintel exterior con sardineles y angular metálico sujetando la hoja interior. E = 1/10.

En el caso de las **fábricas revestidas**, es más habitual recurrir a **cargaderos de hormigón**, ya sea **prefabricados** o **ejecutados in situ**.



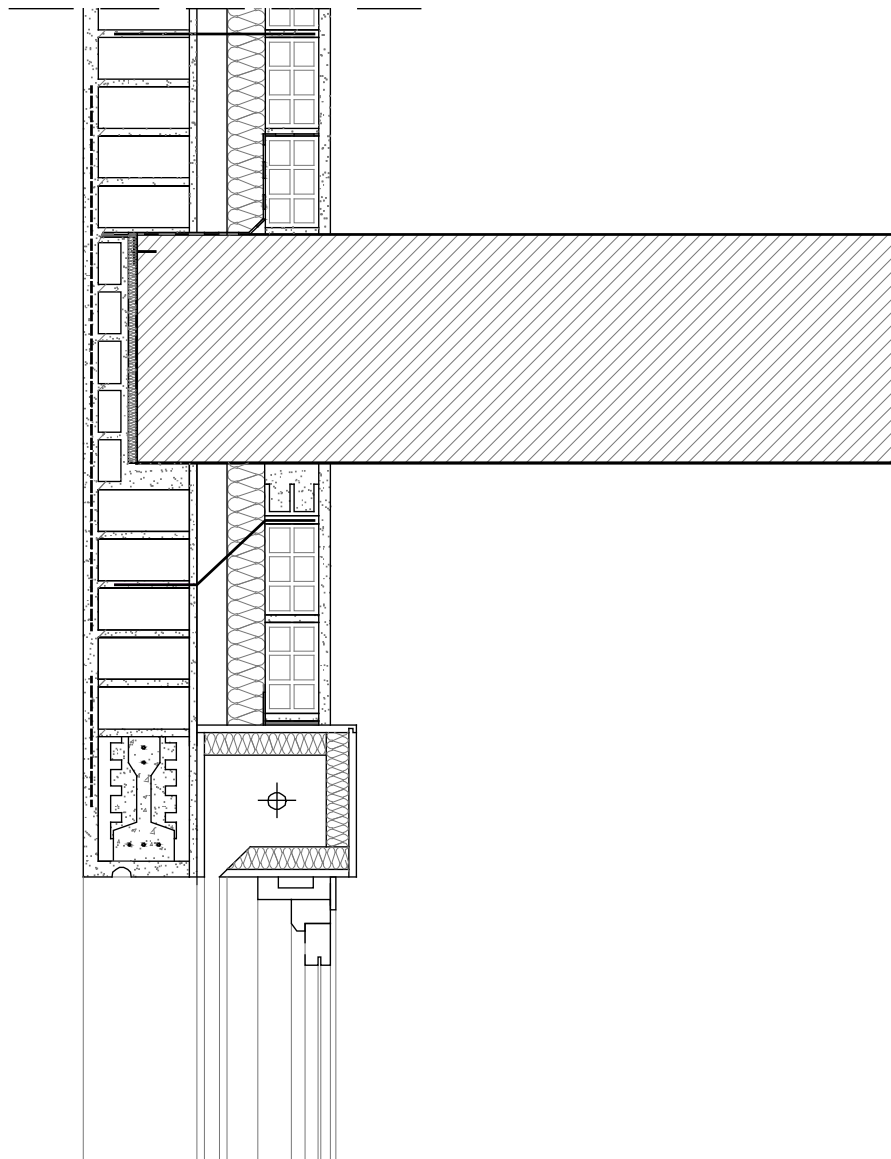
Fachada de ladrillo a revestir con viguetas ejerciendo de cargaderos.



Fachada de ladrillo a revestir con de cargadero de hormigón.



Dintel de hormigón armado ejecutados in situ o prefabricados. Fuente: <www.generadordeprecios.info> [Consulta: 5 de mayo de 2016].



Dintel exterior con vigueta pretensada y angular metálico sujetando la hoja interior. E = 1/10.

Cuando tenemos **fábricas revestidas con acabados continuos** de fachada (monocapas, enfoscados bruñidos, revocos, etc.), es conveniente reforzar las **esquinas con mallas de fibra de vidrio** embebidas en el mismo, aproximadamente a mitad de su espesor, **evitando** de ese modo la habitual aparición de **grietas a 45°** en el revestimiento.



Malla de fibra de vidrio para refuerzo del revestimiento continuo en esquinas de huecos para evitar fisuras.

5. INTEGRACIÓN DE INSTALACIONES

Además de atender a las indicaciones que el CTE DB HS determina para proteger la **fachada** de las humedades por filtración o capilaridad, procedentes tanto del terreno como el agua de lluvia y escorrentía (ver Tema 3), la parte de la fachada correspondiente a la planta baja debe enfrentarse a los **condicionantes** que vienen **impuestos por la presencia de numerosas instalaciones**.

Por un lado tenemos los **armarios** donde se resuelve la **acometida de las distintas instalaciones**, como el **abastecimiento de aguas**, donde se alberga la llave de corte y el contador general del edificio, junto a los pertinentes filtros y válvulas, que deber ser accesible desde la vía pública.



Armario de acometida de la red de abastecimiento de agua potable en construcción.



Armario de acometida de la red de abastecimiento de agua potable en servicio.

Por otro lado, tanto la **red eléctrica**, cuando su trazado es aéreo, como las numerosas **instalaciones de telecomunicaciones**, recorren las plantas bajas de las fachadas de los edificios. Si su inevitable presencia no es tenida en cuenta durante la construcción, se convierten en un elemento que **merma y distorsiona la composición estética de la fachada**.



Cableado no integrado en la fachada.

En una mayoría de ocasiones la solución pasa por disponer una **caja externa** que albergue las instalaciones, anclada mediante tornillería a la fachada, sobresaliendo de la misma.

En algunos casos el **color del acabado** es tenido en cuenta, intentando que la caja de instalaciones pase más desapercibida.

Esta solución, aunque mejora la anteriormente expuesta, no es suficiente, puesto que se trata de elementos que no dejan de ser ajenos a la estética y esquema compositivo del cerramiento, apareciendo como un **elemento distorsionante**.

Además, esta solución supone introducir un elemento saliente, en cuyo plano superior se **acumula el polvo y la suciedad**, que es arrastrada por la lluvia hacia la fachada, generando un lavado diferencial en la misma cuando no está protegido por el vuelo de las plantas superiores.

Es habitual además la **pérdida de las tapas de registro**, quedando el cableado a la vista.



Cableado integrado en caja de instalaciones blanca anclada a la fachada.



Cableado integrado en caja de instalaciones gris anclada a la fachada.



Caída de tapa de registro de caja de instalaciones anclada a la fachada.

La solución más conveniente de este problema es la **integración real de la caja de instalaciones en la propia fachada** durante su construcción, quedando empotrada. Para ello será necesario integrar un angular en U en la hoja exterior, de modo que posteriormente quede totalmente **coplanaria con** el acabado exterior de **la fachada**.



Integración de la caja de instalaciones en obra.

Posteriormente el angular puede pintarse **del mismo color del acabado de la fachada**, pasando totalmente desapercibido.

Para evitar el descuelgue o caída del cableado, se dispondrán **elementos de sujeción**, que pueden estar materializados por **pestañas** metálicas soldadas al angular, ya sean puntuales, separadas una determinada distancia, o continuas, o mediante la disposición de una **tapa de registro**.



Sujeción del cableado mediante pestañas equidistantes soldadas al angular.



Sujeción del cableado mediante pestaña continua soldada al angular.



Sujeción del cableado mediante tapa de registro.

Pero no sólo las instalaciones eléctricas y de telecomunicaciones aparecen en numerosas ocasiones en fachada, sino que muchas veces se ve afectada por la presencia de otras instalaciones, como el **saneamiento** o las **tuberías de gas canalizado**.

A veces, estas instalaciones **discurren vistas por las fachadas** sin ningún tipo de integración, ya sean cerramientos que dan a la vía pública o a patios interiores o de manzana.



Instalación de saneamiento vista en fachada a la vía pública.



Instalación de gas canalizado vista en fachada a patio de manzana.



Instalación de gas canalizado y de saneamiento en fachada a patio interior.

La disposición de estas **instalaciones vistas** es la más conveniente, puesto que permite un fácil mantenimiento, registro y reparación, además de ser obligatoria en el caso de gas canalizado para la correcta ventilación de los conductos, impidiendo así la acumulación de gas que pueda producir accidentes indeseados por explosiones.

No obstante, la **integración de las instalaciones en el diseño** del cerramiento es posible y deseable, **haciendo compatible funcionalidad y estética**.



Integración de las bajantes en la fachada de un edificio decimonónico de Madrid.

Por otro lado, otra parte de la envolvente afecta por la presencia de **instalaciones** son las **cubiertas**. Una mayoría de los **equipos** se disponen en las mismas. Por ello, su presencia debe ser tenida en cuenta durante su diseño y ejecución para **evitar** posibles **incompatibilidades** o posibles **daños** en elementos de la cubierta, principalmente de su **impermeabilización**, por pinchazos generados durante el anclaje y sujeción.

Si las cubiertas no son vistas desde niveles superiores del edificio o desde edificios colindantes, la estética no es un aspecto demasiado reseñable, aunque siempre es conveniente que estas instalaciones **se dispongan de forma ordenada y planificada**.



Tuberías de gas canalizado discurriendo por cubierta plana autoprottegida sobre caballetes.

6. OTROS SISTEMAS DE FACHADA PESADA

6.1. MOLDEADO DE VIDRIO

El moldeado de vidrio, denominado también **bloque de vidrio o pavés**, se trata de piezas de vidrio traslúcido, macizas o huecas, que se obtienen mediante el prensado de una masa fundida de vidrio en moldes especiales que les confieren su forma definitiva. Pueden ser utilizados para la construcción de **elementos pisables, cubiertas o cerramientos verticales**, tanto **interiores** como **exteriores**.



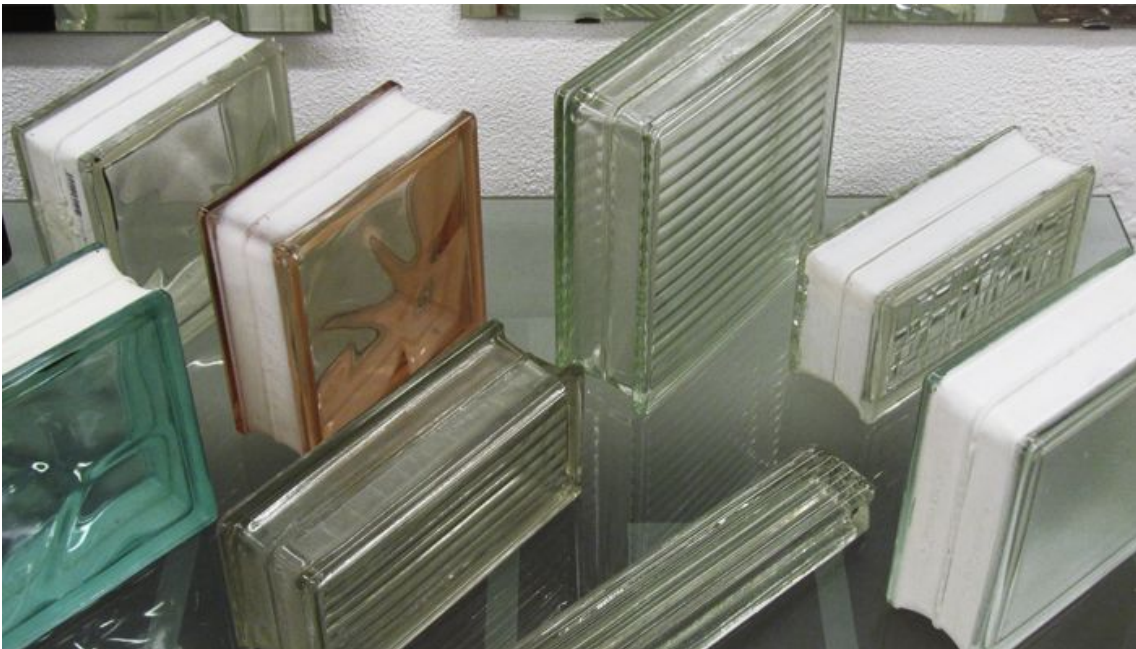
Cerramiento exterior de moldeado de vidrio. Fuente: <www.houzz.es> [Consulta: 21 de septiembre de 2020].

Podemos clasificarlos en **dos grupos**:

- **Moldeados dobles**: formados por dos elementos independientes que se sueldan entre sí durante el proceso de fabricación, configurando una pieza que dispone de una cámara de aire intermedia a baja presión. Dicha cámara le confiere altas prestaciones en cuanto a aislamiento térmico y acústico.

- **Moldeados sencillos**: están compuestos por una única pieza maciza, constituida en el molde, eliminando la fase de soldado en el proceso de fabricación. No suelen ser utilizados en cerramientos de fachada por no ser capaces de alcanzar las prestaciones exigidas por la normativa aplicable a la envolvente vertical del edificio.

Podemos encontrar una amplia gama de **formatos, colores y texturas** superficiales. El más común es el formato cuadrado, de 19 x 19 x 10 cm, pero se comercializa con otras dimensiones: 19 x 19 x 5 cm; 19 x 19 x 8 cm; 19 x 19 x 16 cm; 24 x 24 x 8 cm; 30 x 30 x 10 cm; 24 x 11,4 x 8 cm; 11,7 x 11,7 x 6 cm; etc. También hay **bloques circulares** y **piezas especiales** con las que crear **cerramientos curvos**.



Formatos, colores y texturas de los moldeados de vidrio. Fuente: <www.cristaluxglass.com> <www.archiexpo.es> <www.vitroland.com> [Consulta: 21 de septiembre de 2020].

Las **dimensiones** de los **paños de cerramiento** que pueden alcanzar los paños dependerán del tipo de moldeado utilizado y del elemento constructivo. La dimensión máxima recomendada en cada caso es:

- Con moldeados sencillos: 6 m² y 3 m de longitud.
- Con moldeados dobles: 20 m² y 5 m de longitud.

Los cerramientos con **moldeados dobles** tienen **mejores prestaciones** debido a la existencia de una **cámara de aire a baja presión**, creada mediante la soldadura de vidrio en caliente que se produce durante su fabricación, la cual mejora sus propiedades como aislante térmico, comparable a la de un doble acristalamiento.



Cerramiento exterior de moldeado de vidrio doble.

6.1.1. PROPIEDADES

Los cerramientos de moldeado de vidrio presentan una **transmitancia térmica** en torno a **4,8 – 5,2 W/m²·°K** para los cerramientos de **moldeados sencillos** y **3,5 W/m²·°K** para los de **moldeados dobles**, aceptables en uno u otro caso, en una mayor parte del territorio español (ver Tabla 2.1 CTE DB-HE).

Además, existen **bloques de vidrio reflectantes** más eficientes, gracias a su **alta reflectividad** de su superficie, que permite eliminar parte del flujo térmico procedente de la radiación solar.

Los índices de **atenuación acústica** de los cerramientos de moldeado de vidrio están en torno a **30 dBA** para los cerramientos de **moldeado sencillo** y hasta **40 dBA** para los de **moldeado doble**.

Como normal general, en función de la Ley de masas, un cerramiento de moldeado de vidrio de 8 cm de espesor, con un peso de 1 KN/m², garantiza un aislamiento acústico de unos 40 dB.

Los cerramientos de **moldeados dobles** pueden llegar a alcanzar una estabilidad al fuego de 60 min (**EI 60**).

Por otro lado, el vidrio es un material **impermeable**, por lo que el sistema podrá garantizar la impermeabilidad con la ejecución de las juntas con un mortero hidrófugo, que impida que el agua filtre hacia el interior.

Además, existen **bloques de vidrio reciclado**, que hacen más sostenibles estas soluciones de cerramiento.

Así mismo, podemos encontrar en el mercado los denominados bloques de vidrio tecnológicos, con propiedades especiales, como los antibalas, antivandalismo, aislantes, resistentes al fuego, entre otros, destacando los de **vidrio fotovoltaico**, con los que se consiguen fachadas eficientes, que absorben la energía solar durante el día, iluminando el paramento durante la noche con la integración de luces LED.



Bloques de vidrio fotovoltaico. Fuente: <www.vitroland.com> <www.condominiosverdes.com.br> [Consulta: 21 de septiembre de 2020].

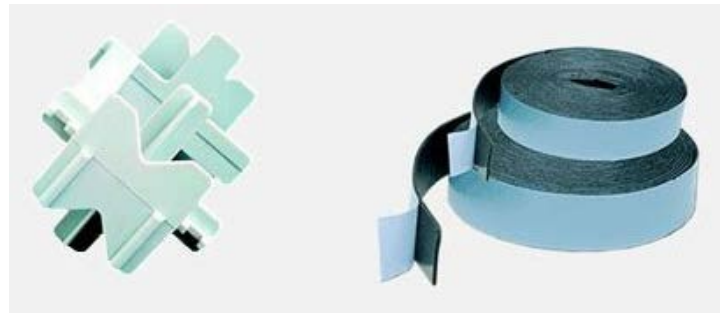
6.1.2. PUESTA EN OBRA

El **cerramiento** de moldeado de vidrio será **independiente de los restantes elementos de la obra**, disponiendo una **junta perimetral** que lo desolidarice de los mismos.

La **primera hilada** se colocará sobre una **lámina asfáltica o de neopreno** de ancho 2 cm menos que el del bloque, que sirve para independizar el cerramiento en su encuentro inferior con la base soporte.

Las distintas piezas se colocan tomadas con **adhesivo cementoso**, cola especial para bloques de vidrio, habitualmente de color **blanco**, con la ayuda de **separadores** de

plástico, crucetas, dispuestos entre los bloques, para garantizar el **espesor de junta** constante, habitualmente de **1 cm** de espesor, aunque también hay sistemas que realizan juntas de 3 - 5 mm.



Accesorios. Fuente: <www.mundopaves.es> [Consulta: 21 de septiembre de 2020].

Las **juntas** son **continuas**, **e \geq 1 cm**, tanto las horizontales como las verticales, **reforzadas con armaduras** de acero corrugadas de **5-6 mm de diámetro** embebidas en el mortero, las cuales se van colocando a la vez que se dispone el mortero de agarre, **mortero de cemento** de dosificación 1:3 (1 medida de cemento tipo I o II, categoría 35, 3 de arena de río lavada):

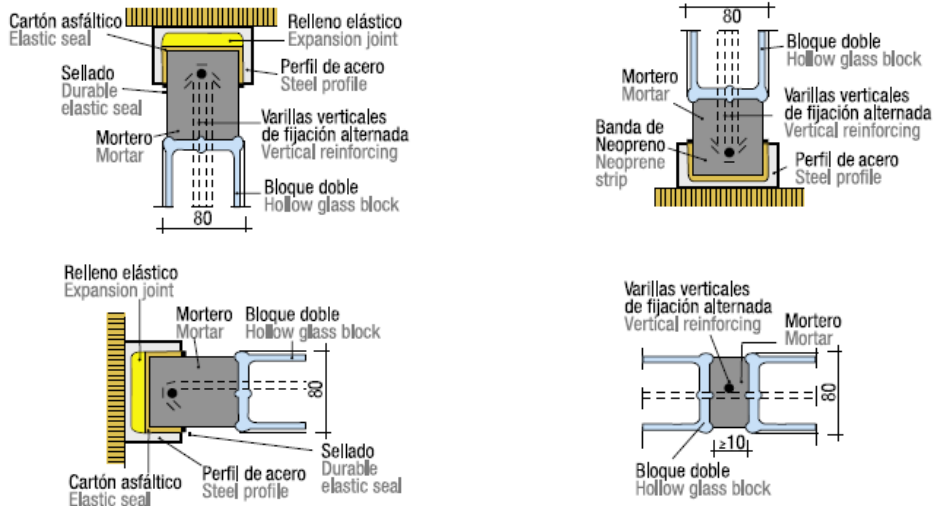
- **Cerramientos de hasta 4 m de longitud:** 2 \varnothing 5 mm en las juntas horizontales y 1 \varnothing 5 mm en las verticales, colocadas al tresbolillo.
- **Cerramientos entre 4 y 5 m de longitud:** 2 \varnothing 5 mm en las juntas horizontales y 1 \varnothing 6 mm en las verticales, colocadas al tresbolillo.

Los **empalmes** entre las armaduras serán de mínimo **15 cm**.

Las **armaduras** no entrarán en contacto con el vidrio, debiendo estar convenientemente **recubiertas por el mortero de cemento**.

En el **encuentro con los elementos estructurales** se dispondrán las **juntas** necesarias para **evitar que** el cerramiento **entre en carga** debido a la deformación de las vigas o del forjado superior. El primer y último bloque de cada hilada debe respetar una **junta vertical** con la estructura, de **3,5 cm** de espesor. Así mismo, se respetará esta misma junta en el **encuentro con el forjado** en la parte superior del tabique, donde se tendrán en cuenta las posibles flexiones de las vigas y viguetas.

No se superarán las **dimensiones máximas** recomendadas. Si los huecos a cerrar son superiores a las mismas, **se dividirán en tantas partes como sea necesario**, disponiendo entre las mismas las correspondientes **juntas de dilatación y estanquidad**.



Juntas de un tabique de moldeado de vidrio doble. Fuente: <www.grupocecilio.com> [Consulta: 9 de septiembre de 2019].

Existen piezas especiales para incorporar **ventanas practicables**.



Piezas especiales para ventanas practicables. Fuente: <www.mundopaves.es> [Consulta: 21 de septiembre de 2020].

6.2. PANELES DE HORMIGÓN PREFABRICADO

Se trata de un sistema de fachada de uso muy extendido como solución para **naves industriales**, pero que en la actualidad **está ganando protagonismo** para resolver el cerramiento de **cualquier tipología** de edificio, de uso residencial, administrativo, etc.



Acabados. Fuente: <www.tectonica.archi> [Consulta: 21 de septiembre de 2020].

Entre sus **ventajas** más destacadas se encuentra la gran calidad obtenida gracias a la prefabricación, la rapidez de montaje en obra, que se trata de una construcción en seco, su gran versatilidad y variedad de acabados, la eficiencia energética de algunos tipos de paneles, la inercia térmica aportada por el material, etc.

Entre las **desventajas** podríamos destacar principalmente el coste y la mano de obra especializada necesaria, que pueden verse paliados por la rapidez de ejecución, etc.

La gran variedad de tipos de paneles que existe en el mercado nos permitiría **clasificarlos** atendiendo a criterios diversos:

- Según su **composición**: armados, pretensados, armados con fibra de vidrio (GRC), etc.
- Según su **sección**: homogéneos, alveolados o aligerados, multicapa (sándwich), etc.
- Según su **forma**: planos, curvos, etc.
- Según su **disposición en obra**: horizontales o verticales.
- Según su **comportamiento**: portantes (pueden tener función estructural) o autoportantes (función de cerramiento).

- Según su **acabado**: paneles de hormigón arquitectónico (conocidos así a aquellos paneles que aportan un componente estético a la fachada) o sin aporte arquitectónico (aquellos que tienen sólo funciones técnicas).

Los utilizados en edificación son paneles con altas **prestaciones técnicas** y con una gran calidad en su **acabado** superficial, pudiendo encontrar en el mercado una **amplia gama de texturas y colores**: hormigón liso, árido visto, abujardado o texturizado (con gran variedad de patrones posibles). Incluso pueden ser serigrafiados en bajorrelieve, incluyendo textos, etc.



Acabados superficiales. Fuente: <www.tecnyconta.es> [Consulta: 21 de septiembre de 2020].

La **puesta en obra** puede variar principalmente en función de la disposición del panel. Lo más habitual es su colocación en horizontal, pero también pueden disonarse en vertical, en función del diseño compositivo de la fachada:

- **Paneles horizontales**: cuando el panel se dispone con su máxima dimensión en sentido horizontal. En este caso se colocan apoyando sobre riostras de cimentación, en el caso de la planta baja, sobre el forjado, sobre otro panel o sobre ménsulas de cuelgue, en caso de estar colgados.

Pueden ir atornillados, cuando van por fuera de la estructura, o galceados, cuando los paneles van entre pilares entre una canal.



Colocación de paneles horizontales. Fuente: <www.tecnyconta.es> [Consulta: 21 de septiembre de 2020].

- **Paneles verticales:** cuando el panel se dispone con su máxima dimensión en sentido vertical. Suelen disponerse apoyados, pero en ocasiones especiales también pueden colgarse.



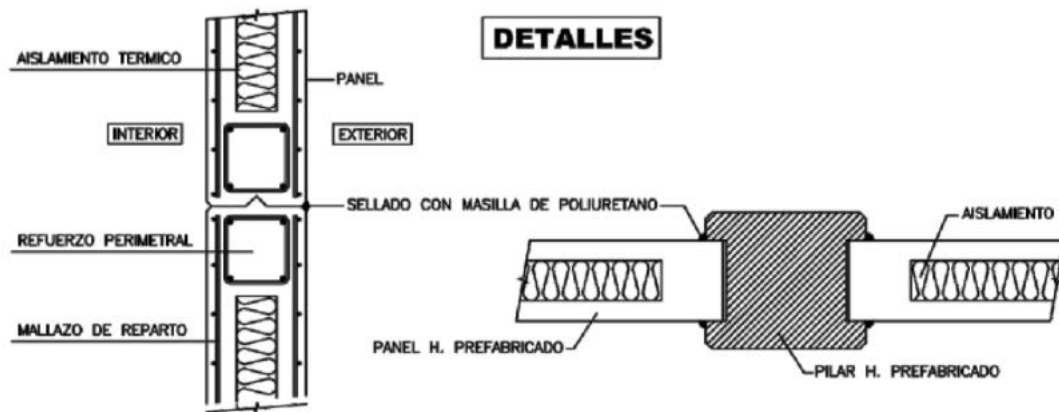
Colocación de paneles verticales. Fuente: <www.tecnyconta.es> [Consulta: 21 de septiembre de 2020].

Las **dimensiones** más habituales de los paneles son un ancho de **2,5 m**, pudiendo llegar a los 3 m. Los **espesores** más comunes son 12, 14, 16, 20, 25 y hasta 30 cm.

Las **esquinas** suelen resolverse con piezas especiales de remate a 90º, llamadas **cantoneras**.

Los **materiales** empleados en la fabricación son **acero B 500 S** y **hormigón HA-30**. Así mismo, pueden encontrarse paneles con otras resistencias.

Son muy utilizados los **paneles sándwich** en edificación, puesto que aportan mejores prestaciones en cuanto a aislamiento térmico y acústico, incluyendo **planchas de poliestireno** de diferentes espesores según las exigencias, en el alma del panel, conectadas a las **dos capas de hormigón** que configuran las caras exteriores, **unidas con conectores metálicos**.



Detalles constructivos con panel sandwich. Fuente: <www.prefagain.com> [Consulta: 21 de septiembre de 2020].



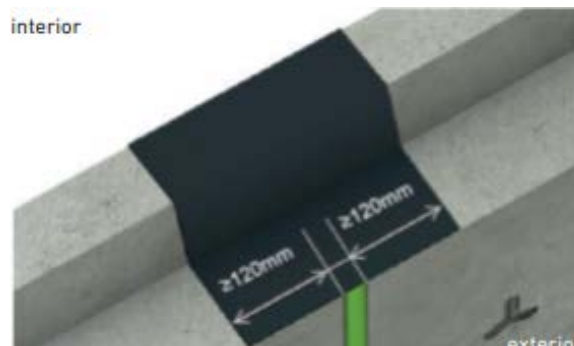
Detalles constructivos con panel sandwich. Fuente: <www.andece.org> [Consulta: 21 de septiembre de 2020].

El **ancho mínimo** de las juntas **verticales** debe ser de **15 mm** y las **horizontales** de **10 mm**. Las propiedades del cerramiento en cuanto a **aislamiento y estanqueidad** se refieren, vienen además determinadas por el **tratamiento de las juntas** entre paneles realizado en obra.

En las **juntas verticales y horizontales** se dispondrá en la parte **exterior** un **sellado con fondo de junta, una cinta de espuma impregnada o perfil embebido**, para garantizar la **estanqueidad al agua**. En el **interior** se dispondrá un dispositivo que garantice la **estanqueidad al aire**, conformado por una **membrana de estanqueidad, una lámina impermeable, o una cinta de espuma impregnada**.



En el **encuentro entre juntas** horizontales y verticales se dispondrá de un dispositivo de **evacuación del agua infiltrada** hacia el exterior, conformado por una **banda de betún** reforzado que se extenderá al menos **12 cm a ambos lados** de la junta.



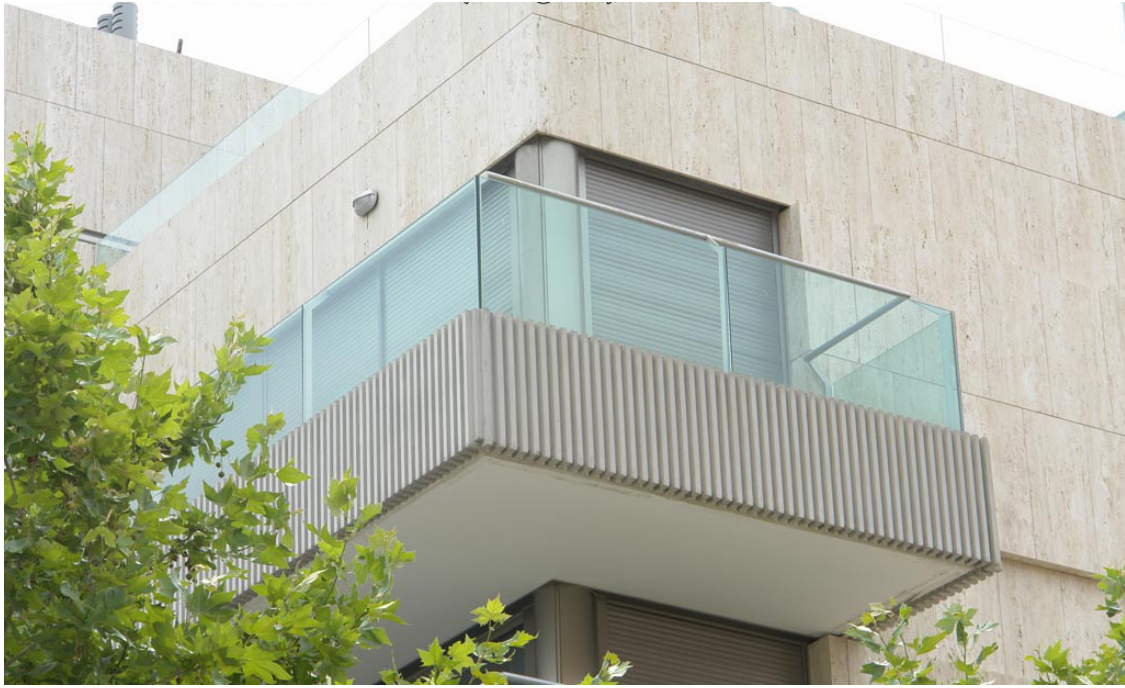
Tratamiento de juntas entre paneles. Fuente: <www.illbruck.com> [Consulta: 21 de septiembre de 2020].

Estos paneles tienen un buen **comportamiento frente al fuego**, alcanzando valores **de EI-120 a EI-240** con los espesores habitualmente utilizados.

Los **paneles de GRC** (Glass Fibre Reinforced Cement) están conformados por cemento Portland que incluye en su composición **fibra de vidrio** dispersa en toda la masa, por lo que **mejora su comportamiento** frente a los agentes atmosféricos y elimina los efectos de la posible corrosión de las armaduras.

Otras de las **ventajas** es su alta resistencia a flexión, tracción e impacto, además de la calidad de su acabado.

Esto hace que esta tipología de paneles sea una de las más utilizadas hoy en día para la realización de fachadas prefabricadas de hormigón.



Fachada de paneles de GRC. Fuente: <www.tecnyconta.es> [Consulta: 21 de septiembre de 2020].

TEMA 6 – LA ENVOLVENTE ESTANCA LIGERA

1. FACHADAS VENTILADAS

1.1. CONCEPTOS PREVIOS

La directiva europea **2010/31/UE** determina que a partir del 31 de diciembre de 2018 todos los **edificios públicos** nuevos serán **EECN** (edificios de consumo casi nulo).

Por otro lado, desde la entrada en vigor del **CTE** en **marzo de 2006**, el **DB HE Ahorro de energía**, endureció las exigencias respecto a anteriores normativas en cuanto a la **eficiencia energética de la envolvente** del edificio en general, y de las fachadas en particular.

Así mismo, las distintas **actualizaciones del CTE** han ido reduciendo los valores permitidos de **transmitancia térmica (U)**, llegando a la **mitad del valor exigido inicial** en la última revisión de **2019**. Ello supone un espesor del aislamiento térmico a disponer en las fachadas que puede variar entre 4 y 14 cm en función de la zona climática en que nos encontremos.

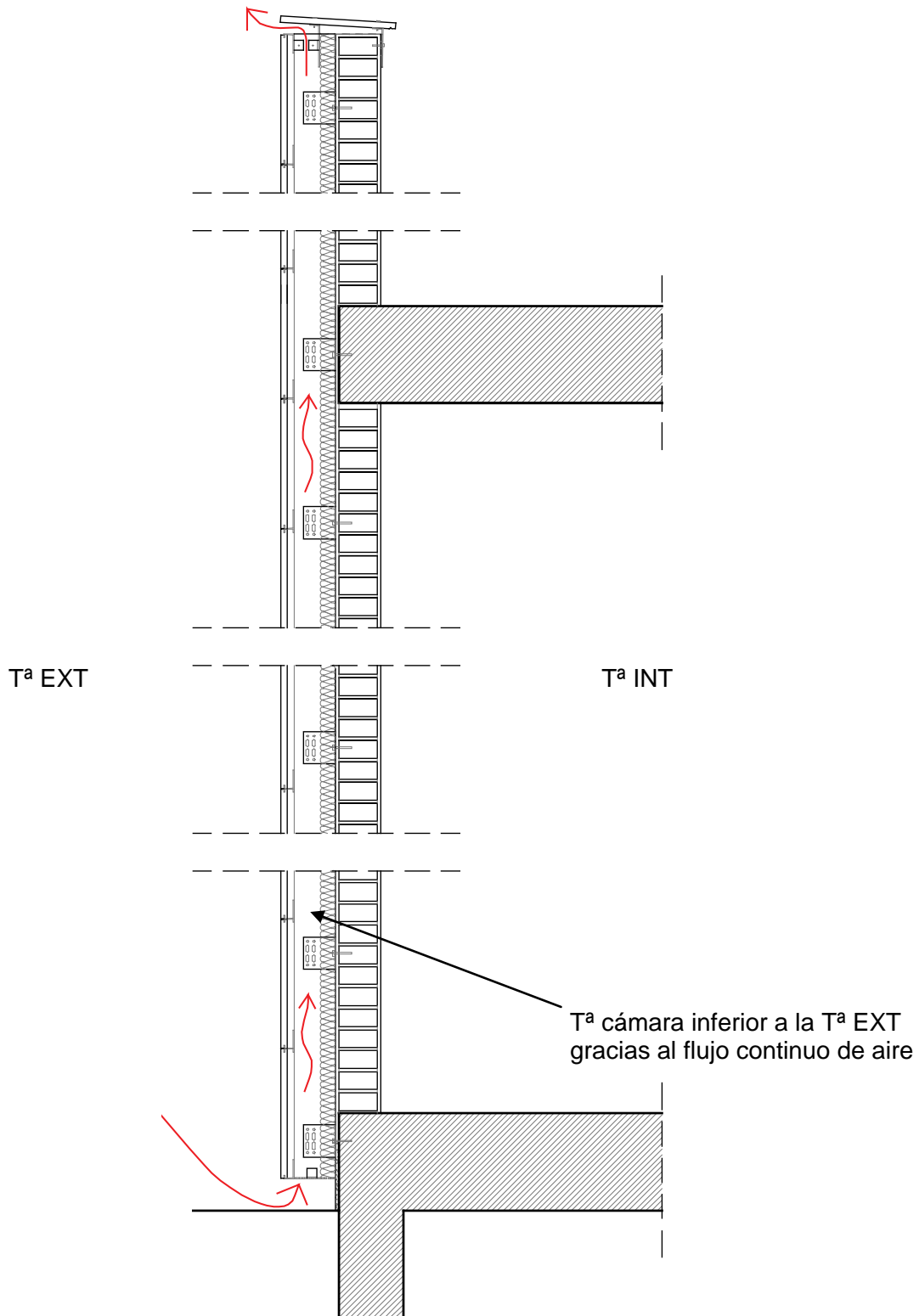
Todo ello, hace que los **sistemas ligeros de fachada**, que garantizan una **continuidad en el aislamiento térmico, eliminando los puentes térmicos** inevitables de las fachadas de sistemas pesados tradicionales, hayan experimentado un considerable **auge** en las últimas décadas.

1.2. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

Se trata de un sistema de gran aceptación gracias a sus **altas prestaciones**, principalmente a su eficiente **aislamiento** tanto **térmico** como **acústico**, siendo el único sistema que **elimina** los habituales **puentes térmicos** de las fachadas pesadas tradicionales, junto a los sistemas **SATE**.

Se caracteriza por la disposición de la **hoja interior enrasada** con el frente del forjado, disponiendo un **aislamiento térmico totalmente continuo**, sin interrupción alguna, pasando por delante de la estructura y de la hoja interior de la fachada. La **hoja exterior** queda totalmente **volada, anclada** a la estructura del edificio o a una **estructura portante auxiliar**, separada de la misma, de modo que permita la creación de una **cámara de aire ventilada entre la hoja exterior y el aislamiento**, que otorga el nombre al sistema y determina su buen funcionamiento higrotérmico.

En los sistemas de fachada ventilada el **comportamiento higrotérmico** es **óptimo** tanto en verano como en invierno. En **época estival** el sol incide en la hoja exterior, elevando tanto su temperatura como la del aire de la cámara. El **aire caliente asciende**, creando una circulación constante que introduce aire fresco en el interior de la cámara, **efecto chimenea**, manteniendo una temperatura adecuada en la hoja interior del sistema, protegida además por el aislante, garantizando el control térmico de la temperatura interior.



Funcionamiento de la fachada ventilada en verano.

En la **estación fría** el sol no llega a calentar la superficie de la **hoja exterior**, pero, aún así, ésta **protege la cámara**, que se mantiene a una temperatura superior a la exterior, lo cual **colabora en evitar el enfriamiento de la hoja interior**, protegida además con la capa de aislamiento continuo, favoreciendo la **inercia térmica** de la **hoja pesada portante**, garantizando así el mantenimiento del calor interior.

Para garantizar el **correcto funcionamiento** del sistema es fundamental que se garantice la **circulación del aire** dentro de la cámara. Para ello la **cámara** debe:

- Estar **correctamente dimensionada**, su espesor debe ser como mínimo igual o **superior a 2,5 veces el espesor de la placa** de acabado, en ningún caso inferior a **3 cm** ni superior a **10 cm** (DB HS1 del CTE), siendo el espesor recomendado de **5 cm**.
- Estar **abierta en su parte inferior y superior**, disponiendo los correspondientes elementos de protección para evitar obstrucciones por entrada de animales, etc.

La **circulación de aire** ayuda a mantener el **aislamiento seco**, aumentando su eficiencia. Permite ahorrar de un 20-40% del consumo eléctrico, dependiendo principalmente del espesor de la capa de aislamiento y del clima.

Del mismo modo, la continuidad del aislante proporciona una notable mejora del **aislamiento acústico** a ruido aéreo procedente del exterior en comparación con otros sistemas, principalmente en frecuencias medio-altas.

Además de éstas, **otras ventajas** destacables son:

- La mejora del aislamiento de la fachada **evita** la aparición de **humedades por condensación** del **vapor de agua** procedente del **interior**, tanto las intersticiales como las producidas en la cara interna de la hoja interior de la fachada.
- Permite aprovechar al máximo la **inercia térmica** de la **hoja portante** interior, se disminuye la disipación del calor interior durante la estación fría.
- **Protege de la radiación solar directa**, lo cual permite garantizar una absorción del calor exterior inferior durante la época estival.
- **Minimizan el número de operaciones constructivas** a ejecutar en obra, por lo que son sistemas de montaje **rápido**, de **fácil** instalación, tanto montaje como desmontaje (reutilizable) gracias a tratarse de un sistema con fijación mecánica. Además, permite corregir posibles defectos en la planeidad de la hoja soporte, garantizando la gran **calidad** en la ejecución y del resultado final.
- **Construcción** más industrializada, **en seco**, que no introduce excesiva humedad en la obra.
- **Aumento de la superficie útil**, puesto que el sistema ocupa menos espacio en planta, ya que sólo la hoja interior apoya en el forjado, quedando todo el resto de capas en la parte exterior, incluyendo el aislamiento.
- Tiene una gran versatilidad, ofreciendo una infinidad de **posibilidades estéticas**, existiendo en el mercado una gran variedad de acabados, una amplia gama de materiales, texturas y colores.
- El sistema es **registrable**, la cámara de aire a veces es utilizada para el paso de instalaciones (bajantes, conducciones de gas canalizado...), las cuales son registrables gracias a la posibilidad de desmontaje de las piezas de acabado del sistema.
- Aumenta la **durabilidad**, **reduce las lesiones**, puesto que las juntas entre piezas reducen la aparición de algunas lesiones habituales en fachadas ventiladas debido a

las fuertes dilataciones. Mejora de la estabilidad del cerramiento y minimiza la aparición de grietas y fisuras, aumentando su vida útil.

- Minimiza los gastos de **mantenimiento y reparación**, por la posibilidad de sustituir las piezas dañadas o con lesiones de forma individualizada, sin afectar al resto de la fachada.

Como cualquier otro sistema, también cuenta con una serie de **desventajas o inconvenientes**:

- Las fachadas ventiladas tienen un **coste elevado**.

- Es necesario realizar un riguroso **control de ejecución** y realizar los ensayos pertinentes del sistema para garantizar su estabilidad, por el riesgo que conllevan los **posibles desprendimientos** de placas.

- Principalmente en climas extremos se puede producir un **envejecimiento prematuro** del material de acabado.

- La presencia de la cámara conlleva la fragilidad de las piezas, pudiendo sufrir **daños por impactos**, principalmente en los zócalos en planta baja. En ocasiones éstas deberán ser reforzadas con diferentes mecanismos, en función del material de la placa y de su espesor. Entre las posibles soluciones, podemos disponer en su trasdós una malla de fibra de vidrio que aumente su resistencia.

Aplacado de fachada ventilada reforzado en su trasdós con malla de fibra de vidrio.



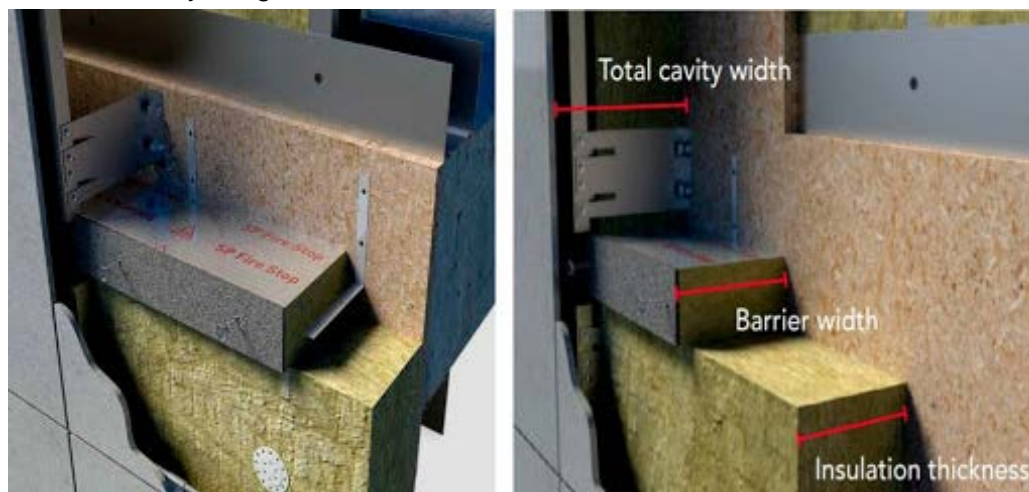
- Una de las principales desventajas de las fachadas ventiladas, es que existe la posibilidad de que, **en caso de incendio**, éste se propague de una planta a otra debido a la continuidad de la cámara. Por ello deberán disponerse los pertinentes **elementos cortafuegos**, barreras que obstaculicen el paso de la llama sin impedir el correcto funcionamiento de la cámara de aire continua, clasificados como **E 30** (ver Tema 1). Estas barreras, con carácter general, se dispondrán **cada 3 plantas o cada 10 m** como máximo, para edificios de altura superior a los 18 m.

Podemos distinguir dos tipos de sistemas para sectorizar la cámara de aire de las fachadas ventiladas para cumplir la normativa:

- **Barreras no intumescentes**: aquellas que suponen una interrupción física y permanente de la cámara. Pueden mermar las propiedades higrotérmicas, puesto que obstaculizan así mismo la correcta circulación del aire por el interior de la cámara.

- **Barreras intumescentes**: a los tradicionales elementos utilizados como barrera, se suman hoy en día productos que garantizan el correcto funcionamiento de la cámara, disponiendo elementos de protección que sólo actúan en caso de incendio. Se trata de láminas adheridas a una pieza de material aislante de alta densidad (lana de roca), que al elevarse la temperatura (alrededor de 150°), se expanden, multiplicando su volumen,

obturando la cámara de aire ventilada, impidiendo de ese modo la propagación de las llamas y los gases nocivos.



Disposición de banda intumescente para fachada ventilada en frente de forjado. Fuente: <<http://www.aelaf.es/fachadas-y-fuego-hacia-una-reaccion-adecuada/>> [Consulta: 21 de septiembre de 2020].

1.3. CLASIFICACIÓN

Hoy en día podemos encontrar en el mercado **numerosos tipos** de fachadas ventiladas, que responden a las distintas necesidades y demandas. Con carácter general, podemos **clasificar las fachadas ventiladas** atendiendo a **diferentes criterios**:

- **Según el tipo de anclaje al soporte:** anclaje puntual (mecánico o químico) o anclaje mediante estructura auxiliar (compuesta sólo por montantes o por montantes y travesaños).
- **Según el tipo de unión a la subestructura:** fijación oculta o fijación vista.
- **Según el material de acabado:** pétreos, paneles de hormigón polímero, de GRC, cerámicos (gres o gres porcelánico), de madera, de celulosa prensada, de resinas reforzadas, laminados de alta presión, planchas metálicas, de plástico, placas de cemento hidrófugo, paneles de composite, prearmados, etc.

1.4. COMPONENTES DEL SISTEMA

Una **fachada ventilada o transventilada** es aquella compuesta por una hoja portante, apoyada en la estructura del edificio, un aislamiento térmico dispuesto en la parte exterior, que cubre de forma continua toda la superficie, una cámara de aire ventilada y una hoja exterior de acabado, anclada mediante fijaciones mecánicas de diversa índole, adecuadas en cada caso al material de acabado, a la estructura del edificio y a la hoja interior portante.

1.4.1. HOJA INTERIOR PORTANTE O SOPORTE

El **soporte** de la fachada ventilada lo componen tanto los **elementos estructurales** a los que se fija mecánicamente la fachada (frentes de forjados o pilares) como la **hoja interior** del sistema.

La **hoja interior** tiene que tener la **resistencia, estabilidad y espesor** suficientes para poder soportarse a sí misma y al resto de elementos que serán fijados a ella.

No sólo será el **soporte del acabado exterior**, sino **también del acabado interior**, además de integrar las **instalaciones empotradas** que sea pertinente disponer.

La hoja interior se dispondrá **totalmente apoyada en el forjado**, garantizando su **estabilidad**.

Puede estar constituida por **distintos tipos de materiales**: fábrica cerámica (ladrillo macizo, perforado o termoarcilla), fábrica de bloque de hormigón vibrado (no aceptable el bloque hueco), paneles prefabricados de hormigón, etc.

Cuando se trate de **fábricas porosas**, la hoja portante debe disponer en su **cara exterior** un **revestimiento de mortero de cemento hidrófugo de 1 cm** de espesor, que impermeabilizará la hoja, evitando la absorción de agua en caso de filtración. Este enfoscado cubrirá tanto la hoja interior como los frentes de forjado y pilares, por lo que es necesario disponer una **mallla de fibra de vidrio en los encuentros entre los distintos materiales** para evitar la aparición de fisuras que mermen su función, cosiendo dicho encuentro prolongándose **15 cm a cada lado** del mismo.

Así mismo, debe quedar **revestida en su cara interior** por un **enlucido, etc.**

1.4.2. AISLAMIENTO

La **principal característica** del aislamiento termo-acústico dispuesto en este tipo de fachadas es su **continuidad**, cubriendo la totalidad de la superficie. Tan sólo se verá **atravesado por los anclajes metálicos puntuales** que sustentan directamente el material de acabado o la subestructura portante que soporta a su vez al aplacado exterior.

Se pueden utilizar **distintos tipos de aislamientos**, los cuales deben cumplir las siguientes **características**:

- Ser **impermeables**: este sistema de fachada dispone un aplacado exterior con junta abierta, por lo que el agua de lluvia penetra en la cámara mojando el aislamiento. Debe ser capaz de impermeabilizar el sistema y no mermar sus prestaciones aislantes al entrar en contacto con el agua. Se trata por tanto de aislamientos hidrófugos.

- No ser **higroscópicos**: su estabilidad dimensional no debe verse afectada al entrar en contacto con el agua.

- Ser **compatibles químicamente con** los materiales con los que estará en contacto, principalmente **el mortero de cemento hidrófugo** que reviste la hoja portante **y los anclajes metálicos** que lo atraviesan (acero inoxidable o galvanizado o aluminio).

- Ser **inalterables** en el tiempo, **imputrescibles**, garantizando una adecuada **durabilidad**.

- **No** deben ser **inflamables**: clase A1, B y C según CTE.

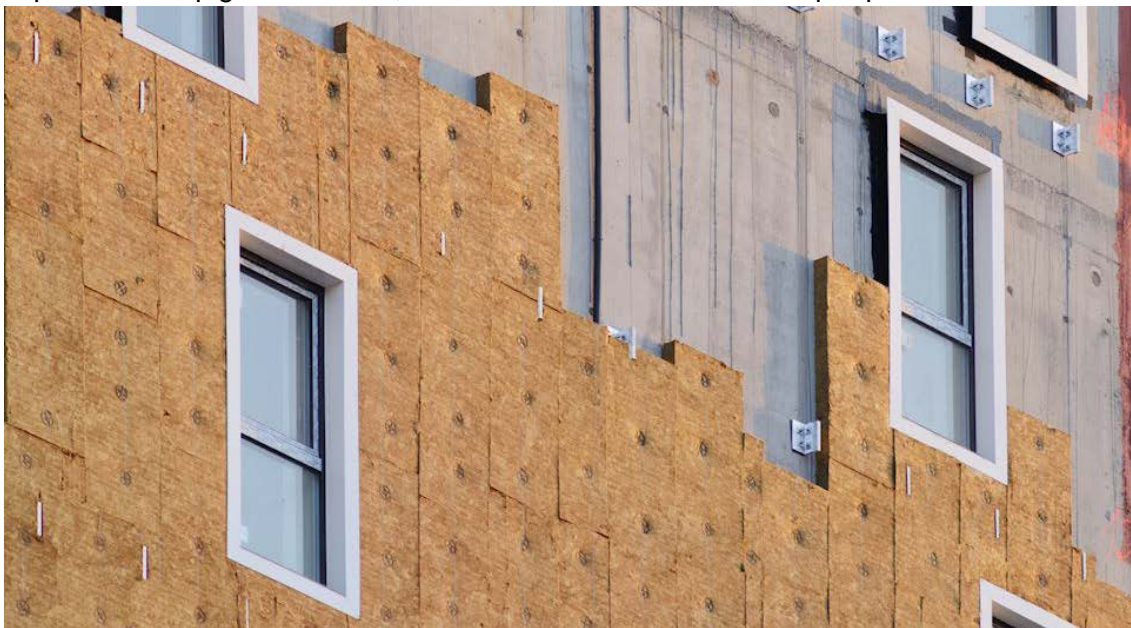
En función del **sistema de colocación**, podemos distinguir entre:

- **Aislamientos proyectados:** el más utilizado es la espuma de poliuretano. Cumple todas las características exigidas, garantizando la continuidad del aislamiento al ser proyectado sobre los anclajes puntuales, previamente colocados.



Fachada ventilada con aislamiento termoacústico protegado, espuma de poliuretano.

- **Aislamientos fijados mecánicamente:** se trata de planchas rígidas, principalmente poliestireno expandido (EPS o EPS-G) o lana de roca hidrófuga, aunque se pueden utilizar otros materiales, como las planchas de corcho natural. Van ancladas a la hoja soporte con espigas o rosetas, recomendable un mínimo de 4 por plancha.



Fachada ventilada con aislamiento de planchas de lana de roca. Fuente: <www.rockwool.es> [Consulta: 21 de septiembre de 2020].

1.4.3. CÁMARA DE AIRE

La cámara de aire es el **componente estrella** de este tipo de cerramiento. Su misión es la de garantizar la **estanquidad** y la **protección térmica**.

Al estar totalmente abierta, **no tiene misión aislante**. Tampoco la tiene el revestimiento exterior, ya que éste se encuentra a una cierta distancia del cerramiento interior y está formado por piezas con juntas abiertas, por lo que el espacio de aire no puede considerarse en calma, proporcionado el aislamiento térmico únicamente el material aislante y la hoja interior.

Tiene que tener un **espesor mínimo de 2,5 veces el espesor de la placa** de acabado o **3 cm, no más de 10 cm**.

Para el correcto funcionamiento de la cámara debe quedar una holgura entre **5 y 10 cm sobre la rasante**, permitiendo la **entrada de aire**.

Así mismo, en el remate superior de la cubierta se dispondrá de una pieza de **coronación** inclinada hacia el interior **de la cubierta**, que proporcione una holgura de al menos **1,5 cm** para garantizar la correcta **salida del aire** de la cámara.

1.4.4. SISTEMA DE SUJECIÓN

La **estructura portante** que sustenta las placas que constituyen el acabado exterior de la fachada **suele ser metálica**, de acero inoxidable o galvanizado o aluminio, evitando así que se inicien procesos de oxidación y corrosión.

Puede también estar constituida por **otros materiales**, como es el caso de la **madera**, con sistemas en el mercado que garantizan altas prestaciones y sostenibilidad, como es el uso de montantes de **madera acetilada**, madera sometida a tratamientos que mejoran notablemente su durabilidad.



Manchas de óxido en las placas metálicas por oxidación de los anclajes metálicos de la fachada.

En cualquier caso, debe **soportar** tanto el **peso de las placas**, como los **esfuerzos** horizontales de viento o sismo, transmitiendo los mismos a los elementos soporte.

Además de sujetar las placas, deben **corregir posibles desviaciones en la planeidad del soporte**.

Deben tener una **buena durabilidad**, evitando un excesivo mantenimiento, aunque deben **facilitar** su futura **sustitución** en caso de sufrir daños.

1.4.4.1. Fijaciones puntuales

Este sistema dispone un **anclaje metálico** que **sujeta directamente el aplacado**, fijándolo a la hoja soporte, ya sea por **anclaje mecánico o químico**.

La elección del **tipo de anclaje** se realizará **en función del peso y formato** de las piezas a sujetar. Necesita una longitud entre **8-10 cm de espesor** para salvar el aislamiento y la cámara de aire, por lo que el **vástago** suele tener un **mínimo de 18 cm**.

Tiene el inconveniente de requerir un **replanteo riguroso**, punto por punto, de todo el sistema, garantizando la **ausencia de desviaciones** que pudiesen generar problemas durante la colocación de las placas, cuyos huecos vienen preparados de fábrica.



Anclajes puntuales fijados a hoja portante de fábrica cerámica.

Además, es necesario **evitar que el agua se introduzca en los taladros**, principalmente en el inferior, puesto que en caso de **heladas** podría hacer **efecto cuña**, produciendo la rotura del material de la placa de acabado.



Rotura del aplacado por efecto cuña.

- Anclaje mecánico:

Se trata de **tacos**, **grapas** o **pestañas** que **se atornillan** al soporte, quedando fijados mecánicamente.

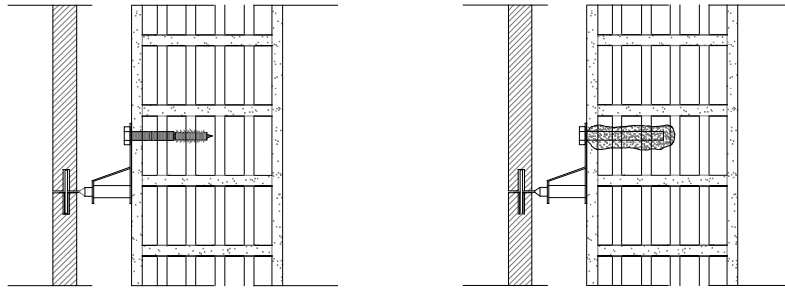
Existen anclajes **fijos** o **regulables**, tanto para **junta horizontal** como **vertical**. Los no regulables requieren mano de obra especializada, dada la precisión con la que deben ser colocados, siendo primordial un riguroso replanteo.



Anclajes mecánicos puntuales fijos y regulables. Fuente: <www.gutterkel.com> y <www.grapamar.com> [Consulta: 21 de septiembre de 2020].

- Anclaje químico:

En este caso, **los anclajes se empotran** al soporte gracias al relleno del taladro ejecutado **con resinas** especiales, resinas de poliéster, que tras su endurecimiento garantizan la resistencia, **o mortero expansivos**. Las resinas y los morteros **no deben suponer** en ningún caso un **ataque físico-químico** al anclaje.



Anclaje con taco mecánico y químico.

No son regulables, por lo que requieren de mano de obra especializada.

Es necesario el uso **casquillos plásticos**, dispuestos al menos en uno de los taladros de las dos piedras en contacto, para **evitar una unión rígida** entre las mismas. Es preferible disponerlo **en el taladro inferior**, evitando así que penetre el agua en la holgura existente.

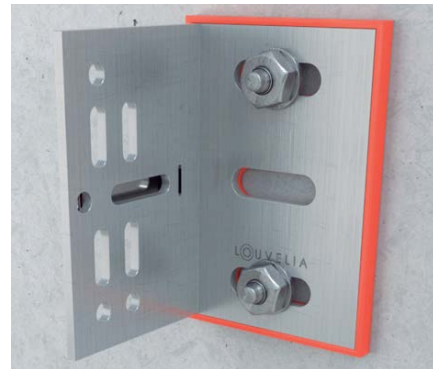
1.4.4.2. Estructura auxiliar portante

En este caso existe una **subestructura portante** que soporta el peso de las placas del revestimiento exterior.

Sus **principales componentes** son:

- **Ménsulas:**

Son los elementos metálicos, de acero inoxidable o galvanizado, que **sujetan los montantes** a la hoja soporte. Deben garantizar el **libre movimiento** de la estructura, para lo que disponen de orificios alargados, llamados colisos, que le permiten moverse en todas las direcciones.



Fachada ventilada con aislamiento de planchas de lana de roca. Fuente: <www.louvelia.com> [Consulta: 21 de septiembre de 2020].

Las ménsulas **atravesarán la capa de aislamiento térmico**, sobresaliendo de la misma, para que los montantes puedan ser anclados a ellas. Ello hace que puedan convertirse en un puente térmico, por lo que disponen de sistemas de **rotura de puente térmico**, disponiendo entre la ménsula y la hoja soporte un material no conductor.



Fachada ventilada con aislamiento de planchas de lana de roca. Fuente: <www.placo.es> [Consulta: 21 de septiembre de 2020].

Las **dimensiones** pueden variar, con medidas **aproximadas** de 68 mm de ancho, 86 mm de alto, y longitudes de 65/85/125 mm, en función del espesor del aislante y de la cámara de aire.

Se disponen con **tornería específica** en función de la materialidad del **soporte** (fábrica cerámica, hormigón, etc.). Con carácter general, se trata de tornillos de acero inoxidable autotaladrantes, aptos tanto para formar puntos móviles como fijos.

- **Montantes**: los montantes, de **6 m** de longitud, habitualmente son **metálicos** (perfiles en T, en L, etc.).



Montantes fachada ventilada.

Van **atornillados a las ménsulas**, recorriendo verticalmente la fachada, y serán los **encargados de soportar el peso de las placas** de acabado exterior, transmitiéndolo a través de las ménsulas a la hoja soporte.

Dispondrán de **ménsulas de sustentación** al menos en el extremo superior e inferior de cada montante, y **ménsulas de retención** repartidas por toda su longitud según cálculo:

- **De sustentación**: van fijadas a los elementos estructurales, frentes de forjado, transmitiendo el peso y las acciones horizontales a los mismos. En este caso configuran **puntos fijos**, por lo que, cuando el montante se une a estas ménsulas, el tornillo se dispone en el orificio redondo.

- **De retención**: van fijadas a la hoja soporte, a distancias adecuadas según el peso y las sollicitaciones a las que esté sometida la fachada. En este caso configuran **puntos móviles**, por lo que, cuando el montante se une a estas ménsulas, el tornillo se dispone en los colisos.

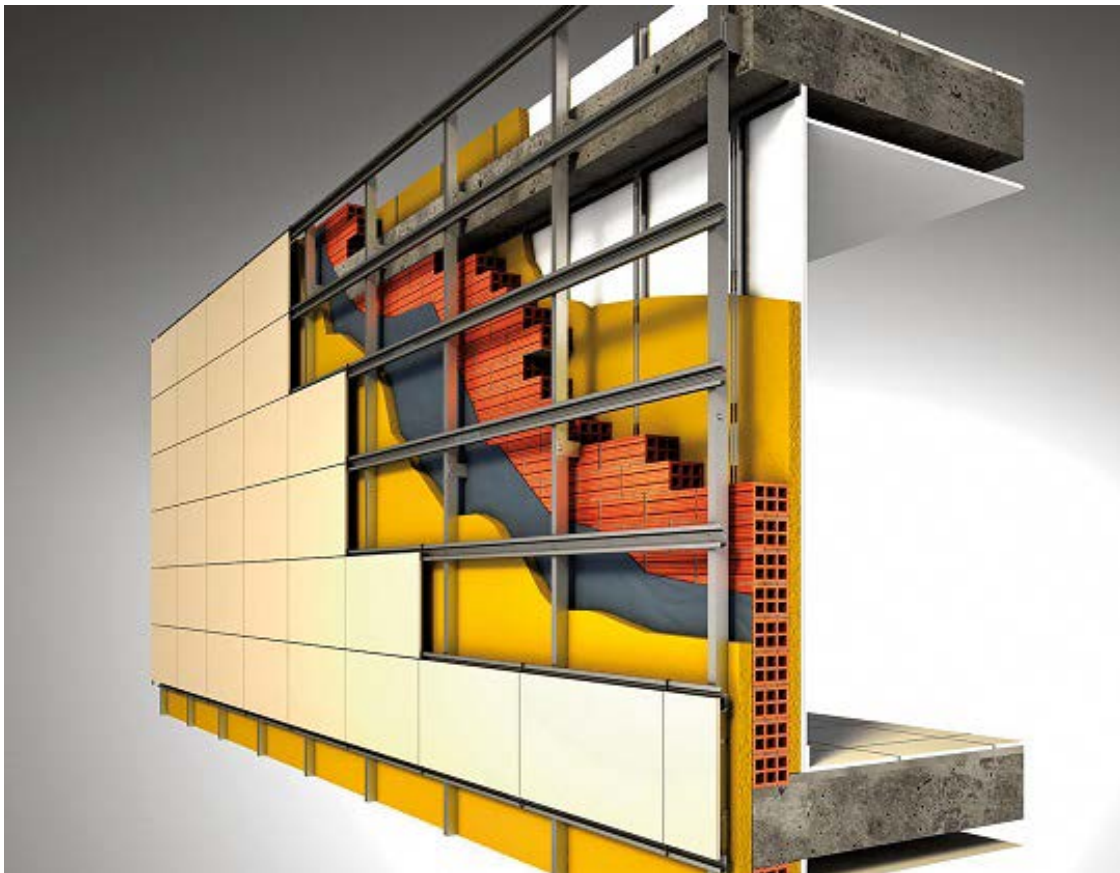
Entre tramo y tramo de montante se dejará una **holgura** para evitar que la dilatación del material cree problemas al entrar en contacto las distintas partes.

Hoy en día, podemos encontrar en el mercado sistemas patentados de fachada ventilada con **montantes de madera** (por ejemplo, el sistema REDAir Woods).



Sistema REDAir Woods de fachada ventilada con montantes de madera. Fuente: <www.rockwool.es> [Consulta: 21 de septiembre de 2020].

- **Travesaños:** en caso de existir, van **atornillados a los montantes**, y colaborarán en la absorción de los esfuerzos horizontales.



Fachada ventilada con estructura auxiliar de montantes y travesaños. Fuente: <www.labrarte.com> [Consulta: 21 de septiembre de 2020].

Permitirán disponer un **sistema de fijación continuo de las piezas**, proporcionando un mejor apoyo a las mismas, otorgándoles así mayor **libertad de dilatación**.

También **minimiza los errores de ejecución**, no siendo necesario el riguroso control de calidad y la precisión en el replanteo que exigían los sistemas anteriores.

- Componentes de fijación:

Va **atornillada a los montantes o a los travesaños**, en caso de existir éstos. La **fijación** puede ser:

- **Puntual:** compuesta por grapas o pasadores que se insertan puntualmente en los orificios practicados en el perímetro de la pieza, ya sea el superior e inferior o en los laterales.
- **Continua:** la pieza dispone de una ranura continua en la parte superior e inferior de su perímetro, que se inserta en un perfil continuo anclado a los montantes.
- **Vista:** compuesta por grapas, tornillos o remaches. Se trata de sistemas de seguridad que realizan la sujeción de la pieza por su cara externa, garantizando la estabilidad de la pieza, evitando el desprendimiento de la misma.
- **Oculto:** compuesta por grapas, tornillos o perfiles. En este caso la retención se produce en los taladros o ranuras ejecutadas a mitad del espesor de las piezas, preparados en fábrica.



Sistemas de fijación. Fuente: <www.sbfijaciones.com> [Consulta: 21 de septiembre de 2020].

1.4.5. MATERIAL DE ACABADO

Puede ser placas de materialidad muy variada. Su misión es la de cerrar la cámara de aire y proteger el aislamiento térmico. Permite una gran gama de acabados. Se puede distinguir entre: **revestimientos pesados**, como la piedra (mármol, granito, prefabricados de hormigón, etc.), cuyo espesor está entre tres y cinco centímetros, o incluso más (en el caso de los prefabricados de hormigón), lo cual permite la colocación oculta de los anclajes de fijación; y **revestimientos más ligeros** y de pequeño espesor, como los tableros de alta densidad de maderas contrachapadas impregnadas con resinas fenólicas, paneles composite de aluminio, laminados de alta presión a base de resinas, placas de resina de poliéster mezclada con agregados pétreos y armadura de fibra de vidrio, GRC (microhormigón reforzado con fibra de vidrio), cerámica, etc., que no permiten el anclaje interior y se fijan directamente a una subestructura, o se apoyan indirectamente sobre la misma mediante pinzas o minisoportes.

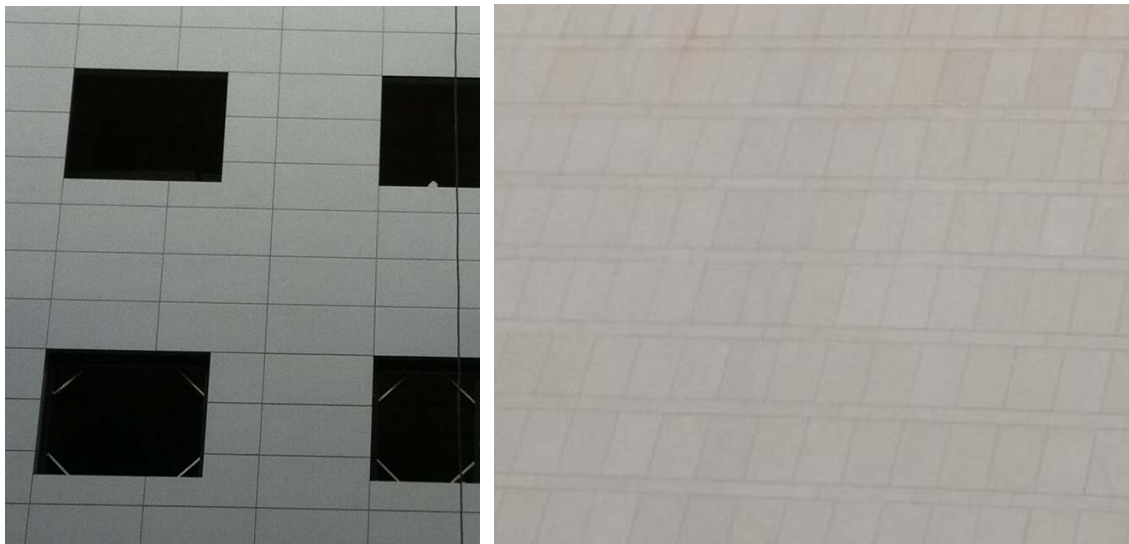
Las **juntas** entre las distintas placas del revestimiento **no se sellan**, sino que se dejan abiertas, entre **2 y 6 mm**, para garantizar la perfecta ventilación de la cámara de aire y la libre dilatación de la hoja exterior.

1.4.5.1. Piedra natural

Placas compuestas por **distintos tipos de pétreos naturales**: granitos, mármoles, pizarras, calizas, areniscas, etc.

Si el **formato no supera** dimensiones de **1 m²** de superficie, el espesor habitual es de **3 cm**. Para formatos superiores será necesario proceder a calcular el espesor necesario, al igual que con determinados pétreos (algunas areniscas y calizas), alcanzando los 6 cm.

El **peso** de la placa **definirá el sistema de sujeción** más adecuado, según el espesor.



Fachadas ventiladas con aplacado pétreo.

1.4.5.2. Hormigón polímero

Se trata de la elaboración de un **pétreo artificial** con una mezcla de **hormigón y resina de poliéster**. El control de calidad al que se somete a las piezas durante su fabricación permiten reducir su espesor a **1-2 cm**.

Además, al tratarse de un pétreo artificial, existe en el mercado una amplia gama de **colores y acabados superficiales**. Permite incluso realizar piezas perforadas creando diferentes patrones.



Fachadas ventiladas con placas de hormigón polímero. Fuente: <www.ulmaarchitectural.com> [Consulta: 21 de septiembre de 2020].

1.4.5.3. GRC

Los **paneles de GRC** están conformados con **micro hormigón reforzado con fibra de vidrio**.

Las placas realizadas con este material tienen espesores entre **0,8-1 cm**, pudiendo llegar a 4 cm.

Podemos encontrar una gran **variedad de colores y texturas**. También es posible encontrarlo acabado con pinturas. Al ser creados sobre moldes, este material permite crear **formas y relieves singulares**.



Fachadas ventiladas con placas de GRC. Fuente: <www.paneltor.com> [Consulta: 21 de septiembre de 2020].

Tienen una gran **durabilidad y resistencia a la intemperie**.

1.4.5.4. Placa cerámica (gres o gres porcelánico)

Es otro de los materiales por excelencia utilizados en las fachadas ventiladas. Pueden aparecer en **formato placa o en formato celosía**.

Las piezas disponen de **ranuras** para su fijación, creadas en el proceso de elaboración de las piezas.

Debido a las **importantes dilataciones** que puede llegar a sufrir el material, en función de su color, orientación y clima, deben ser sistemas de **jointa abierta**, con juntas **horizontales** de mínimo **4 mm** y **verticales** entre **4 - 8 mm**.

Las piezas se pueden colocar en **posición horizontal o vertical**.



Fachadas ventiladas con placas cerámicas. Fuente: <www.butech.net> [Consulta: 21 de septiembre de 2020].

Su mayor **inconveniente** es la **baja resistencia a los impactos en planta baja**, por lo que es conveniente disponer la primera pieza a una distancia mínima de **20 cm sobre rasante**. Aún con esta medida, el sistema es susceptible de sufrir roturas dada su fragilidad, por lo que sería necesario **reforzarlo** con alguna de las siguientes **medidas**: aumentando el número de montantes (disponiendo un montante intermedio), realizando macizados puntuales con mortero pobre de arlita (impide la ventilación de la cámara, que debe realizarse por la pieza inmediatamente superior, o dejando canales de ventilación sin relleno de mortero), disponiendo piezas de mayor grosor que presenten mayor resistencia al impacto o directamente cambiando de material.

1.4.5.5. Planchas metálicas

Los materiales más utilizados son el **aluminio**, el acero inoxidable o acero galvanizado, el acero corten.... En otras ocasiones encontramos cobre, cinc...



Fachada ventilada con acabado de plancha de aluminio.

Podemos **clasificarlos** en:

- **Paneles unicapa**: ligeros, pero con problemas de deformaciones y de condensación.
- **Paneles multicapa**: paneles con dos capas metálicas rellenas con materiales aislantes.

Uno de los fabricantes más conocidos es **Alucobond**, que dispone de una amplia gama de colores y acabados, así como formas, dando respuesta incluso a fachadas singulares.

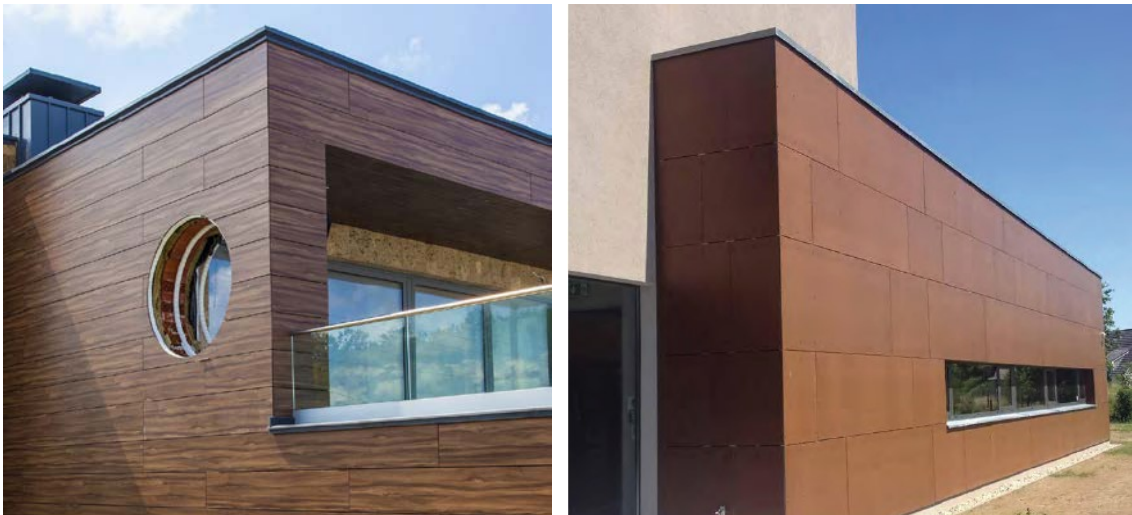


Fachada resuelta con planchas de aluminio. Fuente: <www.alucobond.com> [Consulta: 21 de septiembre de 2020].

1.4.5.6. *Planchas de madera*

Se trata de planchas de **laminados de madera unidos con resinas a alta presión**.

Sus **principales ventajas** son su **calidad, aislamiento y sostenibilidad**. Ello hace que su uso esté en pleno auge.



Fachadas resueltas con planchas de madera. Fuente: <www.maderasplanes.com> [Consulta: 21 de septiembre de 2020].

Su **principal desventaja** es la **durabilidad**, es necesario proteger los cantos y darles protección en general frente a la agresividad del ambiente, la incidencia solar y los cambios térmicos para evitar su envejecimiento.

Otro inconveniente es el **comportamiento frente al fuego**.

Hoy en día existen numerosos **tratamientos** que permiten **aumentar** considerablemente la **durabilidad** de la madera, como la carbonización superficial, la madera acetilada, etc. Además, existen **especies naturales** que **no** son **atacables** por xilófagos ni por hongos, presentando una durabilidad propia del material.

1.4.5.7. Paneles de celulosa de alta presión

La marca comercial más conocida es **TRESPA**.

Son paneles muy ligeros, de **1-2 cm de espesor**.

Existe una amplia gama de **colores y acabados**, coloreados en masa, sin necesidad de tratamiento de borde, con un acabado totalmente uniforme.



Fachadas resueltas con planchas de celulosa de alta presión. Fuente: <www.trespa.com> [Consulta: 21 de septiembre de 2020].

1.4.5.8. Placas cementicias

Son sistemas alternativos de fachada con **placas cementicias** patentadas por **Knauf**, **Aquapanel**, para realizar fachadas ventiladas con sistemas similares a los entramados autoportantes de cartón-yeso, utilizando tableros con base cemento, aptos para estar en contacto con la intemperie.



Fachadas ventiladas resueltas con aquapanel. Fuente: <www.grupo-ams.es> [Consulta: 21 de septiembre de 2020].

1.4.6. ELEMENTOS AUXILIARES Y PIEZAS DE REMATE

Se trata de **piezas de protección y remate** necesarias para la correcta ejecución del sistema.

Por un lado está la **rejilla** que **protege la cámara de aire** de la entrada de animales, etc. Es una rejilla de **aluminio perforada** que garantiza la correcta ventilación de la cámara, protegiéndola a su vez.



Rejilla antirroedores.

Irá a **atornillada a los montantes** mediante agulares auxiliares, cubriendo la totalidad del espesor de la cámara y del aislamiento.

Por otro lado, en muchos casos, principalmente cuando los componentes de fijación de las piezas son perfiles continuos, se dispondrán **separadores de PVC** que garanticen la holgura necesaria de la junta vertical entre pieza y pieza, evitando que entren en contacto directo unas con otras para que no sufran lesiones o incluso roturas serias.

En las fachadas de **junta abierta**, estos separadores se retirarán tras la colocación de las piezas. De ese modo se garantiza la ventilación de la cámara.

En la coronación de la fachada se dispondrá una **albardilla** de remate, inclinada hacia el interior de la cubierta un mínimo de **10°**, sujeta con tornillería a angulares auxiliares atornillados a los montantes y al antepecho de fábrica, creando una **holgura mínima** de **1,5 cm** por donde se producirá la salida del aire de la cámara.

La coronación del antepecho dispondrá de la correspondiente **lámina impermeable**, evitando que se produzcan filtraciones.

Del mismo modo, se resolverán los **huecos de ventana**, cuidando en todo momento que no se produzcan indeseados puentes térmicos ni filtraciones.

1.5. CONSIDERACIONES PARA LA PUESTA EN OBRA

Se trata de una **fachada prefabricada**, de ejecución prácticamente **en seco**, salvo en el caso de la hoja portante y su revestimiento hidrófugo exterior. En una mayoría de los casos es necesario que sea ejecutada por **mano de obra especializada**, siendo siempre lo recomendable.

Los **planos de despiece** de la fachada, que definirán el número, tamaño y forma de las placas, debe realizarse **con las medidas de la fachada real**, una vez ejecutada la estructura y la hoja soporte, para que los **errores dimensionales** sean **mínimos**.

Una vez definidas las dimensiones y el material de las piezas, es posible **conocer con exactitud su peso**, lo que permitirá determinar el número necesarios de **puntos de sujeción y el tipo más recomendable** en cada caso.

Las piezas **llegarán a obra despiezadas**, minimizando así las operaciones a realizar in situ. Es muy importante que **no se realice ninguna modificación sustancial en obra**, principalmente en cuanto al sistema de sujeción se refiere.

Durante la ejecución en sí misma, el momento más crucial es el **replanteo**, puesto que su **rigor y exactitud** determinará la calidad final de la fachada.

Otro de los puntos a tener en cuenta es la consecución de la **verticalidad** del plano de fachada, definido por las placas de acabado, lo cual se consigue con un láser.

Para el correcto comportamiento higrotérmico de la fachada, es importante a su vez **garantizar el espesor mínimo** establecido **para la cámara de aire**. Para ello se tendrá que tener en cuenta la posible **irregularidad de la superficie del aislamiento térmico**, de modo que el espesor mínimo de cámara ventilada quede garantizado en los puntos más desfavorables, aquellos en los que sobresale más el aislamiento.

2. FACHADAS CON SISTEMAS DE AISLAMIENTO TÉRMICO POR EL EXTERIOR (SATE)

Es un sistema de fachada ligera muy habitual en **rehabilitación energética** de edificios, puesto que **aumenta el aislamiento global** de la fachada del edificio actuando desde el exterior (hecho que les otorga su nombre, **SATE**, Sistemas de Aislamiento Térmico por el Exterior), **eliminando los puentes térmicos**.

En un edificio residencial convencional, el orden del 40% de la superficie de la envolvente la conforma la parte ciega de la fachada, constituyendo tan sólo un 10% los huecos y un 30% la cubierta, conformando el % restante la parte inferior de la envolvente en contacto con el terreno. Por ello, estos sistemas de fachada son capaces de conseguir un **ahorro en el consumo** de energía que puede alcanzar el **40%**, tanto en refrigeración como en calefacción, suponiendo para los propietarios una inversión con un periodo de **amortización** estimado entre **5 y 10 años**.

Las **principales ventajas** de estos sistemas respecto a otros que aumentan el aislamiento térmico desde el interior (trasdosados, insuflado de aislantes en cámaras, etc.) son las siguientes:

- Son capaces de **eliminar los puentes térmicos**, actuando de forma continua en toda la superficie ciega, disminuyendo por tanto el riesgo de sufrir humedades de condensación tanto intersticiales como en la superficie de la hoja interior de la fachada.
- Aumenta la **inercia térmica** de la fachada.
- **Reduce tensiones** en el cerramiento original.
- **Protegen** a toda la **estructura** de la intemperie.
- No **restan superficie útil** a la vivienda, ni perturba a los propietarios durante la intervención, puesto que se actúa por el exterior.
- Mejoran la **estética** de la fachada original, presentando una amplia gama de acabados, texturas y colores, incluso materiales.
- Es muy **ligero**, de forma que no supone una sobrecarga considerable a la estructura original.
- Es un sistema **más económico** frente a otros sistemas **que** también eliminan puentes térmicos, como **las fachadas ventiladas**.

Por otro lado, actuar desde el exterior, **modificandode la estética** de la fachada original, puede convertirse en un **inconveniente** cuando se trata de fachadas sujetas a algún **grado de protección**, casos en los que este sistema de rehabilitación de fachadas no es aplicable.

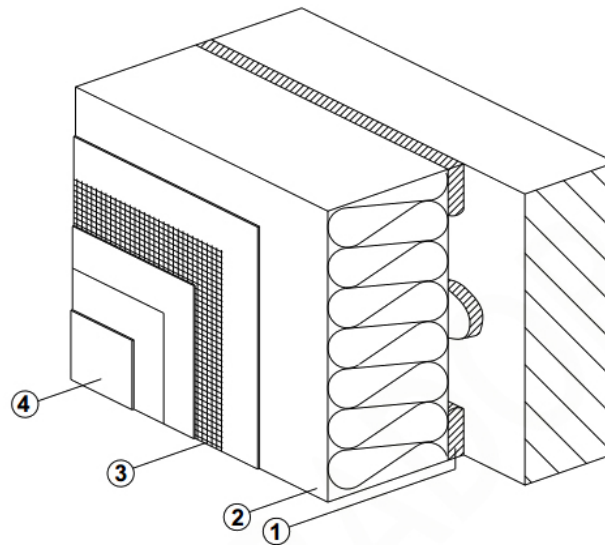
Otro inconveniente reseñable es la **poca resistencia** del sistema, compuesto por un aislante y una capa fina de mortero reforzado con malla. Esto hace que su uso no sea adecuado en planta baja recayente a vía pública, en edificios de usos determinados como el docente, etc.

Por último, también cabría destacar que su ejecución requiere **mano de obra especializada**.

Con todo ello, teniendo en cuenta que el 80 % de las viviendas del futuro ya están construidas, son fachadas cuyo uso se extenderá de forma considerable en los próximos años, permitiendo mejorar la eficiencia energética del parque inmobiliario ya edificado, así como el muchos de los futuros edificios de obra nueva.

2.1. COMPONENTES DEL SISTEMA

Es un sistema compuesto por **planchas de aislamiento térmico** como el poliestireno, el poliestireno de grafito, la lana de roca, el corcho natural, etc., dispuestas de forma continua, fijadas a la **hoja portante** con adhesivos y tacos mecánicos, cubiertas con un **revestimiento continuo** de pequeño espesor, reforzado con malla de fibra de vidrio.



- 1 - Adhesivo de fijación.
- 2 - Aislamiento térmico.
- 3 - Mortero con malla de fibra de vidrio embebida a mitad de espesor.
- 4 - Acabado en capa fina.

Sistema de capas que componen un SATE. Fuente: <www.acuatroarquitectos.com> [Consulta: 25 de mayo de 2016].

2.1.1. SOPORTE

El soporte debe cumplir una serie de **requisitos**. En primer lugar debe ser un soporte **sano, íntegro y estable**, capaz de **resistir el peso** del sistema SATE de fachada. Cualquiera de los soportes vistos para fachada ventilada son aptos, dado que el peso del SATE es considerablemente inferior. En este caso, incluso hojas de fábrica hueca, de cerámica triple hueco u hormigón, serían válidas como soporte.

Por otro lado, es necesario **corregir**, previo a la colocación de las planchas aislantes, cualquier **irregularidad** que presente, así como **desplomes**, etc.

Por último, la **superficie** del soporte debe estar **limpia**, ausente de restos de suciedad, polvo o grasas que puedan perjudicar la adherencia con las planchas aislantes.

No se puede garantizar la estabilidad del sistema si hay presencia de **humedades por capilaridad** en la parte inferior de la fachada cercana a la cota de rasante.

2.1.2. PERFIL DE ARRANQUE

Se trata de un **perfil de aluminio** de **2,5 m** por unidad, que incluye un **goterón** en su extremo exterior. Queda anclado al soporte con tacos de expansión. Es necesario **comprobar** su **horizontalidad** con un nivel de burbuja durante su colocación.

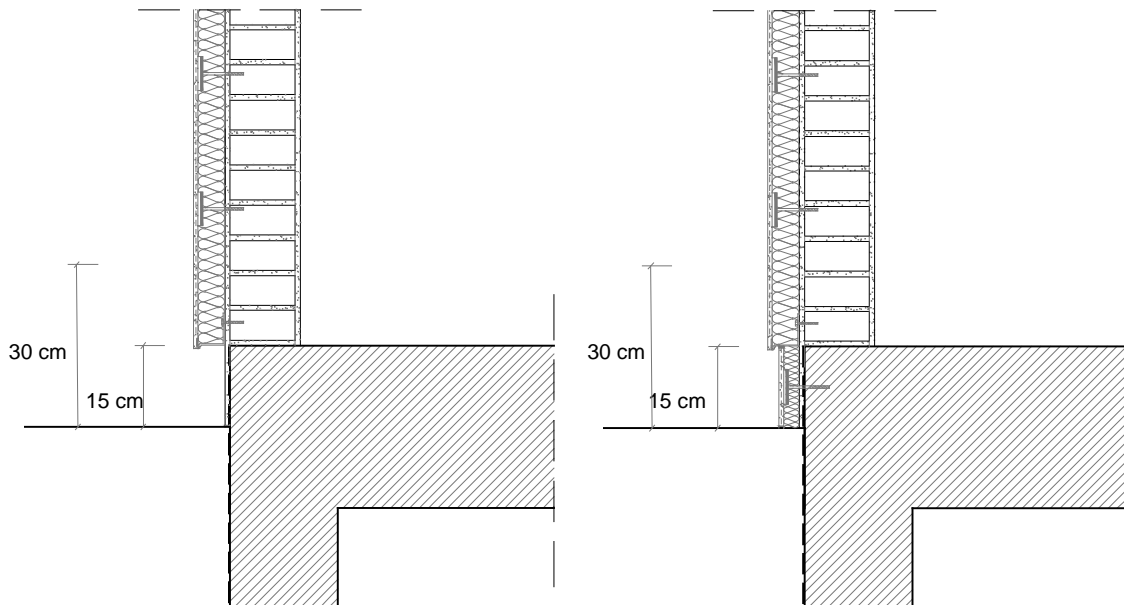
Queda **separado de la cota de rasante 30 cm** para evitar contacto con el agua de escorrentía y que no se vea afectado por las salpicaduras.



Perfil de arranque con goterón a 30 cm respecto de la rasante. Fuente: <www.grupopuma.com> [Consulta: 20 de junio de 2020].

Esos primeros **30 cm** de fachada deben quedar protegidos de la humedad aplicando un **mortero hidrófugo**, impermeable.

Si el espacio interior no es habitable puede solucionarse simplemente con el mortero, pero en caso contrario habrá que disponer una **plancha de aislamiento** que evite el puente térmico generado, aunque esta plancha tendrá un espesor menor al de la parte superior del sistema, con el fin de **dejar libre el goterón**.



Forma de resolver los 30 cm en el encuentro con la rasante si el espacio interior es no habitable o habitable respectivamente.

2.1.3. PLANCHAS AISLANTES

Las planchas aislantes, de **1000 x 500 mm**, pueden ser de distintos **materiales**: poliestireno (EPS), poliestireno grafito (EPS-G) (requiere menor espesor que el anterior), corcho natural (más ecológico), panel de lana mineral (mineral wood o MW, más transpirable, como la lana de roca), etc.



Paneles de EPS para fachada con sistema SATE. Fuente: <www.saterhonatherm.com> [20 de junio de 2020].



Paneles de EPS-G para fachada con sistema SATE. Fuente: <www.poraxa.com> [20 de junio de 2020].



Paneles de corcho natural para fachada con sistema SATE. Fuente: <www.sate-vipal.com> [20 de junio de 2020].



Paneles de lana de roca para fachada con sistema SATE. Fuente: <www.isover.es> [20 de junio de 2020].

Los paneles de XPS no son muy utilizados porque suelen venir machihembrados, lo que dificulta su colocación, además de que son menos permeables que los anteriores.

El **espesor** del panel puede variar, en función del **material empleado** y de la **zona climática**, desde **15 a 250 mm**.

En cualquier caso, se colocan con **adhesivo** y posteriormente se disponen **anclajes mecánicos** adicionales.

La **forma de aplicación del adhesivo** adquiere un papel decisivo en el correcto funcionamiento del sistema, garantizando la **estabilidad de las placas y la ausencia de puentes térmicos**.

En **invierno**, debido a las bajas temperaturas, se produce la **contracción de la cara exterior** del panel, que **tiene a arrancar los bordes** del panel, por lo que la presencia de **adhesivo en el perímetro** es fundamental. No obstante, la **cantidad** de adhesivo debe ser la **indicada**, evitando que rebose respecto de la superficie del panel, creando **rebabas** que puedan meterse entre las juntas entre planchas, creando por tanto un **punto térmico**.

Por otro lado, en **verano** se produce el efecto contrario, **la cara exterior** del panel **tiende a dilatar**, con el riesgo de **arrancamiento de la parte central** de la plancha. Por ello, la disposición de pasta en la zona perimetral no es suficiente, debiendo existir **adhesivo también en la parte central**, puesto que de lo contrario se produciría un abombamiento del panel durante la estación estival.

Por ello, el **encolado** del panel puede hacerse de **2 formas**:

- **Método del cordón:** con **cordón perimetral y pelladas en la parte central** (permite corregir ciertas irregularidades, pero como norma general es más aconsejable aplicar en la superficie completa).

- **Método de llana dentada:** con adhesivo **aplicado en casi toda la superficie, en el 80%** de la misma, peinado con **llana dentada** (algunos proveedores aconsejan recurrir siempre a este sistema, pero requiere buena planicidad del soporte).

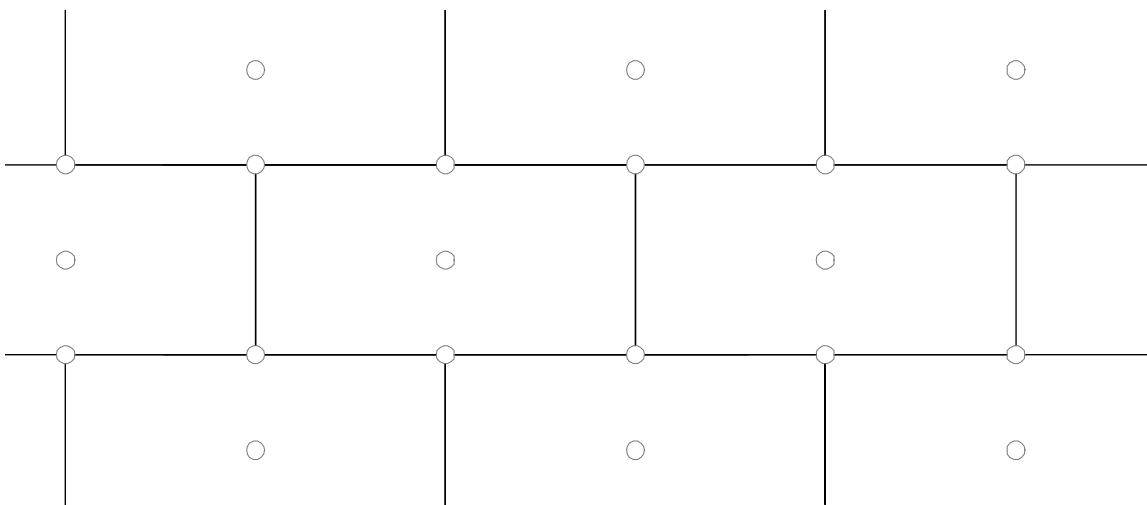


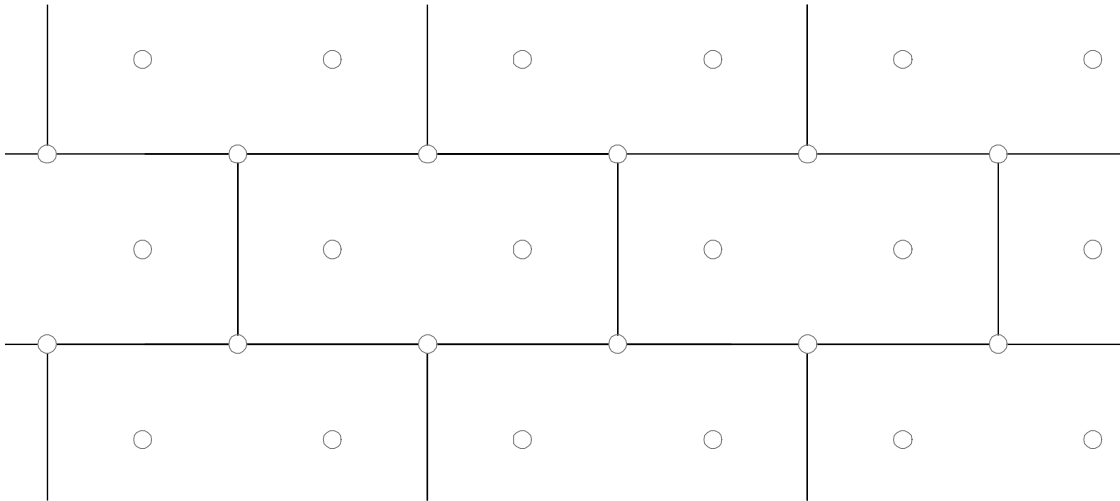
Métodos de encolado del panel aislante en un sistema SATE. Fuente: <www.grupopuma.com> [20 de junio de 2020].

En ambos casos la **cantidad** de adhesivo debe ser la **indicada**, evitando que rebose respecto de la superficie del panel, creando **rebabas** que puedan meterse entre las juntas entre planchas, creando por tanto un **punto térmico**. Para ello, el adhesivo nunca se llevará hasta el límite del borde, dejando los últimos centímetros perimetrales sin material.

Durante la colocación de la plancha, **se aplicará presión** sobre la superficie de la misma para garantizar la correcta distribución del adhesivo, y por tanto la correcta adhesión al soporte.

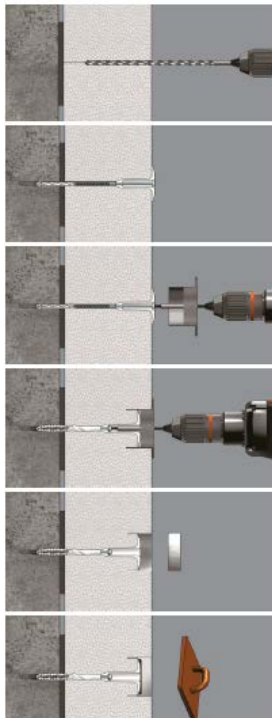
Las planchas se disponen **matando junta vertical**. Transcurrida 1 hora del encolado de los paneles, se pueden disponer los **tacos mecánicos**, distribuidos por la superficie de la plancha. Deben introducirse al menos **2,5 cm en el soporte**. Lo normal es disponer 7 tacos por plancha, pero en sistemas especiales, con gran espesor, peso, etc., se dispondrán 8 tacos.





Posibles distribuciones de tacos en función del espesor y peso del aislante. Siempre llevarán 6 tacos en los bordes y uno o dos en centro de placa, situados en este último caso a 25 cm del borde.

Los tacos quedarán **rehundidos** en el panel aislante, y se taparán posteriormente con una **tapa** del mismo material, evitando de ese modo la aparición de puentes térmicos.



Correcta disposición de los tacos para evitar puentes térmicos. Fuente: <www.grupopuma.com> [20 de junio de 2020].

Una vez colocadas todas las planchas, es necesario **revisar las juntas** entre las mismas. **Si** en algún caso las juntas **superan los 2 mm** de anchura, será necesario **introducir material aislante** para garantizar la ausencia de puentes térmicos.

Transcurridas **48-72 horas** de la colocación de los paneles, se puede proceder a aplicar el acabado del sistema si se trata de un mortero de revestimiento. En caso de disponer un acabado cerámico será necesario esperar 10 días.

2.1.4. ACABADOS

Es sistema **más habitual** es el revestimiento de **mortero**, pero **también** existen en el mercado sistemas con **acabado cerámico**, que compatibilizan su uso en edificios situados en zonas donde las fachada de ladrillo caravista predominan en el entorno próximo, permitiendo así mantener el carácter estético del barrio o incluso del edificio original.

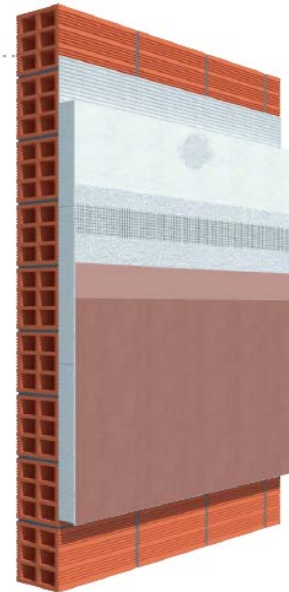
2.1.4.1. Morteros de revestimiento

El revestimiento de mortero se aplica con llana de acero dentada en **2 capas**, alcanzando los **3-5 mm de espesor total**. Si el espesor necesario supera los 5 mm se realizará con revocadora mecánica.

Se coloca la **primera capa** de mortero, y sobre ella, sobre la superficie fresca, se dispone una **malla de refuerzo** de fibra de vidrio resistente a los álcalis.

En zonas donde se requiera una **resistencia mayor** del acabado es posible la colocación de **doble malla o una de mayor gramaje** (aconsejable en los 2 primeros metros de fachada sobre rasante para hacer frente a actos vandálicos).

Entre la aplicación de la primera y la **segunda capa** deben transcurrir entre **12 y 24 horas** aproximadamente.



Sistema SATE con acabado de mortero. Fuente: <www.grupopuma.com> [20 de junio de 2020].

Es importante el **color** elegido para el acabado, puesto que incluye en la **absorción de la radiación térmica**, siendo aconsejables los colores claros para los climas cálidos.

2.1.4.2. Acabado cerámico

Existen sistemas aptos para piezas cerámicas de **pequeño formato**. Estos sistemas se colocan sobre aislamientos de EPS, EPS-G o XPS. Sus **limitaciones** son:

- Las piezas tendrán una **dimensión** menor o igual a **30 x 30 cm o a 900 cm²**.
- El **espesor** máximo es de **15 mm**.
- Deben tener una capacidad de **absorción de agua** inferior al **10%**.

Se colocarán con **adhesivos S1**, deformables, aplicando un doble encolado, peinado en el soporte y liso en la placa. Se ejercerá presión en la superficie de la pieza para su correcta adhesión.

Es necesario realizar posteriormente el **rejuntado** de las piezas. El sistema dispondrá **juntas de dilatación**, conformando paños cuya superficie no supere los **16 m²**, selladas con masillas elásticas.

En el caso de **piezas cerámicas de gran formato** o incluso de **piedra** (hasta **50 x 150 cm**, con espesores entre **3,5 y 5 mm**), hay que tener en cuenta nuevas consideraciones:

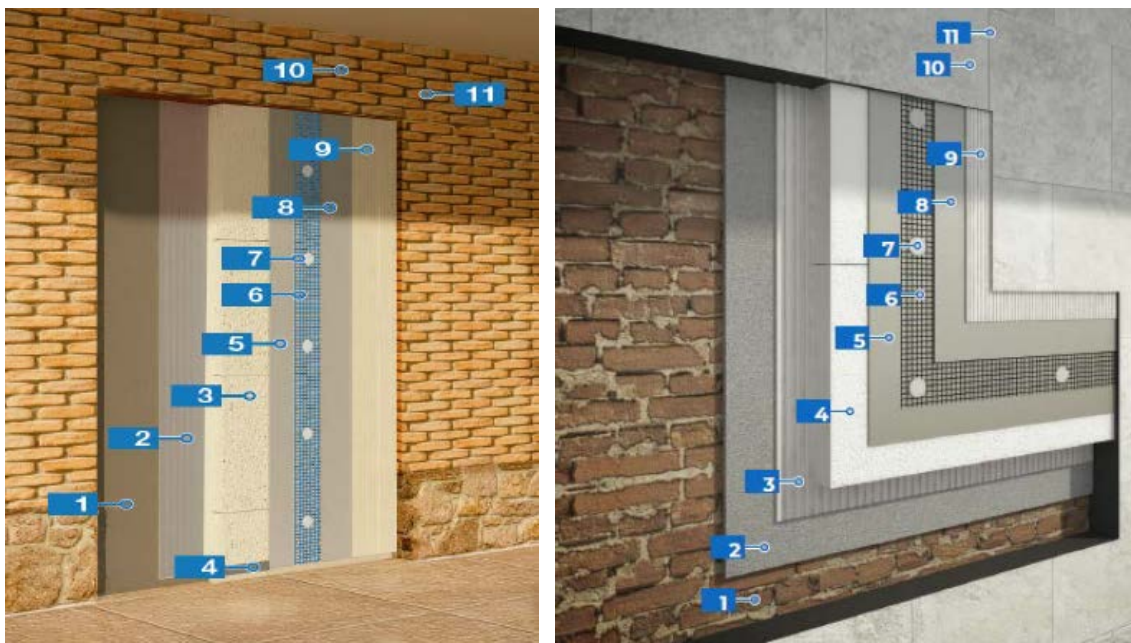
- Se utilizarán siempre **planchas aislantes rígidas** (EPS, EPS-G o XPS), tomados con adhesivos cementosos y tacos de nylon con tornillos de acero de cabeza aislada térmicamente.
- Las piezas cerámicas o pétreas tendrán **colores claros**, con un índice de **reflexión superior al 20%**.
- Las piezas se tomarán con **adhesivos C2 S2**, de adherencia mejorada y elevada flexibilidad o deformabilidad, con doble encolado, peinado en el soporte y liso en la pieza. Se ejercerá presión en la superficie de la pieza para su correcta adhesión.
- La altura máxima de aplicación son **20 m**.

Las **juntas de colocación** tendrán un espesor **igual a superior a 5 mm**, proporcional al tamaño de la pieza y a la temperatura ambiente según el clima.

También será necesario proceder al **rejuntado** de las piezas, con pastas que garanticen una absorción de agua reducida y una elevada resistencia.

El sistema dispondrá **juntas de dilatación**, conformando paños cuya superficie se encuentre entre los **9-12 m²**, selladas con masillas elásticas.

Igualmente, en ambos sistemas se realizará un **sellado elástico** en el encuentro con otros sistemas constructivos o con la estructura.

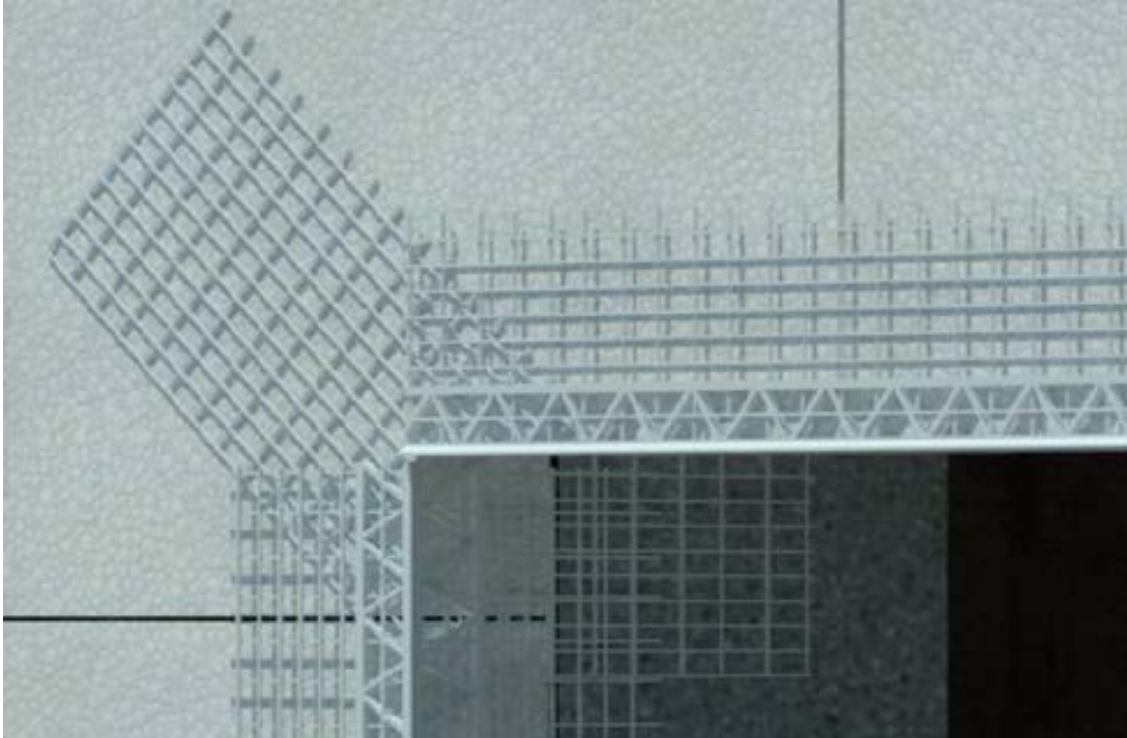


Sistema SATE con acabado de mortero. Fuente: <www.mapei.com> [20 de junio de 2020].

2.1.5. ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS

Los elementos complementarios necesarios para la realización del sistema son:

- **Mallas de refuerzo** en todo el **perímetro** del hueco, **en las esquinas** dispuestas a **45°**, evitando la aparición de grietas en el revestimiento de mortero. Para la materialización de los **dinteles** la malla integrará un perfil con **goterón**.



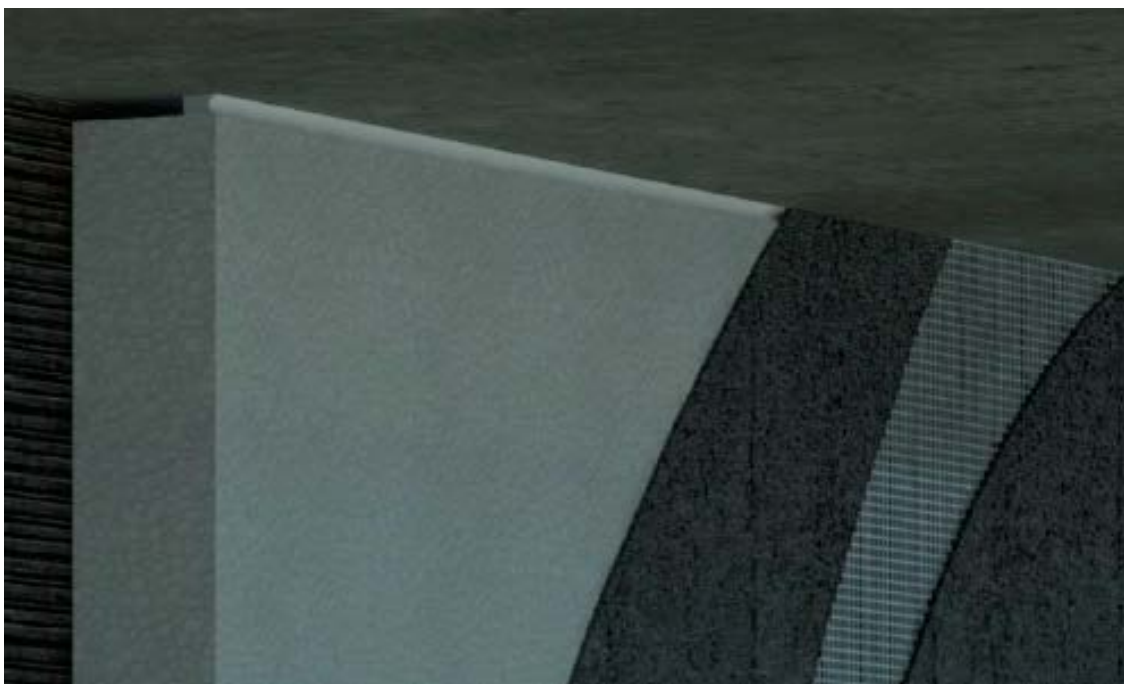
Refuerzo de esquinas de huecos y formación de goterón en dintel. Fuente: <www.grupopuma.com> [20 de junio de 2020].

- Angulares para **refuerzo de esquinas salientes** con malla incorporada, que quedarán embebidos en el revestimiento, solapando con la malla incorporada en el revestimiento del resto del sistema.



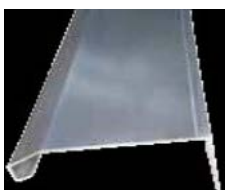
Refuerzo de esquinas salientes. Fuente: <www.grupopuma.com> [20 de junio de 2020].

- **Masilla elástica** para el sellado de los encuentros con otros sistemas constructivos y con la estructura.



Sellado de encuentros con masilla elástica. Fuente: <www.grupopuma.com> [20 de junio de 2020].

- **Perfil de aluminio de coronación** del antepecho de cubierta.



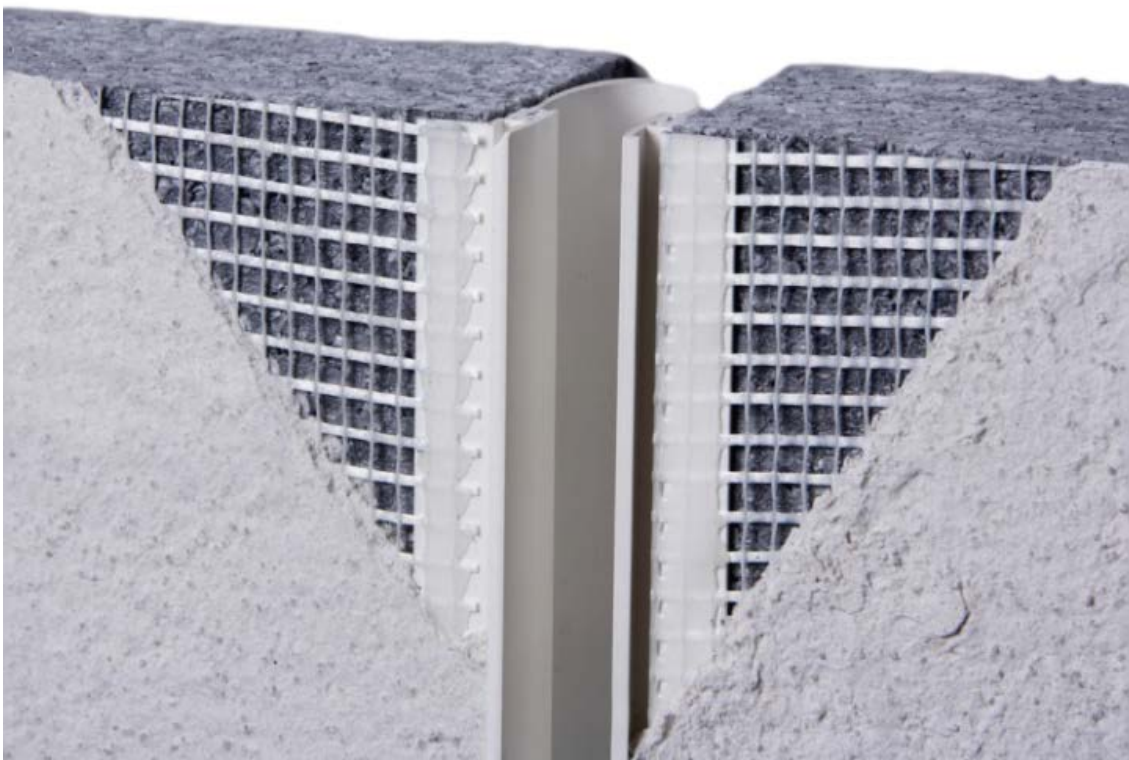
Perfil de remate de antepecho. Fuente: <www.grupopuma.com> [20 de junio de 2020].

- **Perfil de aluminio en C de cierre lateral** del sistema.



Perfil de cierre lateral. Fuente: <www.grupopuma.com> [20 de junio de 2020].

- Perfil de junta de dilatación.



Perfil de junta de dilatación. Fuente: <www.remosa.es> [20 de junio de 2020].

3. FACHADAS VERDES O VEGETALES

Se trata de un sistema de **fachada ligera** que cada vez gana más presencia en las soluciones constructivas escogidas por sus grandes prestaciones. Se trata de fachadas cuya piel exterior incorpora un **manto vegetal**, habitualmente sujeto a una estructura auxiliar anclada a la hoja interior portante.

Una de las principales ventajas de estos sistemas es el **aislamiento térmico** que proporciona la capa vegetal, siendo capaz de reducir la temperatura interior en verano entre un 25 y un 50%.

Así mismo, el **aislamiento acústico** que proporcionan estos sistemas de fachada son considerables, alcanzando con 8 cm de sustrato vegetal hasta 40dB.

Además, hay que destacar los **beneficios medioambientales**, puesto que proporcionan oxígeno, consumen CO₂ y purifican el aire, absorbiendo los contaminantes. Son sistemas muy adecuados en ciudades densificadas para aumentar el área de zonas verdes.

Podemos distinguir entre **2 sistemas constructivos**:

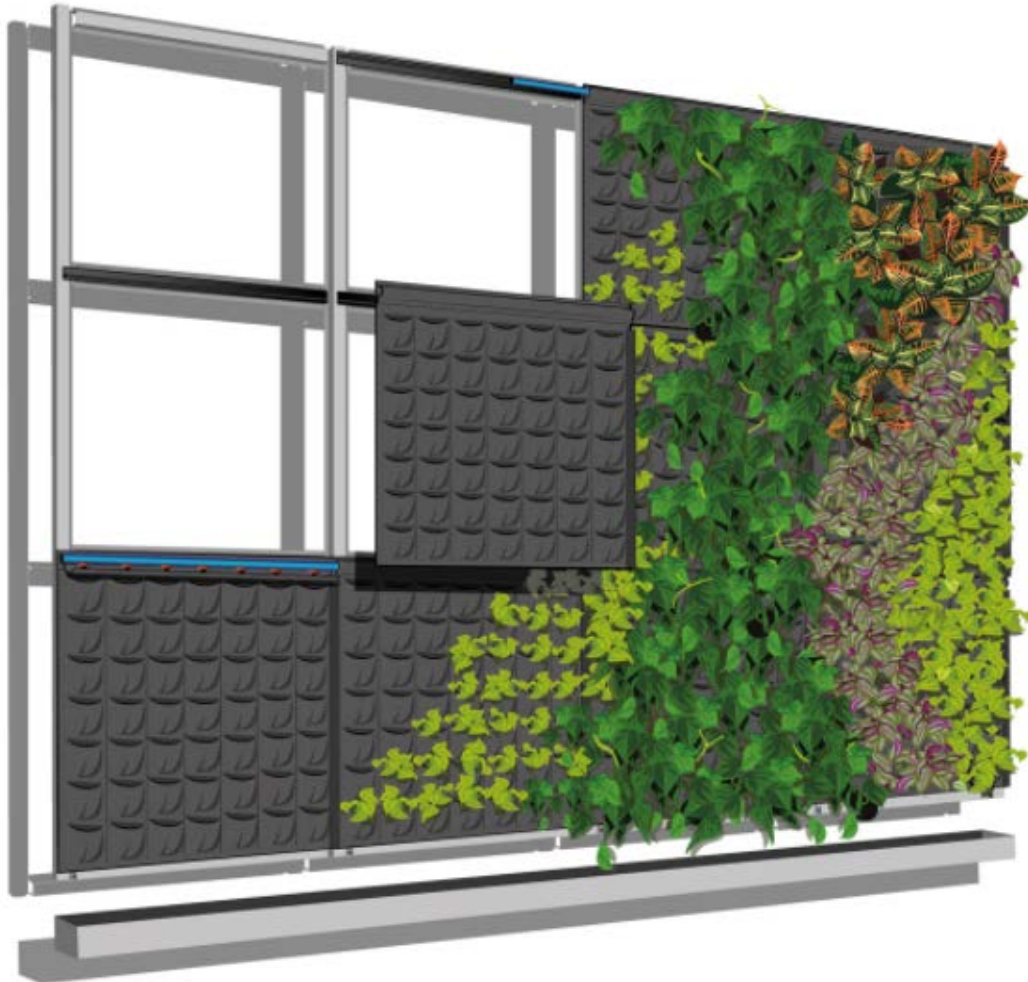
- **Con sustrato de tierra**: el manto vegetal se planta en una **capa de tierra dentro de paneles que se anclan a la hoja portante** del sistema de fachada. Por tanto, el sistema está compuesto por: el muro soporte, el contenedor del sustrato, la vegetación y el sistema de riego.



Fachada verde con sistema de sustrato de tierra vegetal.

El **muro soporte** no varía de las tipologías anteriormente estudiadas. Es importante aplicar una **capa impermeable** que lo protega del agua de riego del sistema.

El **contenedor del sustrato** de tierra donde se plantan las especies puede presentar **distintos formatos y** estar compuesto por diversos **materiales** (cajas metálicas, celdas de polipropileno, geotextiles, etc.). Todos ellos, con carácter general, irán **anclados** con distintos sistemas **a la hoja soporte**, debiendo ser capaces de adaptarse adecuadamente a la forma de la misma.



Contenedor de sustrato vegetal para fachada verde Fytotextile. Fuente: <www.terapiaurbana.es> [13 de octubre de 2016].

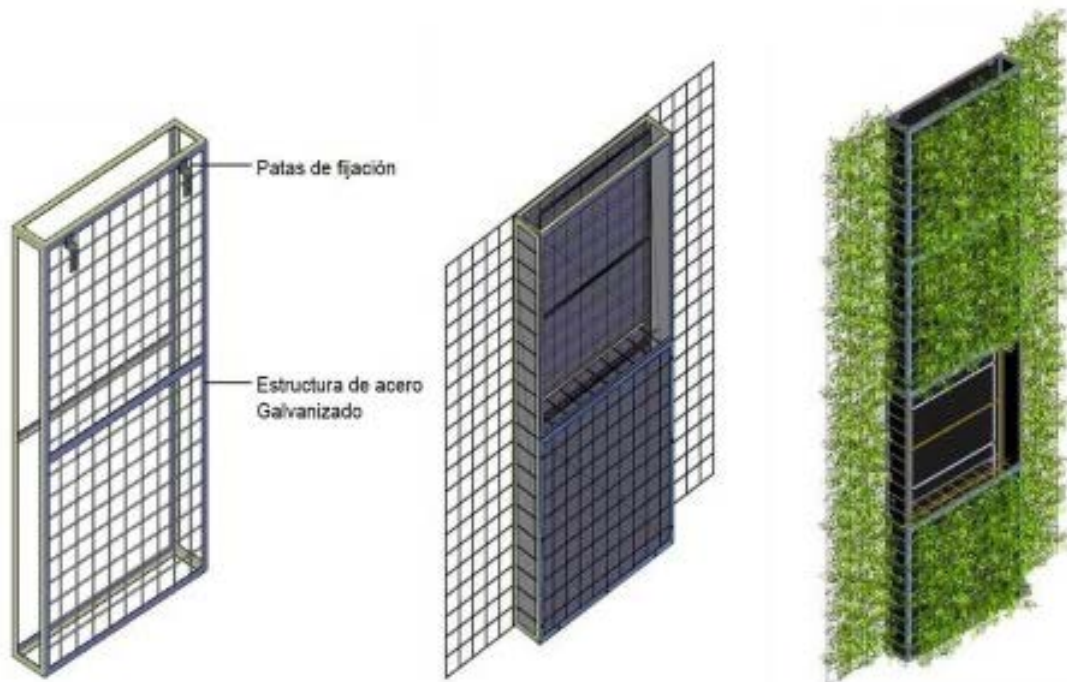
La **capa de tierra** necesaria puede variar **en función de las especies** escogidas.

El **sistema de riego** suele ser el **goteo**, situado en la parte superior de la fachada o con sistemas escalonados si la forma de la misma así lo requiere. El sobrante suele recogerse en la parte inferior. La instalación más sostenible es aquella que hace recircular el agua recogida en el canal inferior. Así mismo, muchas instalaciones disponen de sistemas de aprovechamiento del agua de lluvia recogida en las cubiertas para el riego de la fachada vegetal.

- **Basados en la hidroponía:** utiliza **especies vegetales** que **no requieren** de la presencia de **tierra** para su crecimiento, **requiriendo tan sólo agua**, por lo que el sistema dispone una estructura reticulada donde las distintas especies de plantas introducen sus raíces. En este caso el sistema se compone de: el muro soporte, la malla, la vegetación y el sistema de riego. Fue inventado por el botánico francés Patrick Blanc.



Fachada verde, sistema de hidroponía.



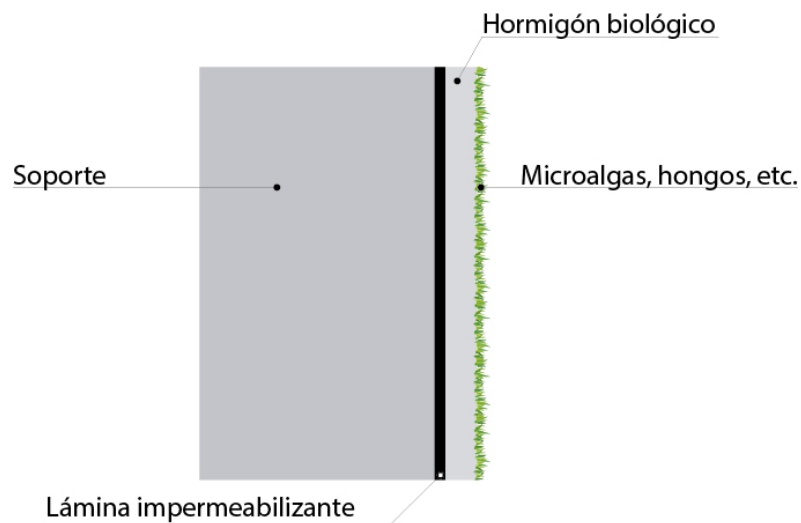
Esquema compositivo de fachada con sistema de hidroponía. Fuente: <www.arquitecturamendoza.com> [13 de octubre de 2016].

El tipo de **especies vegetales** escogidas, acordes al **clima de la zona** en que se ubica el edificio, es vital en el correcto funcionamiento del sistema.

Además de estos sistemas, existen otras investigaciones sobre fachadas verdes sobre **hormigón biológico**. Se trata de un sistema innovador, ideado por investigadores de

la Universitat Politècnica de Catalunya, que elimina los sustratos de tierra y las estructuras auxiliares portantes.

Es un sistema formado por **tres capas**: la **capa soporte**, compuesta por hormigón convencional de cemento Portland; la **capa impermeabilizante**, que protegerá a la anterior de la humedad y las posibles filtraciones; y la **bio-capa**, formada por el "hormigón biológico", un hormigón de cemento rico en fosfato de magnesio, que permite reducir el pH a los niveles requeridos para que se produzca la proliferación de los microorganismos (hongos, musgos y líquenes), entre 6,5 y 7, junto con una humedad relativa en torno al 60%.



Esquema compositivo de fachada de hormigón biológico. Fuente: <www.upc.edu> [13 de octubre de 2016].

4. MURO CORTINA

Denominamos muro cortina a un tipo de **fachada ligera** (50-74 kg/m², frente a los 250-300 Kg/m² habituales de una fachada tradicional, pesada) configurada con **láminas de vidrio**, sujetas a un sistema autoportante de **perfilería metálica**, que es la encargada de transmitir las cargas propias y las solicitaciones a las que se ve sometida la fachada (viento, presión y succión, sismo, golpes, etc.) a la estructura, a los frentes de forjado. Suele tener un espesor en torno a los **10-15 cm**.

Las **principales características** del sistema son la ligereza, la rapidez de montaje (por tratarse de un sistema en seco), la prefabricación, la versatilidad en cuanto a la composición se refiere, etc. Además, se suman las propiedades intrínsecas al material, el vidrio, apreciado por su transparencia, etc.

Los paneles de vidrio en muchas ocasiones pueden ser sustituidos o ir combinados con **paneles opacos** de diversos materiales (madera, plástico, aluminio, etc.), incluso con **vidrios de diferentes acabados** (coloreados, serigrafiados, etc.). Tanto unos como otros son los denominados rellenos, panel que se fija al entramado portante.



Muro cortina con paneles combinados de vidrio coloreado en masa. Fuente: <www.crselbor.com> [21 de septiembre de 2020].

4.1. SISTEMAS DE BASTIDOR

En general, cuando hablamos de muros cortina estamos haciendo referencia a una **fachada continua de vidrio** que se desarrolla **por delante de la estructura** principal del edificio, anclándose a ella.

Dentro de esta tipología, podemos **clasificarlos** atendiendo a varios criterios, siendo uno de los más habituales el **tipo de perfilería**, pudiendo diferenciar entre dos grupos:

- **Perfilería vista:** los bastidores metálicos, montantes y travesaños, que conforman la estructura portante que soporta las láminas de vidrio son vistos desde el exterior del edificio, formando parte del esquema compositivo y del diseño de la fachada.

Existen a su vez varias posibilidades:

- **Trama vista:** que **tanto los montantes como los travesaños** sean vistos (tipo módulo o parrilla), teniendo la misma relevancia en la composición de la fachada.



Muro cortina con trama vista. Fuente: <www.kawneer.com> [21 de septiembre de 2020].

- **Trama horizontal:** sólo los **travesaños** son vistos en la fachada, ganando protagonismo la horizontalidad.



Muro cortina con trama horizontal vista. Fuente: <www.anusa.es> [21 de septiembre de 2020].

- Trama vertical: sólo los **montantes** son vistos, de modo que se resalta en ese caso la componente la vertical de la fachada.



Muro cortina con trama vertical vista. Fuente: <www.interempresas.net> [21 de septiembre de 2020].

- Perfilería oculta: en este caso los sistemas de sujeción quedan ocultos, no se ven desde el exterior, apreciando una fachada de vidrio continua, cuyos paneles quedan separados tan solo por un sistema de **clipado o pinzado**, o por cordones de **silicona estructural**, que pasan bastante desapercibidos.



Muro cortina con perfilera oculta. Fuente: <www.kawneer.com> [21 de septiembre de 2020].

Para el buen funcionamiento de la estructura portante es necesario que se permita su **libre movimiento**, disponiendo de **juntas de dilatación** tanto horizontales como verticales.

La **junta de dilatación vertical** está compuesta por un manguito fijado al montante inferior, por dentro del cual desliza el superior, creando una unión telescópica.

La **junta de dilatación horizontal** puede estar constituida por una muesca en el montante, en el punto donde se encuentra con el travesaño, o por una holgura creada entre el travesaño y el montante, de 1 mm/m en el interior y 3 mm/m en el exterior.

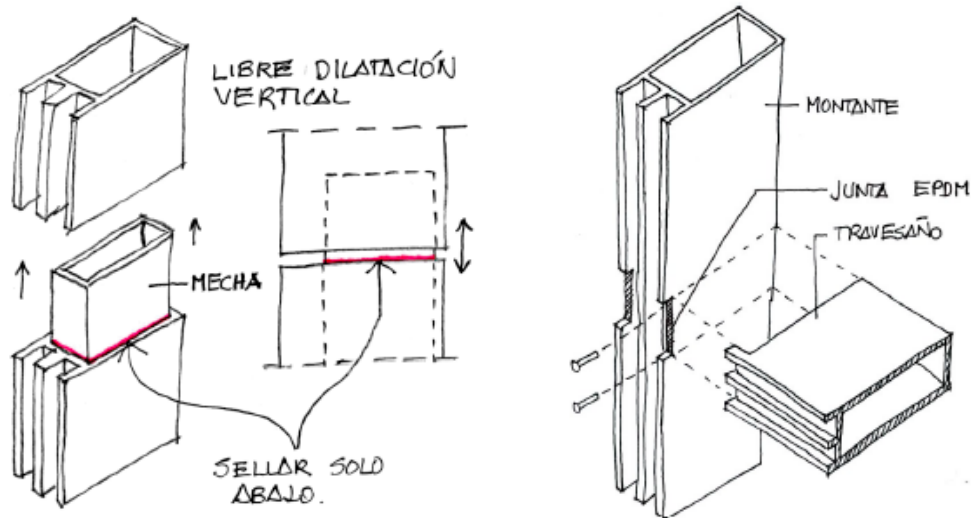


Figura 10.18: Unión entre sucesivos montantes mediante mecha

Juntas de dilatación entre montantes y montante-travesaño.

A esta perfilaría se sujetan las láminas de vidrio o los paneles opacos, haciendo uso de los diferentes **elementos de sujeción**.

En algunas ocasiones, por motivos de **seguridad**, las láminas de vidrio pueden disponer en las esquinas de piezas **cantoneras**, con distintas formas, vistas desde el exterior. Su misión es evitar la caída de la lámina de vidrio a la vía pública en caso de fallo del sistema.



Muro cortina con pestañas de seguridad en las esquinas. Fuente: <www.inalfachadas.com> [21 de septiembre de 2020].

El sistema, además de los elementos de la estructura portante, montantes, travesaños y elementos de sujeción, dispone de **piezas** de remate que resuelve los **puntos singulares**, como el **arranque inferior** y el **remate superior** de la **fachada**, el **lateral**, o las piezas que resuelven el paso del muro cortina por los **frentes de forjado**.

Así mismo, existen piezas que resuelven el encuentro en **esquina entrante o saliente** entre dos paños del muro cortina, tanto a 90°, caso más habitual, como para ángulos de otras magnitudes.

Los sistemas de muro cortina de cualquier tipo **pueden incluir ventanas practicables** que permiten ventilar los espacios interiores. Se pueden encontrar ventanas abatibles, giratorias (pivotantes o basculantes) o deslizantes (correderas o de guillotina), con apertura tanto hacia el interior o hacia el exterior.



Muro cortina con ventanas practicables. Fuente: <www.staluminumprofiles.com> [21 de septiembre de 2020].

Además de estas soluciones básicas, de tramas reticulares, podemos encontrar **muros cortina especiales** con **otras formas**: triangulares, trapezoidales, etc.



Muro cortina con geometrías singulares. Fuente: <www.glassmanufacturerchina.com> [21 de septiembre de 2020].

Se pueden utilizar **vidrios** monolíticos o vidrios dobles, simples o de seguridad:

- Vidrio simple: de 6 a 12 mm.
- Vidrios dobles: de 18 a 42 mm.

Las **características generales**:

- **Resistencia a compresión**: la rotura del vidrio a compresión es prácticamente imposible ya que su resistencia es muy elevada (10.000 kg/cm²).
- **Resistencia a tracción**: vidrio recocido: 400 kg/cm²; vidrio templado: 1.000 kg/cm².
- **Resistencia a flexión**: en este caso se tiene una carga que provoca un gradiente de tensiones, a tracción y compresión, sobre la sección del material. La resistencia a rotura será: Vidrio recocido sin defectos visibles: 400 kg/cm²; vidrio templado: 1.000 kg/cm².

Las **tensiones admisibles**, las **características físicas y mecánicas** de cada tipo de vidrio son:

	Posición vertical	Posición inclinada	Posición horizontal	Posición horizontal
	Vidrio no sometido a tensiones permanentes	Vidrio sometido parcialmente a tensiones permanentes	Vidrio sometido a tensiones permanentes (Ambiente no húmedo)	Vidrio sometido a tensiones permanentes (Ambiente húmedo-Piscinas)
Recocido	200	150	100	60
Templado	500	375	250	250
Semi-templado	350	260	175	175
Templado-Serigrafiado	350	260	175	-
Laminado	200	150	100	100
Colado recocido	180	135	90	90
Colado templado	400	300	200	200
Armado	160	120	80	-

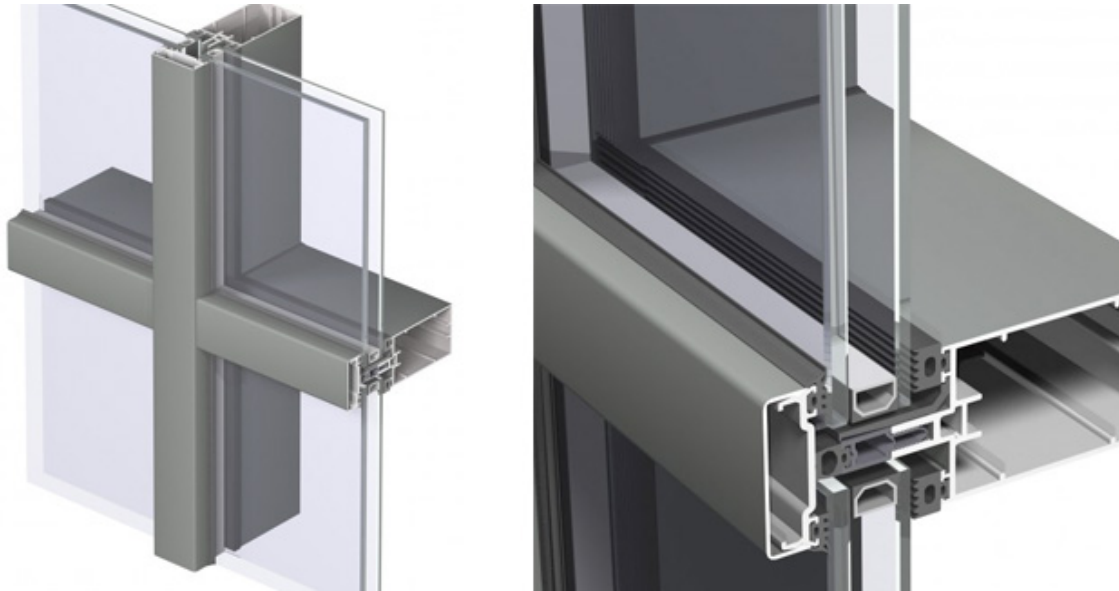
Características	Símbolo	Valor numérico y unidad
Densidad (a 18°C)	ρ	2500 daN/m ³
Dureza		6 unidades (escala de Mohr)
Módulo de Young	E	6,6x10 ⁸ daN/cm ²
Índice de Poisson	μ	0.2
Calor específico	c	0.72 x10 ³ J/(kg.K)
Coefficiente medio de dilatación lineal entre 20 y 300°C	α	9x 10 ⁻⁶ K ⁻¹

Tensiones admisibles y características físicas y mecánicas del vidrio. Fuente: <www.vitalba.com> [21 de septiembre de 2020].

Las prestaciones, en cuanto a **eficiencia energética** se refiere, del muro cortina, dependen tanto de las características de la perfilería como de los vidrios utilizados.

Podemos encontrar en el mercado una amplia variedad de calidades, desde muros cortina sin aislar, de **vidrios** sencillos, hasta fuertemente aislados, con dobles y triples acristalamientos, con soluciones especiales para edificios en altura.

La **carpintería metálica**, de aluminio o de acero inoxidable, puede **disponer o no de rotura de puente térmico**, determinando la eficiencia del sistema. La **estanqueidad** depende principalmente de las juntas dispuestas tanto en el interior como en el exterior. Se trata de un **perfil elastómero** colocado entre el vidrio y el marco en que se inserta. Así mismo, el diseño de la perfilería incluye sistemas de ventilación y drenaje del agua infiltrada.



Muro cortina con doble acristalamiento y carpintería con rotura de puente térmico. Fuente: <www.qbfachadas.com> [21 de septiembre de 2020].

Así mismo, pueden tener **distintos acabados** para definir la estética, como el anodizado, el lacado en colores variados o el efecto madera.

Con estas soluciones, los muros cortina son **capaces de cubrir las exigencias** de aislamiento, tanto térmico como acústico, que establece la normativa.

De todos modos, aún recurriendo a estas soluciones, en **climas extremos** no es recomendable el uso de estos sistemas de fachada, al menos en orientaciones con gran incidencia solar en verano (principalmente sur y oeste).

Por otro lado, los vidrios pueden tener tratamientos especiales para disminuir la **incidencia solar**, garantizando una disminución de la transmitancia térmica, ya mediante vidrios tintados, coloreados, serigrafiados, Smart Glass, etc.



Muro cortina con smartglass. Fuente: <www.youtube.com/watch?v=0GrHZHXIK-U> [21 de septiembre de 2020].

Otro aspecto a tener en cuenta es la **reflexión** de la luz. Debe estudiarse la incidencia en el entorno del edificio, puesto que estas superficies extensas de vidrio pueden llegar a provocar deslumbramientos a los conductores, etc. Incluso, en algunas ocasiones pueden llegar a provocar incendios.

El cumplimiento de la **resistencia al fuego** es otro de los factores más comprometidos, debido a los materiales utilizados en este sistema, que rompen o funden a temperaturas relativamente bajas.

Para cumplir los requisitos de la normativa, se debe atender al **punto más conflictivo** para este tipo de fachadas en cuanto a la propagación del fuego se refiere, el **encuentro del muro cortina con los forjados**. El fuego tiende a propagarse de una planta a otra a través del hueco existente entre el plano de fachada y el frente del forjado (caso del incendio del edificio Windsor en Madrid en 2005).

Se dotará a los frentes de forjados con una **barrera** constituida por materiales mínimo EI 60, colocados en sentido vertical, **1 m** medido en el plano de fachada, que debe ir anclado al forjado de forma independiente al muro cortina, no comprometiendo así su resistencia y estabilidad a la de éste.



Barrera cortafuegos de lana de roca para muro cortina. Fuente: <www.rockwool.es> [Consulta: 21 de septiembre de 2020].

Siempre es recomendable evitar detalles constructivos complejos, así como generar estructuras salientes que sirvan de barrera a las llamas.

4.2. FACHADA PANEL

Se trata de muros cortina que, al contrario que los anteriores, resuelven el **cerramiento** salvando únicamente la **altura libre entre forjados**. Se trata por tanto de una fachada que se ve interrumpida por la estructura horizontal del edificio, que separa cada uno de los niveles de la fachada.



Muro cortina tipo panel. Fuente: <www.aluvidre.com> [21 de septiembre de 2020].

Dentro de este sistema, destacan los conocidos como **sistemas de araña**, que a diferencia de los anteriores suelen resolver el cerramiento de una única planta, disponiéndose entre dos forjados consecutivos. En este caso, el vidrio queda sujeto mediante tornillería a una pieza metálica, la llamada **araña**, que **sujeta a 4 láminas de vidrio** contiguas desde su esquina común.



Araña para muro cortina. Fuente: <www.vidrieriamax.com> [Consulta: 21 de septiembre de 2020].

A vez, la araña va sujeta a un **sistema portante**, que es el encargado de transmitir las cargas y sollicitaciones a los forjados entre los que se dispone. Según el tipo de sistema utilizado, **podemos diferenciar entre**:

- **Sistemas de araña con pilares de acero**: en este caso las arañas van sujetas a perfiles metálicos, cuya forma puede variar según el caso. Podemos encontrar perfiles tubulares, IPE, etc. Se trata de un sistema en el que el sistema portante adquiere una fuerte presencia compositiva en la solución adoptada desde el interior del espacio.

- **Sistemas de araña con tensores**: en este caso el sistema portante se resuelve contensores metálicos que crean un entramado que sustenta las arañas y a su vez queda anclado a los forjados o a un elemento estructural al que se pueda transmitir el peso y las sollicitaciones del sistema. La ligereza de los tensores hace que pasen más desapercibidos desde el interior, creando a su vez una estética atractiva y singular.

- **Sistemas de araña con costillas de vidrio**: se trata de láminas de vidrio dispuestas en vertical, en sentido transversal a la fachada. A ellas van sujetas las arañas, transmitiendo el propio vidrio el peso de la fachada al forjado. La materialidad de la

solución apuesta por la continuidad respecto al plano de fachada, permitiendo a su vez que el sistema portante pase desapercibido gracias a la transparencia del vidrio.



Sistema araña de perfiles metálicos. Fuente: <www.glasstech.cl> [Consulta: 21 de septiembre de 2020].



Muro cortina con sistema de arañas y tensores metálicos. Fuente: <www.docplayer.es> [Consulta: 21 de septiembre de 2020].



Muro cortina con sistema de arañas y costillas de vidrio. Fuente: <www.cosmosglasssolution.com> [Consulta: 21 de septiembre de 2020].

Incluso este sistema de muros cortina pueden integrar **vidrios practicables** para la ventilación de los espacios interiores.



Vidrio practicable en muro cortina con sistema de araña. Fuente: <www.constructorabg.wixsite.com> [Consulta: 21 de septiembre de 2020].

4.3. SISTEMAS DE DOBLE PIEL

Es un sistema que **mejora** notablemente las **prestaciones** respecto a los anteriores. Se trata de una fachada de **doble piel de vidrio**, con una **cámara intermedia ventilada**, que mejora notablemente la eficiencia energética.

Suelen estar compuestos por un **muro cortina convencional**, componiendo una de las capas, la principal, y una **segunda piel** de vidrio, compuesta en este caso habitualmente por un **vidrio sencillo**.



Muro cortina de doble piel. Fuente: <www.strunor.com> [Consulta: 21 de septiembre de 2020].

Las **pasarelas** dispuestas habitualmente al nivel de los forjados facilitan el mantenimiento del sistema y a su vez sirven de barrera contafuegos.



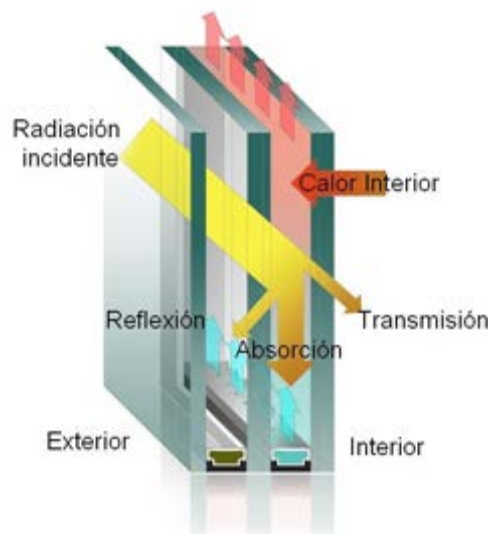
Muro cortina de doble piel y pasarelas de mantenimiento. Fuente: <www.bimobject.com> [Consulta: 21 de septiembre de 2020].

4.4. MUROS CORTINA SINGULARES

4.4.1. MUROS CORTINA ACTIVOS

Pueden integrar el sistema **Radiaglass**, conocidos como **muros cortina activos**. Se trata de un sistema que permite que el **agua circule por la cámara** creada por el doble acristalamiento del muro cortina, **bloqueando** así parte de **la radiación solar** que incide en el vidrio, impidiendo que el calor pase al vidrio situado en la parte interior. Consigue de ese modo un ahorro en climatización del 70% en la **época estival**.

Así mismo, en **invierno**, se hace pasar un **agua atemperada** aprovechando la **geotermia**, reduciendo así las pérdidas energéticas, de modo que se consigue también un considerable ahorro en calefacción.



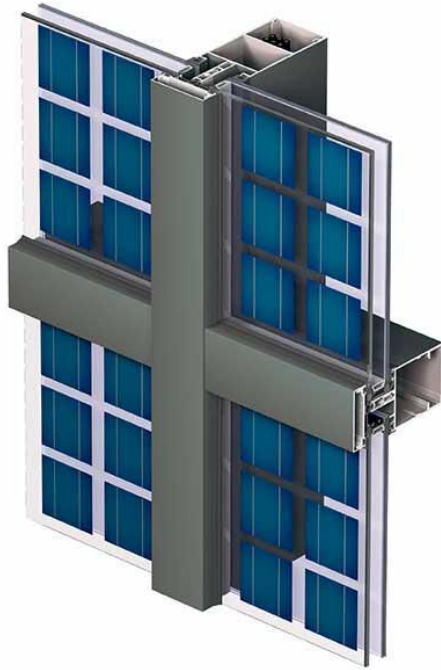
Muro cortina activos, sistema Radiaglass. Fuente: <www.upm.es> [Consulta: 21 de septiembre de 2020].

4.4.2. MUROS CORTINA FOTOVOLTAICOS

Se trata de muros cortina con **sistemas fotovoltaicos integrados**, que permiten cubrir gran parte de la demanda energética del edificio, aportando un considerable **ahorro en el consumo de energía**.

Además de estos beneficios, **protege de la radiación solar y de los rayos ultravioletas**, evitando el efecto invernadero.

Puede estar constituido por **células fotovoltaicas convencionales o parcialmente transparentes**, garantizando la iluminación natural del espacio interior, ofreciendo una gran variedad de estéticas, pudiendo integrar colores, etc.



Esquema compositivo e imagen de muro cortina fotovoltaico. Fuente: <www.tectonica.archi> y <www.onyxsolar.es> [Consulta: 21 de septiembre de 2020].

Para su correcto funcionamiento, es imprescindible que en el **diseño** se tenga en cuenta la importancia de eliminar cualquier elemento que pueda producir **sombras arrojadas** en el sistema, que mermarían su eficiencia.

Así mismo, su rendimiento será mayor cuantas más horas incida la luz solar en la fachada, por lo que su **orientación óptima** es la **sur**.

5. U-GLASS

El U-glass es un **panel de vidrio en forma de U**, la cual le otorga una **rigidez** suficiente para poder constituir grandes superficies de vidrio sin la necesidad de disponer de elementos metálicos intermedios, tan sólo necesitan un bastidos perimetral que recibe los perfiles de vidrio.

Son piezas de **vidrio traslúcido**, que aportan una **estética** a la fachada muy atractiva, permitiendo el **paso de la luz**, respetando al mismo tiempo la **intimidad** del espacio interior. Crea una **luz difusa y homogénea**, que lo hace óptimo para cualquier tipo de uso, **tanto en interiores como en exteriores**.



Sistema de fachada U-Glass, transparencia y privacidad del espacio interior.

El grado de opacidad del vidrio puede variar en función del **acabado** de la superficie seleccionado, a las que se aplican distintos tratamientos (chorreado de arena), pudiendo incluir también **texturas** variadas.

Además, es posible incluir vidrios **coloreados en masa o esmaltados**, aumentando las posibilidades estéticas del sistema.

Estas propiedades hacen que en ocasiones se disponga **a modo de ornamento**, no configurando un cerramiento estanco.



Sistema de fachada U-Glass, utilizado en este caso como doble piel exterior del cerramiento, creando un pasaje interior. Protección visual de las consultas de atención primaria del hospital del Vinalopó.

Permite cubrir **tanto superficies planas como curvas**. Incluso en algunas ocasiones, el sistema U-Glass ha sido utilizado como hoja exterior de una **fachada ventilada**.



Fachada ventilada U-glass. Fuente: <www.teoriadeconstruccion.net> [Consulta: 19 de septiembre de 2020].

Permite jugar con el efecto creado por el vidrio translúcido por la noche, cuando el edificio queda **retroiluminado**, definiendo la **imagen nocturna** del edificio.

También existen vidrios con **tratamientos especiales**:

- Vidrios de **baja emisividad**: incluyen tratamientos con óxidos metálicos que producen un efecto reflectante, evitando que la superficie se caliente, de modo que se pueden alcanzar valores de transmitancia realmente bajos, hasta $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Vidrios de **control solar**: con tratamientos antisolar, que repele las radiaciones no deseadas.
- Vidrios **templados**: que están pretensados térmicamente, aumentando su resistencia a la rotura.
- Vidrios **de seguridad**: ya se trata de vidrios armados o a base de tratamientos aplicados sobre la superficie que actúan como los butirales, sin la necesidad de que existan dos capas de vidrio comprimiento esta cobertura.
- Vidrios **extraclaros**: con un contenido reducido de hierro en masa, de modo que su color es más claro de lo habitual, además de que el grado de transmisión de la luz alcanza el 90%.

5.1. TIPOLOGÍAS

Las fachadas de U-Glass pueden clasificarse atendiendo a varios criterios. Según las **propiedades** de la pieza se clasifican en:

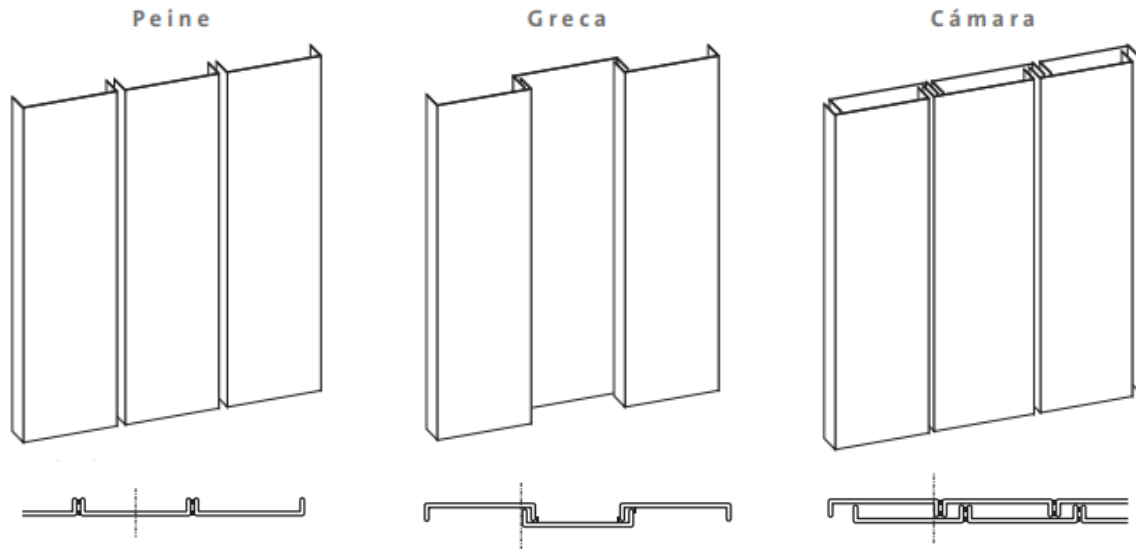
- **Piezas armadas**: piezas que incluyen en la masa de vidrio hilos de acero dispuestos en sentido longitudinal, que hacen que en caso de rotura el vidrio quede adherido a los mismos, impidiendo su caída (vidrio de seguridad). Estos hilos de acero quedan embebidos en la masa de vidrio, que los protege a su vez del contacto con el aire y el agua, impidiendo que se inicien procesos de corrosión.

- **Piezas sin armar**

Según su **disposición en obra**, conformando la fachada, pueden clasificarse en:

- **Simple vidriado**: con piezas dispuestas en forma de **peine o** en forma de **greca**. Pueden llegar a cubrir **hasta 4 m** de altura sin tirantes intermedios con una misma pieza.

- **Doble vidriado**: con piezas enfrentadas dispuestas formando una **cámara** intermedia, la cual confiere al sistema un **mayor aislamiento**, tanto térmico como acústico. Garantizan la estanqueidad gracias al sellado plástico de sus juntas. Pueden llegar a cubrir **hasta 5 m** de altura sin tirantes intermedios con una misma pieza.



Posible disposición del U-glass. Fuente: <www.cerviglas.com> [Consulta: 19 de septiembre de 2020].

5.2. CARACTERÍSTICAS

5.2.1. DIMENSIONES

- Ancho: 24, 27, 34 y 50 cm.
- Longitud: 1 a 7 m.
- Ancho del ala: 41 y 60 mm.
- Alto: entre 1 y 5 - 7 m. Depende de la disposición de las placas y de la presión que debe soportar.
- Espesor: 6-7 mm.

5.2.2. COMPORTAMIENTO TÉRMICO

Los cerramientos de **vidriado sencillo** presentan una **transmitancia térmica** en torno a **5,5-5,7 W/m²·°K** y los de **vidriado doble** **2,8-3 W/m²·°K**, aceptables en uno u otro caso, en una mayor parte del territorio español (ver Tabla 2.1 CTE DB-HE). Con el uso de vidrios especiales ya hemos visto que se pueden alcanzar valores más bajos de U.

El **índice de factor solar (g)** es **0,8** para el **vidriado sencillo** y **0,7** para el **vidriado doble**.

5.2.3. COMPORTAMIENTO ACÚSTICO

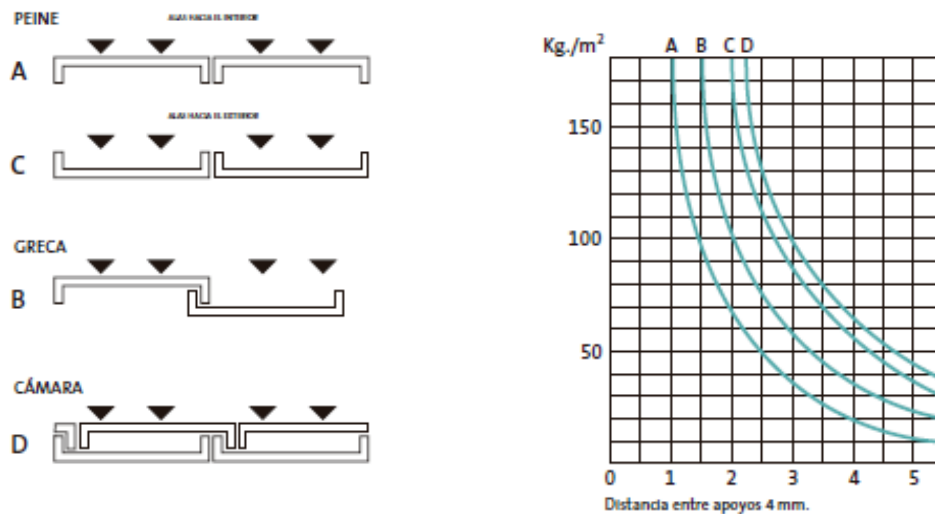
Los índices de atenuación acústica R_w de los cerramientos de **vidriado sencillo** están en torno a **20-23 dB**, llegando a alcanzar los de **vidriado doble** los **40-43 dB**. Con estos valores puede obtenerse el $R_A = R_w + C$.

5.2.4. COMPORTAMIENTO FRENTE AL FUEGO

El U-Glas está clasificado como A1, **no combustible**, sin contribución en grado máximo al fuego (según la clasificación europea, RD 312/2005 y UNE-EN 13501-1:2002).

5.2.5. RESISTENCIA MECÁNICA

La resistencia del vidrio a las **cargas de viento** depende principalmente de la altura del vidrio y del sistema de montaje empleado.



Resistencia mecánica del U-glass. Fuente: <www.cerviglas.com> [Consulta: 19 de septiembre de 2020].

5.3. PUESTA EN OBRA

Los perfiles en U se colocan sobre un **bastidor** de acero galvanizado o aluminio. Su **puesta en obra** por tanto es **rápida y sencilla**.

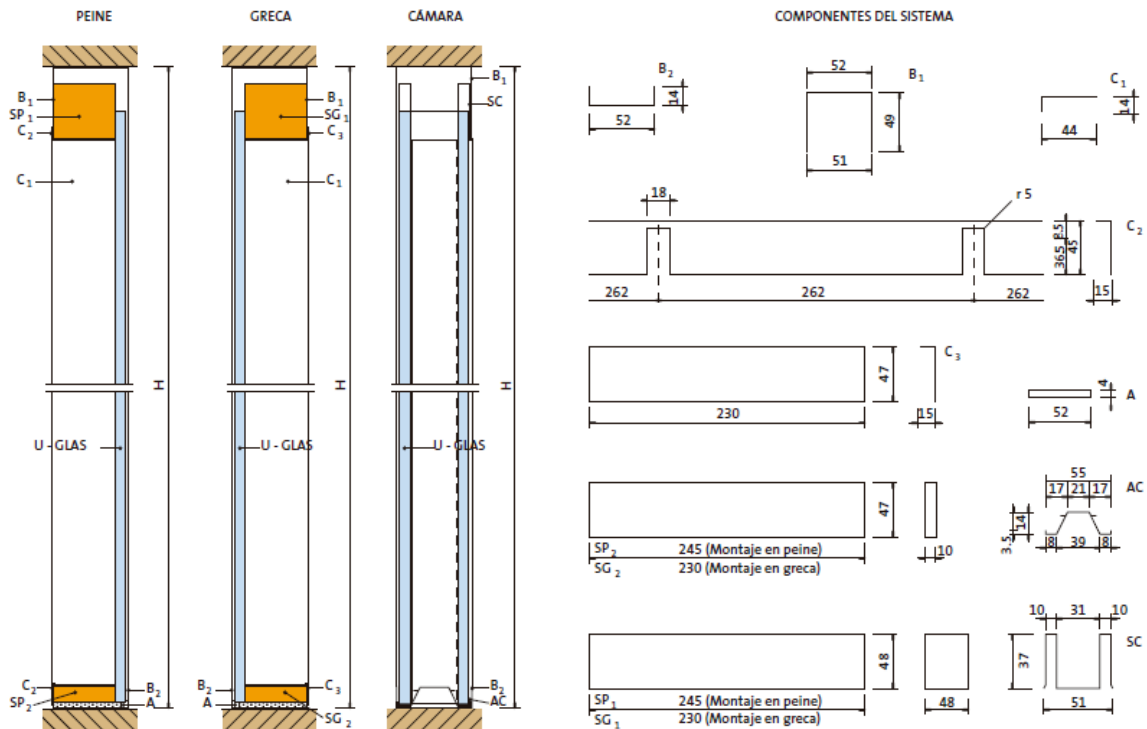
Los bastidores están **compuestos por un perfil superior** ranurado, un **perfil inferior con drenaje**, que permite la evacuación del agua (puede incluir un vierteaguas) y un **perfil de cierre lateral**. Existen bastidores **con y sin rotura de puente térmico**.



Perfil inferior y superior del bastidor de montaje del sistema de fachada U-Glass.

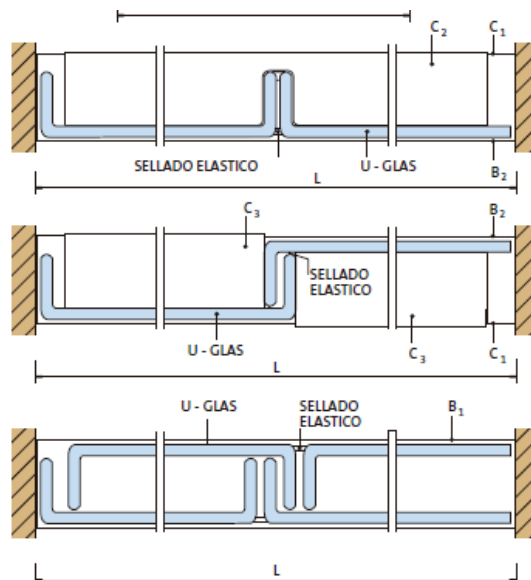
La disposición de los perfiles de vidrio dentro del bastidor se realiza utilizando **calzos de PVC**, especiales para sistemas sencillos o sistemas cámara, y **bandas de apoyo de poliestireno o perfiles de apoyo de PVC**.

	BASTIDOR perfil inferior y verticales	BASTIDOR perfil superior	PERFIL CIERRE lados verticales	PERFIL CIERRE lados horizontales	BANDAS DE APOYO en poliestireno	TACOS DE POLIESTIRENO para fijación
PEINE						
GRECA						
CÁMARA					PERFIL DE APOYO P.V.C. 	PERFIL SEPARADOR P.V.C.

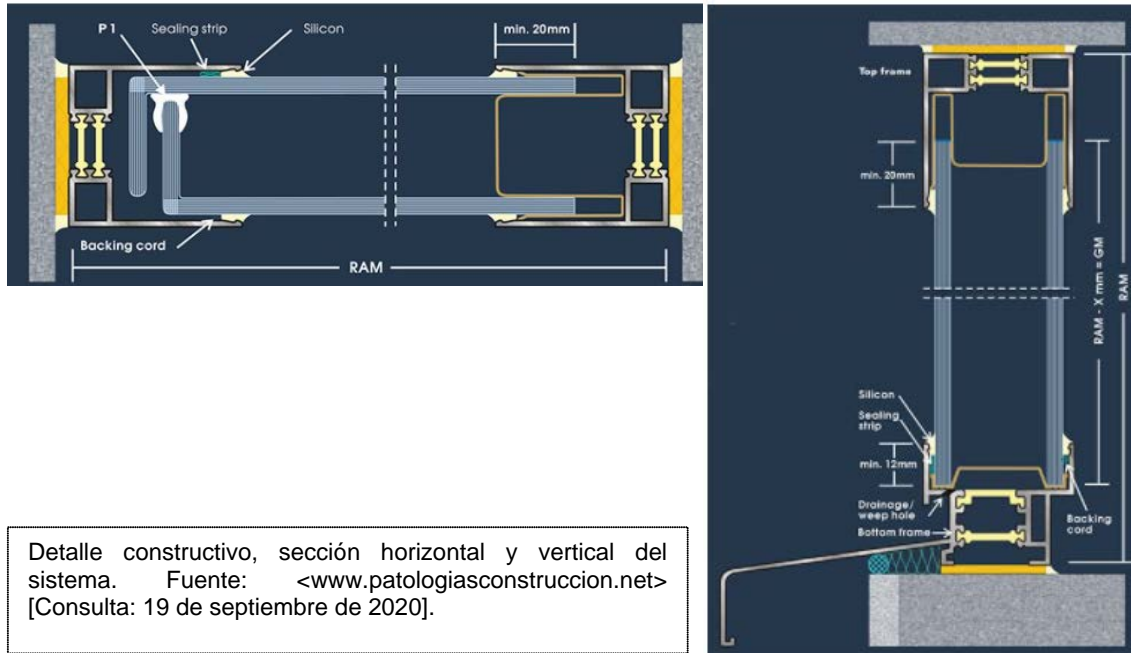


Elementos componentes del sistema. Fuente: <www.cerviglas.com> [Consulta: 19 de septiembre de 2020].

La **estanquidad** del cerramiento se garantiza mediante un **sellado elástico** de las piezas en su encuentro. El cordón de sellado debe tener un **ancho** de **2 mm** y una **profundidad** de **8 mm** como mínimo.

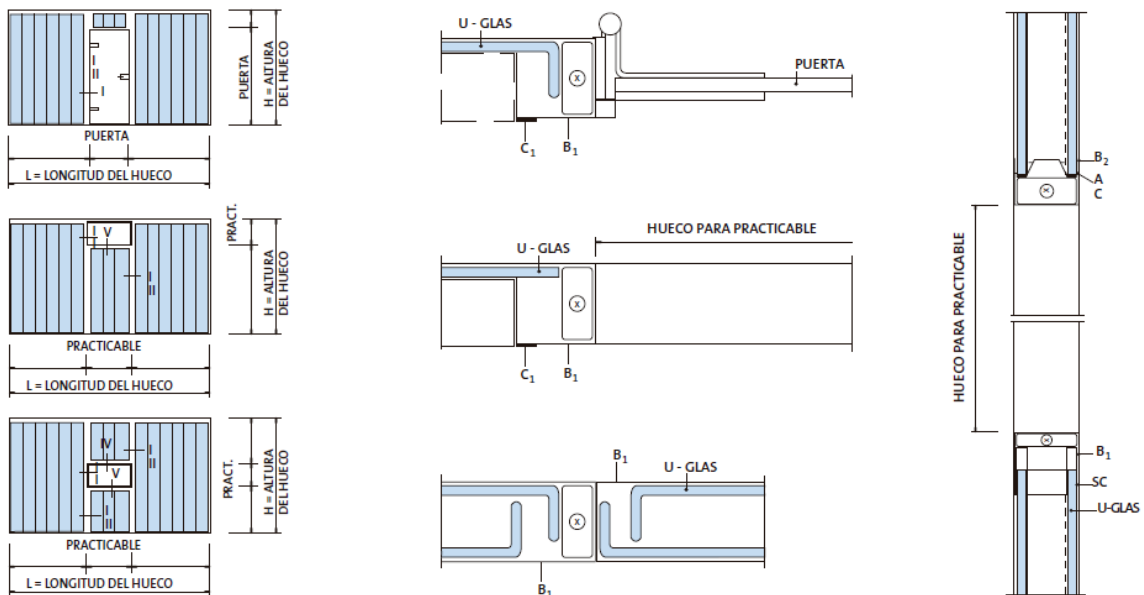


Sellado elástico del sistema para garantizar la estanquidad. Fuente: <www.cerviglas.com> [Consulta: 19 de septiembre de 2020].



Detalle constructivo, sección horizontal y vertical del sistema. Fuente: <www.patologiasconstruccion.net> [Consulta: 19 de septiembre de 2020].

Es posible integrar **huecos practicables** (ventanas o puertas) para la ventilación de los espacios, gracias a perfiles metálicos especiales.



Bastidores especiales para carpintería practicable. Fuente: <www.cerviglas.com> [Consulta: 19 de septiembre de 2020].

TEMA 7 – CUBIERTAS PLANAS

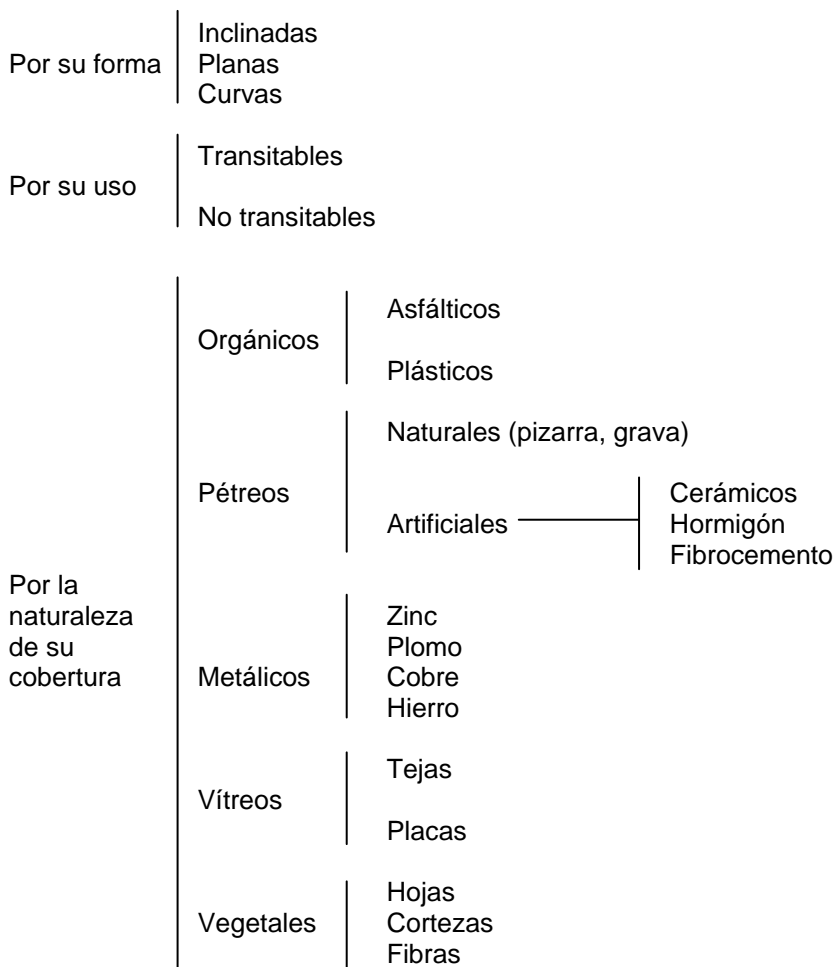
1. INTRODUCCIÓN

Entendemos por **cubierta** el sistema constructivo utilizado como cierre superior o de coronación de un edificio. De esta forma **se completa el perímetro envolvente** del mismo, que empezaba con las unidades de obra en contacto con el terreno (soleras y muros de sótano), seguía por encima de la cota cero con los sistemas de cerramiento vertical o fachada, y finaliza rematando la parte más alta con los sistemas constructivos que ahora nos competen.

Los **requisitos básicos** que podemos exigir a una cubierta son:

- **Resistencia mecánica:** estabilidad ante acciones estáticas o dinámicas.
- **Impermeabilidad:** garantizar la estanquidad al agua, la nieve y el viento.
- **Aislamiento térmico y acústico,** a ruido aéreo o de impacto.
- **Resistencia al fuego.**
- **Elasticidad:** capacidad de deformación.
- **Durabilidad** y compatibilidad de sus materiales.
- **Economía** de construcción.

La clasificación de las cubiertas puede atender a varios aspectos:



En función de si dispone o no de cámara ventilada

No ventiladas o calientes

Ventiladas o frías

2. APROXIMACIÓN HISTÓRICA

Los principios compositivos de la arquitectura del Movimiento Moderno en la primera mitad del s. XX, la aparición de nuevas láminas impermeables y la simplificación de los procesos constructivos, han hecho realidad el sueño de lograr un plano horizontal como remate de los edificios.

Las **primeras cubiertas planas** conocidas nos llegan de la **antigua Mesopotamia** (Siria, Irak), extendiéndose por el Mediterráneo y perviviendo en infinidad de poblados del Norte de África. Son cubiertas formadas por **entrevigado de rollizos de madera, cañizo, tablillas, tela tejida con arpillera** y un espesor variable de **tierra apisonada**. Finalmente ésta se protege con una **costra de mortero**, mezcla de cal, barro y paja, bien alisado y con pendiente hacia una sencilla gárgola de desagüe. Tienen buen comportamiento térmico-acústico, gracias a su espesor, aunque esto las hace pesadas y con riesgo de aumentar su peso al humedecerse y deformarse los rollizos de madera.

Siglos más tarde, la **tierra es sustituida por tableros multicapa** de losa **pétreo o rasilla cerámica** a rompe junta. Este sistema, de muy bajo aislamiento, alivia el peso de la solución. Su riesgo es la rotura de los tableros si no se les permite la libre dilatación.

Posteriormente, para mejorar sus prestaciones, se incorpora una **cámara de aire ventilada**. Se recupera el aislamiento térmico perdido. Aparece así la **cubierta plana de dos hojas**, la superior descansando sobre tabiquillos palomeros y la inferior convertida en forjado que soporta los tabiquillos. Nace de aquí el tablero de tres roscas de rasilla plana, tomadas la primera con yeso, la segunda con cal y la tercera con mortero de cemento. Este tipo de **cubierta**, hoy llamada "**fría o ventilada**", tiene como virtudes su **ligereza** y su cierto **relativo aislamiento térmico**. Dado que está fuertemente solicitada por dilataciones y contracciones debido a los cambios térmicos cíclicos, su vida depende de la posibilidad de mover libremente sin coartar sus movimientos.

Las **primeras láminas impermeables** colocadas sobre el tablero cerámico de este tipo de cubiertas sufren **excesivas variaciones dimensionales**, perdiendo fácilmente su estanqueidad. Además el asoleo directo las dañaba afectando a su durabilidad.

Hacia los **años cuarenta**, con la aparición de los **hormigones aligerados**, tanto por el uso de áridos ligeros naturales (escorias, cenizas, vermiculita, etc.), como por la inclusión de burbujas de aire o espumado en la masa del hormigón, introduce un cuerpo o **aislante** que permite sustituir la cámara de aire. La **cubierta plana** de dos hojas pasa a ser **de una hoja**, aunque **multicapa**. Su sección queda como sigue: forjado (horizontal), hormigón aligerado aislante (capa inclinada, con pendientes entre el 1 y 3%); membrana impermeabilizante y protección (casi siempre rasilla sobre mortero de cemento).

Poco después la generalización de la **calefacción** contribuyó a aumentar el contenido de **vapor en el aire interior** de las viviendas. Las condensaciones que se producían obligaron a incorporar entre el forjado y el hormigón aligerado una lámina cortavapor (**barrera de vapor**).

Entre los años sesenta/setenta, este tipo de cubierta evoluciona hacia la conocida como "**cubierta invertida**", llamada así porque invierte el orden convencional entre aislamiento térmico y la membrana impermeable. La sección ahora queda: forjado,

mortero de formación de pendientes, membrana impermeable, aislante térmico (usualmente poliestireno extrusionado) y capa de protección (usualmente áridos rodados de 40 mm de diámetro). La ventaja de esta solución consiste en **mantener protegida la lámina impermeable** de las elevadas temperaturas que le trasmite el delgado tablero cerámico que las protege.

3. DEFINICIÓN

Se considera **cubierta plana** aquella que presenta una **pendiente inferior al 5%**. Este límite corresponde tanto a cubierta **transitable**, usada habitualmente por personas, **como no transitable**, con acceso restringido para la colocación de instalaciones o mantenimiento.

Se trata de sistemas **multicapa**, a **cada una de las cuales** se le asigna una **función**:

- **Base estructural**: asume las exigencias mecánicas, soportando todo el peso de la cubierta. Suele estar constituida por el último forjado del edificio, totalmente horizontal.



Último forjado del edificio, base estructural que soporta el peso de las capas que configuran la cubierta.

Debemos asegurarnos de que el soporte haya perdido toda su humedad antes de comenzar a disponer el resto de capas. En caso de lluvia hay que demorar la ejecución de la cubierta, ya que la humedad introducida entre las capas modifica la respuesta del propio sistema.

- **Formación de pendientes:** capa que constituye la **pendiente** de los paños en que se divide la superficie para reconducir las aguas hasta los sumideros (**entre 1% y 5%** en la mayoría de los casos, alcanzando en tipologías determinadas hasta el 15%).

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

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

Pendientes de cubiertas planas según el tipo de pieza de protección Tabla 2.9 del CTE DB HS, pág. HS1-20

Puede constar de un único plano inclinado (faldón) o de varios planos, caso más habitual. Éstos se replantean con pequeñas limahoyas de ladrillo cerámico. El relleno se realiza con hormigón celular, morteros de áridos ligeros, morteros de arlita, etc., con un **espesor** mínimo de **2 cm**, en el punto más bajo, el sumidero, y máx. **30 cm**.



Tabiquillos guías para la formación de pendientes de la cubierta. Disposición de junta de dilatación rellena con poliestireno expandido en el encuentro con el antepecho.

Se dispondrán **juntas de dilatación** cada **15 m** y en el **encuentro con el antepecho** de cubierta, de **2-3 cm** de espesor, rellena de material compresible (poliestireno expandido), evitando que el empuje que ejerce esta capa sobre el peto, debido a las fuertes dilataciones, fisure la fachada en este punto en su cara exterior. Es una buena

práctica constructiva materializar esta holgura rematando el faldón con un tabiquillo de ladrillo hueco doble recorriendo todo el perímetro.



Formación de pendientes con hormigón celular y remate del faldón con tabiquillo de ladrillo cerámico, creando la holgura en el encuentro con los paramentos verticales.



Rellena de la junta de dilatación creada con planchas de poliestireno expandido.

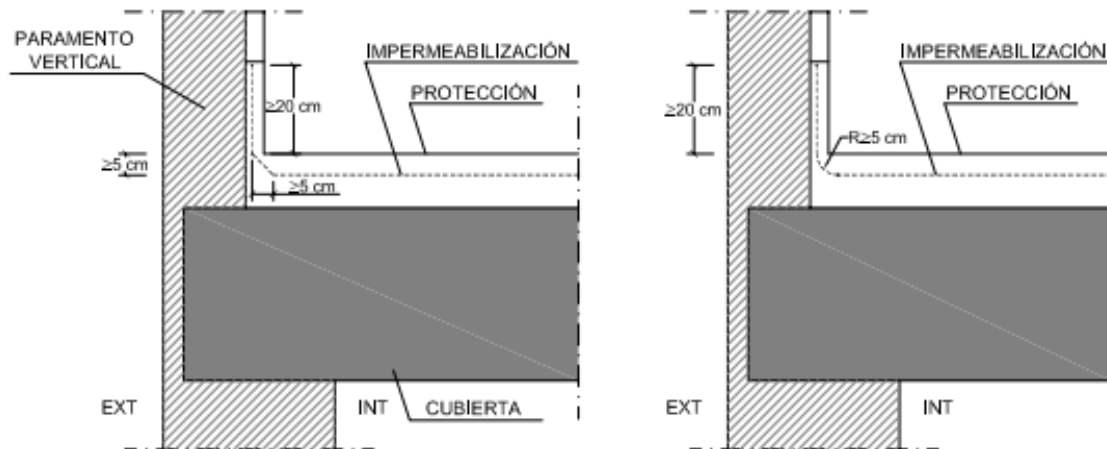
- **Impermeabilización:** garantiza la estanqueidad. La impermeabilización se puede realizar con láminas bituminosas, sintéticas, películas impermeabilizantes "in situ", etc.

Las láminas suministradas en rollos se colocarán garantizando un solape mínimo de 10 cm en todas las direcciones.



Solapen se lámina bituminosa adherida en cubierta plana.

La lámina impermeabilizante se rematará en el encuentro con los paramentos verticales con un doblado que **ascenderá un mínimo de 20 cm** por encima del nivel del acabado de la cubierta, resuelto de tal forma que no tense la lámina en la esquina.



Remate de la lámina impermeable de cubierta en el encuentro con el paramento vertical. Figura 2.13 del CTE DB HS1, pág. HS1-24.

Quedará protegida metiendo el borde en una **roza de 3 x 3 cm**, un **rebaje del peto** de cubierta de 5 cm de espesor, o la disposición de un **perfil metálico inoxidable** con un cordón de sellado en su parte superior.



Roza en el antepecho de cubierta para remate de la lámina impermeable.



Disposición de lámina impermeable bituminosa adherida, con doblado en el encuentro con los paramentos verticales embebido en el rebaje practicado en el peto.

Es imprescindible, tras la colocación de la lámina impermeabilizante, realizar una **prueba de estanqueidad**, inundando la cubierta **durante 24 horas**, comprobando que no haya filtraciones de agua en ningún punto de la misma. Para ello, los sumideros quedarán obturados mediante un doblado de la lámina impermeable, y se abrirán posteriormente para continuar el proceso constructivo.



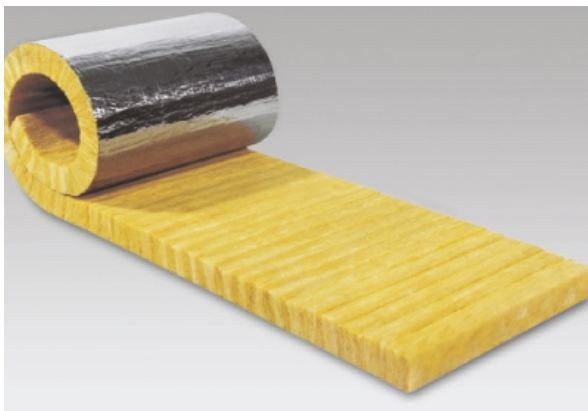
Prueba de estanqueidad en cubierta plana con lámina impermeable bituminosa adherida.

- **Aislamiento térmico:** garantiza el **control higrotérmico**. En función de la posición del aislamiento respecto a la lámina impermeable, en aquellos casos en que vaya a entrar en contacto con el agua, se utilizarán aislamientos que sean capaces de responder bien a esta situación. Los más habituales son poliestirenos, poliuretanos, etc., aunque empiezan a imponerse en el mercado **aislamientos de nueva generación**, como los reflexivos, o los **ecológicos**, de corcho natural o cáñamo, o reciclados, como los textiles, de papel o virutas de madera.



Planchas de aislamientos térmicos ecológicos. Fuente: <www.leroymerlin.es> [Consulta: 11 de mayo de 2018].

- **Barrera cortavapor:** impide que el aislamiento térmico entre en contacto con la humedad procedente de la condensación del vapor de agua que atraviesa el forjado de cubierta desde el interior del edificio, necesaria en las cubiertas calientes no invertidas con aislamientos que merman su eficacia en contacto con la humedad. Pueden actuar como barrera de vapor materiales como el **papel de aluminio**, **papel de estraza (Kraft)**, etc.



Planchas de aislamientos con barrera de vapor de aluminio y de papel Kraft incorporada. Fuente: www.isover.es> [Consulta: 11 de mayo de 2018].

- **Cámara de aire:** permite la circulación del aire caliente que se acumula bajo la capa de acabado de la cubierta, mejorando las **prestaciones higrotérmicas** de la misma. Los sistemas tradicionales crean la cámara con **tabiquillos de fábrica cerámica**, y los sistemas actuales con piezas tipo **plots** sobre las que apoya el pavimento de acabado.

- **Protección y acabado:** la terminación de la cubierta puede variar desde **solados fijos o flotantes** de diferentes materiales, hasta **láminas impermeables autoprotégidas, capas de gravas, vegetales o láminas de agua**, en función de si se trata de cubiertas transitables o no transitables.



Acabado de cubierta plana con baldosa cerámica, transitable.



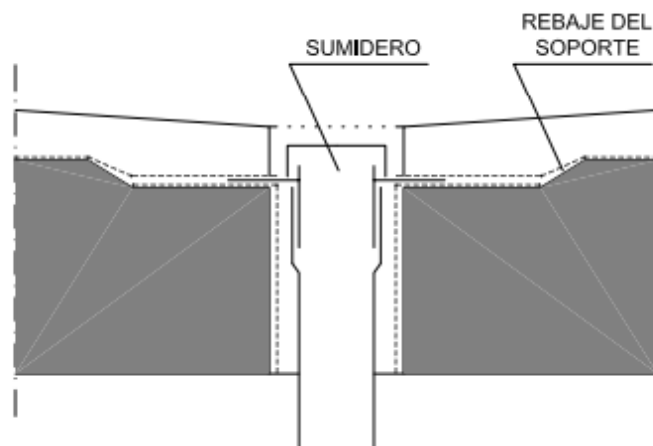
Acabado de cubierta plana con lámina impermeable autoprotégida, no transitable.



Acabado de cubierta plana no transitable con grava. Escuela Oficial de Idiomas de Elche.

- **Capas separadoras:** tienen la función de **separar materiales no compatibles**, **evitar adherencias** no deseadas o **proteger a otra capa**. Suelen estar constituidas por **fieltros geotextiles** o capas de **mortero de cemento** entre 1 y 4 cm de espesor, según el caso.

- **Sistemas de evacuación:** garantiza que el agua no quede embalsada en la cubierta, con el peligro de colapso que conllevaría el peso añadido. Constituida habitualmente por **sumideros** prefabricados que se disponen al nivel de la lámina impermeable, con un **ala mínima de 10 cm** se se introduce en el doblado de la lámina, evitando de este modo la aparición de humedades por filtración.



Remate de la lámina impermeable de cubierta en el encuentro con el paramento vertical. Figura 2.14 del CTE DB HS1, pág. HS1-25.



Encuentro de lámina impermeable autoprotégida con el sumidero de cubierta.

Deben situarse en el **punto más bajo de la pendiente**, separados al menos **50 cm respecto de cualquier paramento vertical**. Dispondrán **rejillas de protección**, planas o semiesféricas (recomendables en todos los casos las segundas, dado que es menos probable que se obturen, con el inconveniente de ser motivo de tropiezos en las cubiertas transnables).



Rejilla practicable de protección de sumidero en cubierta plana transitable.

- **Antepechos:** cumplen dos funciones, proporcionan el **cierre de las capas** que configuran la cubierta y garantizan la **seguridad** de las personas que la transitan. Suelen estar constituidos por una o dos hojas de fábrica, con suficiente resistencia para soportar las acciones a las que se verán sometidos, y una altura mínima de **1,1 m**, cuando la altura de **caída** sea **superior a 6 m**, y de **0,9 m** cuando ésta sea **igual o inferior a 6 m**. También pueden estar constituidos por elementos de hormigón, in situ o prefabricados, etc. Es importante garantizar su **estabilidad**, quedando convenientemente **anclados al forjado**, principalmente **en zona sísmica**, por la peligrosidad que conlleva la caída de estos elementos a la vía pública.



Antepechos de cubierta de doble hoja de fábrica de ladrillo cerámico (perforado+doble hueco o perforado+perforado).

4. TIPOS DE CUBIERTAS PLANAS

Como vimos en la clasificación de las cubiertas, podemos atender a varios criterios para definir las principales tipologías existentes. En el caso de las cubiertas planas, las clasificaciones más habituales atienden a su uso, a la existencia o no de una cámara ventilada y a la disposición del aislamiento térmico respecto a la lámina impermeable. De este modo distinguimos entre:

- **Cubiertas transitables:** se trata de aquellas cubiertas con un pavimento de acabado que las hace aptas para el tránsito habitual de personal. Estos pavimentos pueden ser fijos o desmontables, habitualmente de tipo cerámico, de piedra natural o artificial, de madera, etc.

- **Cubiertas no transitables:** aquellas cubiertas cuyo material de acabado no se presta al tránsito habitual de personas sobre ellas, siendo pisable únicamente para su limpieza y mantenimiento. Los acabados habituales son grava (incluso esferas de vidrio), tierra vegetal o incluso una lámina de agua, en el caso de las cubiertas inundadas.



Cubierta plana no transitable con acabado de esferas de vidrio, MACA, Alicante.

En algunos casos podemos encontrar cubiertas que no cuentan con un acabado de protección, sino que disponen de láminas impermeables autoprotegidas en la cara expuesta a la intemperie.

- **Cubiertas ventiladas o frías:** este tipo de cubierta interpone una cámara ventilada entre el soporte de la cobertura y la base estructural, permitiendo disipar el calor en épocas estivales, recomendadas en zona con climas cálidos.

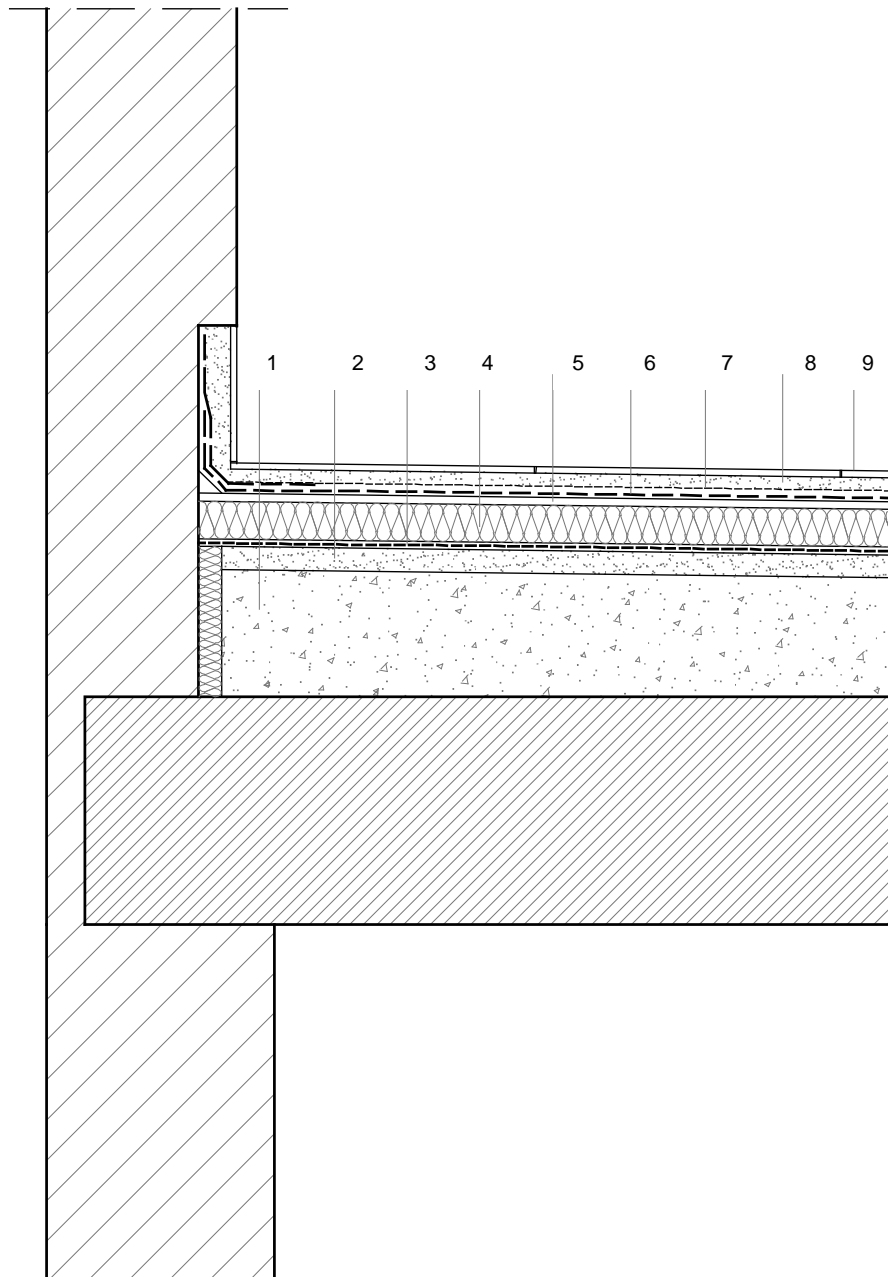
- **Cubiertas no ventiladas o calientes:** en este tipo de cubierta los elementos de cobertura y soporte descansan directamente sobre la base estructural, sin dejar cámara de ventilación entre los mismos.

Dentro de las cubiertas calientes podemos distinguir entre las **cubiertas tradicionales**, aquellas en que el aislamiento térmico se dispone por debajo de la lámina impermeable, de las denominadas **cubiertas invertidas**, aquellas en que el aislamiento se coloca sobre la impermeabilización. La principal ventaja de las invertidas radica en que el aislamiento protege a la lámina impermeable de las variaciones térmicas, causa principal de su degradación. Además, estas cubiertas no necesitan disponer de barrera cortavapor.

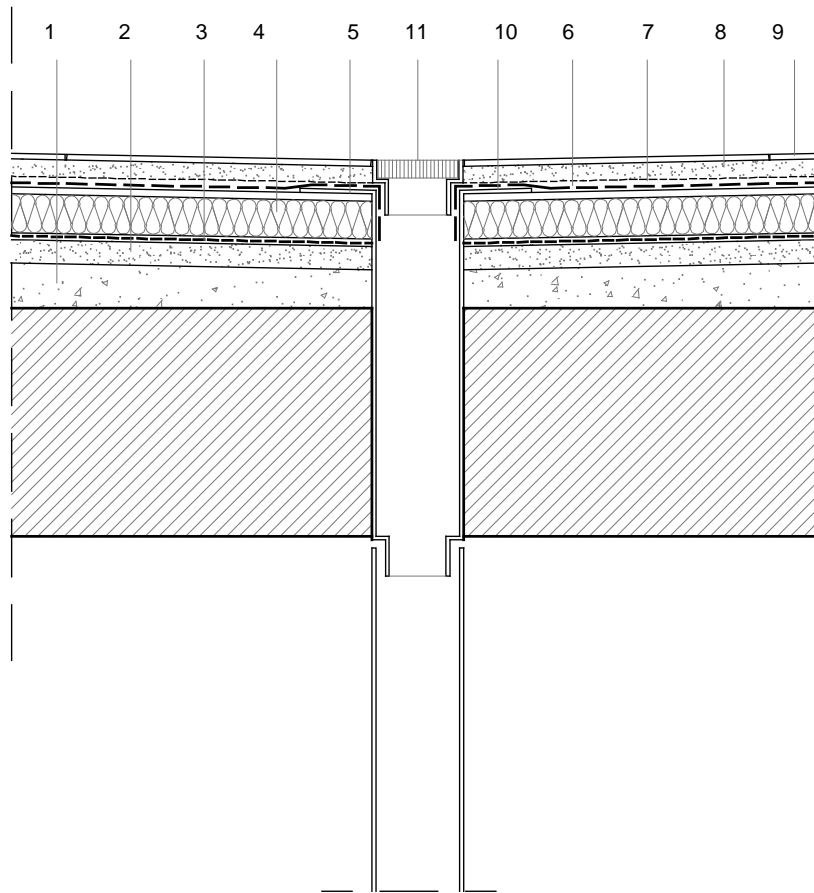
4.1. CUBIERTAS TRANSITABLES

4.1.1. CUBIERTAS TRANSITABLES CALIENTES

4.1.1.1. Cubierta con solado fijo



1. Formación de pendientes con hormigón de áridos ligeros. Pendiente mayor del 3%.
2. Capa de regularización de mortero de cemento.
3. Capa difusora del vapor o barrera de vapor.
4. Aislamiento térmico. Placas rígidas de material aislante ancladas mecánicamente o adheridas.
5. Capa separadora: mortero de cemento.
6. Lámina impermeable adherida.
7. Capa separadora: fieltro geotextil.
8. Mortero de agarre del solado fijo.
9. Solado fijo.
10. Sumidero.
11. Rejilla de protección.



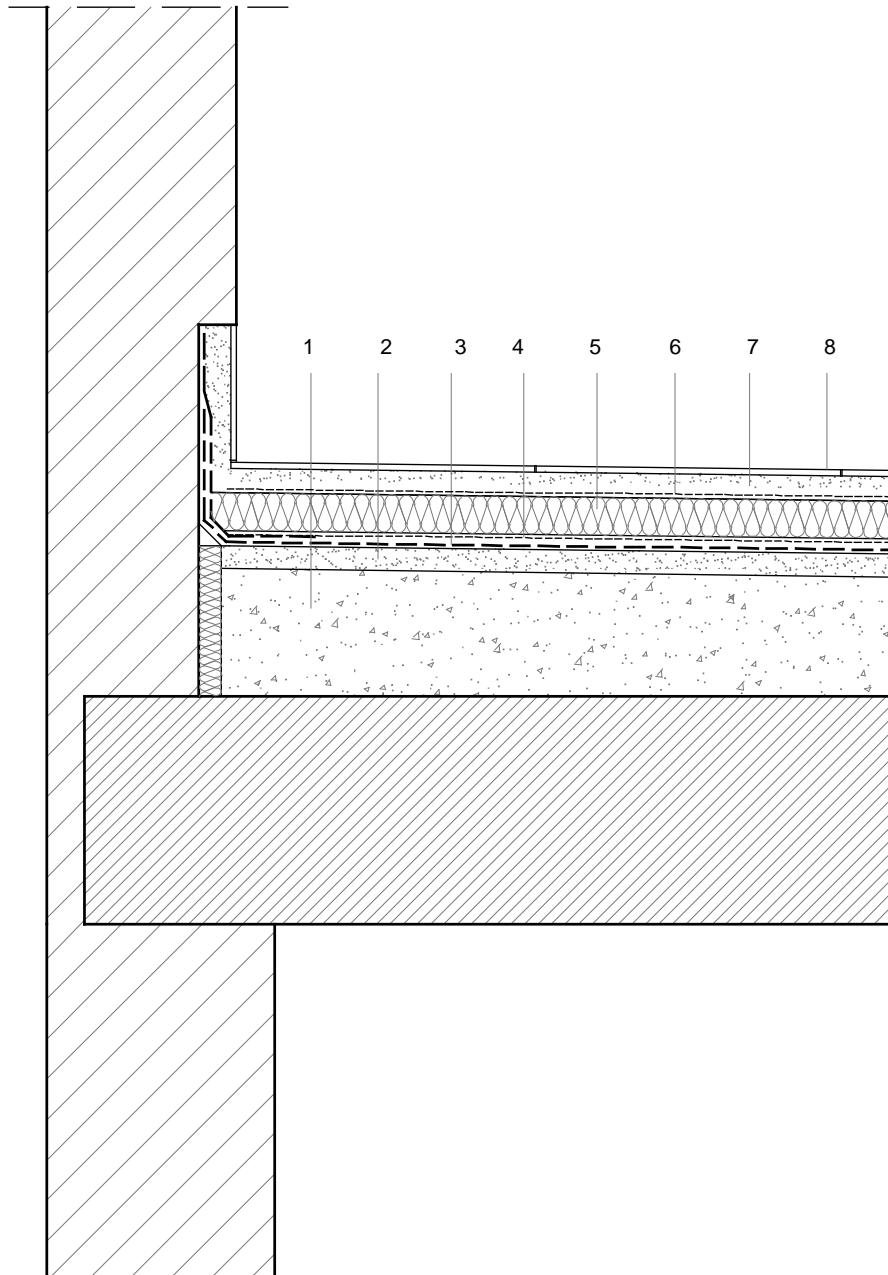
Encuentro con antepecho de cubierta y con sumidero. E = 1/10.

Juntas: las juntas estructurales del edificio han de respetarse, se realizarán juntas en el perímetro y en cuadrícula de 5 metros en el acabado.

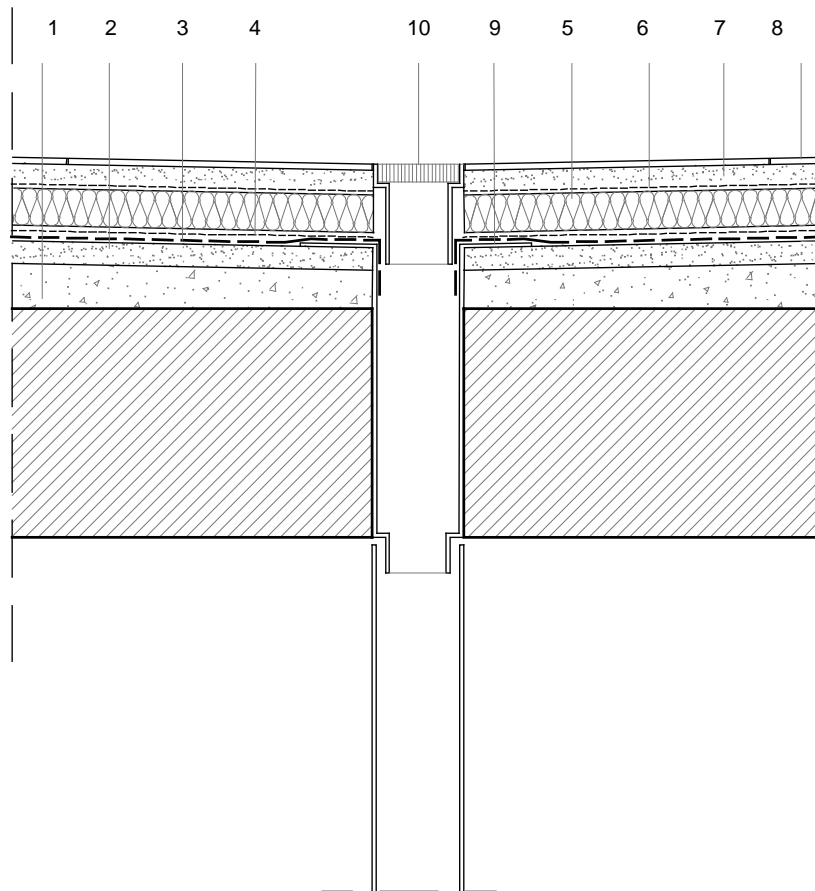


Junta en pavimento cerámico de cubierta plana transitable.

4.1.1.2. Cubierta invertida con solado fijo



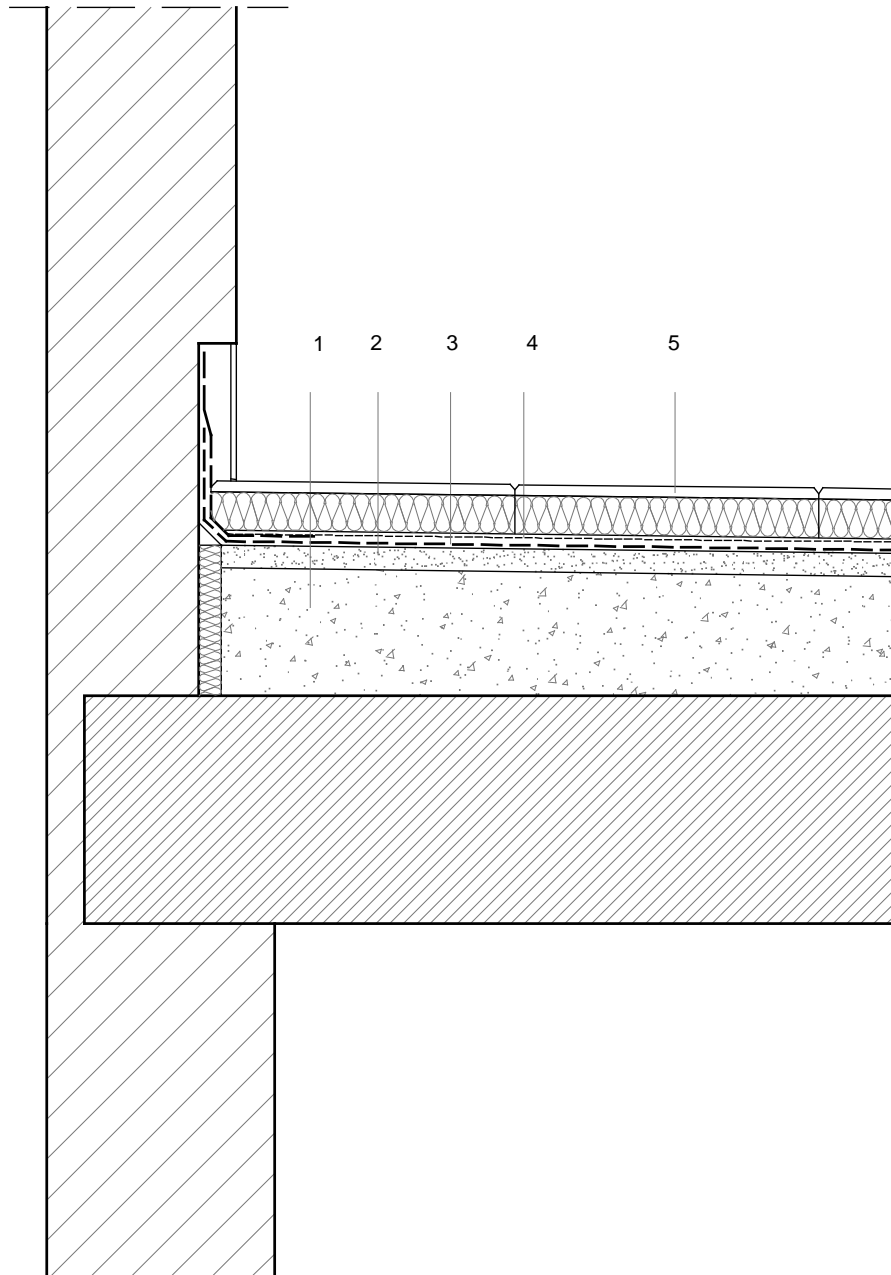
1. Formación de pendientes con hormigón de áridos ligeros. Pendiente del 1 al 3%.
2. Capa de regularización de mortero de cemento.
3. Lámina impermeable adherida.
4. Capa separadora: fieltro geotextil.
5. Aislamiento térmico. Placas rígidas de material aislante ancladas mecánicamente o adheridas, sin mermar la continuidad de la lámina impermeable.
6. Capa separadora: fieltro geotextil.
7. Mortero de agarre del solado fijo.
8. Solado fijo.
9. Sumidero.
10. Rejilla de protección.



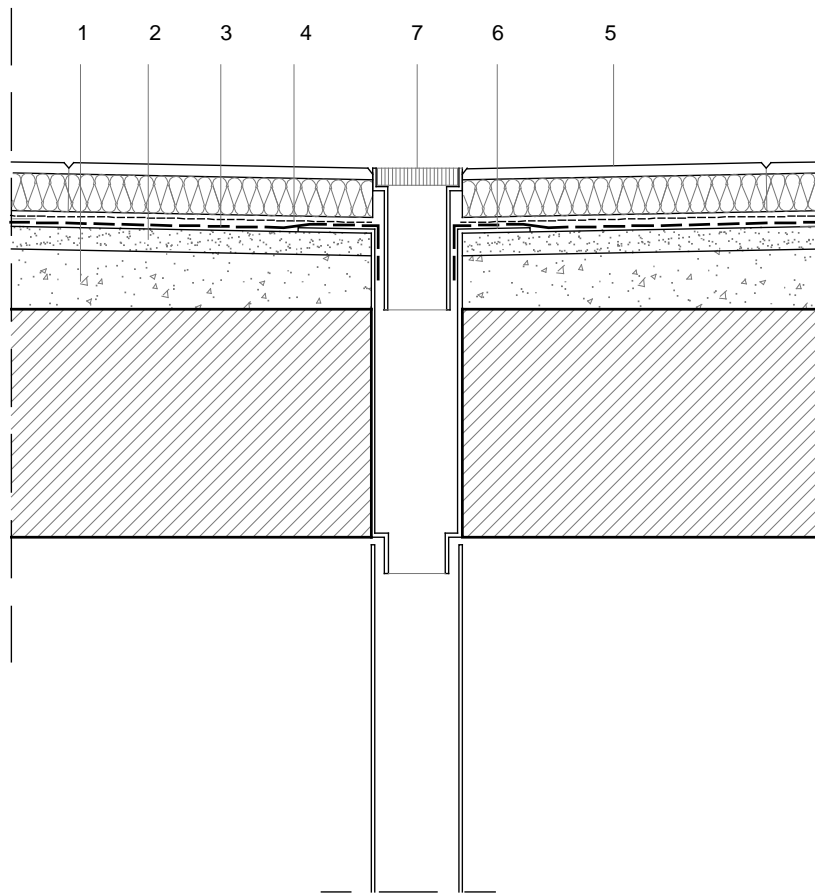
Encuentro con antepecho de cubierta y con sumidero. E = 1/10.

Juntas: las juntas estructurales del edificio han de respetarse, se dispondrán juntas cada 15 m en cubiertas con láminas bituminosas, se realizarán juntas en el perímetro y en cuadrícula de 5 metros en el acabado.

4.1.1.3. Cubierta invertida con pavimento flotante (losa filtrante)



1. Formación de pendientes con hormigón de áridos ligeros. Pendiente del 1 al 5%.
2. Capa de regularización de mortero de cemento.
3. Lámina impermeable.
4. Capa separadora: fieltro geotextil..
5. Capa de protección: losas filtrantes, losas prefabricadas machihembradas de poliestireno extruido con acabado de mortero de cemento de 1,5 cm de espesor.
6. Sumidero.
7. Rejilla de protección.



Encuentro con antepecho de cubierta y con sumidero. E = 1/10

Juntas: las juntas estructurales del edificio han de respetarse. Las **juntas en la capa de protección** se materializan directamente por el sistema de apoyo de las baldosas, tanto entre ellas como en el perímetro.

Se trata de una tipología muy utilizada actualmente en rehabilitación, permitiendo la mejora de la eficiencia energética de la cubierta con una solución de gran simplicidad y sin aportar un peso añadido excesivo al edificio. Apta en cubiertas no transitables.

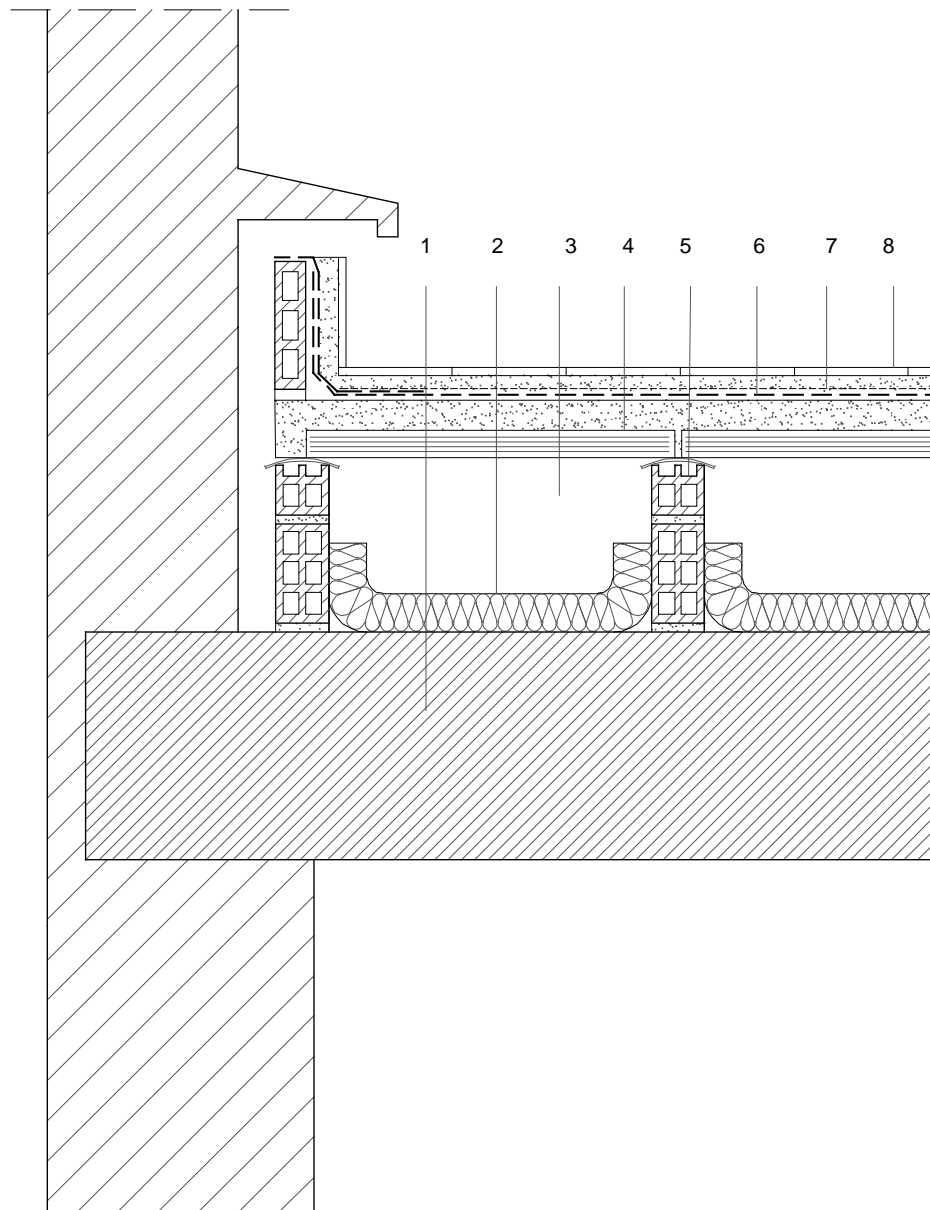


Cubierta invertida con losa filtrante. Ampliación del hospital de Lorca.

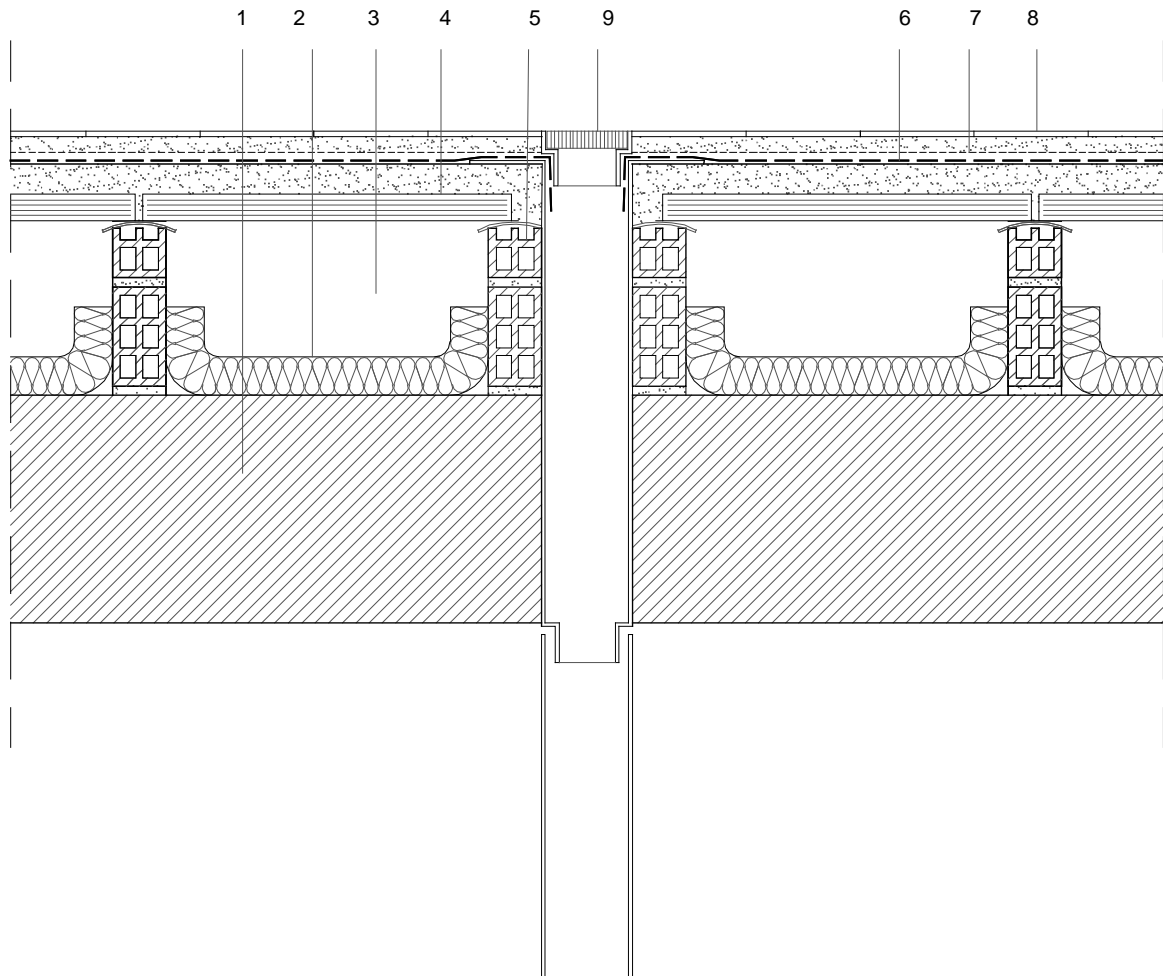
4.1.2. CUBIERTAS TRANSITABLES FRÍAS O VENTILADAS

4.1.2.1. Cubierta a la catalana

Se trata de una cubierta fría transitable, con solado fijo. Tiene muy poca pendiente, entre el 1 y el 3%, creada por un tablero de doble rasilla o de rasilla con capa de compresión sobre tabiquillos de ladrillo cerámico, por lo que es adecuada para su uso y disfrute.



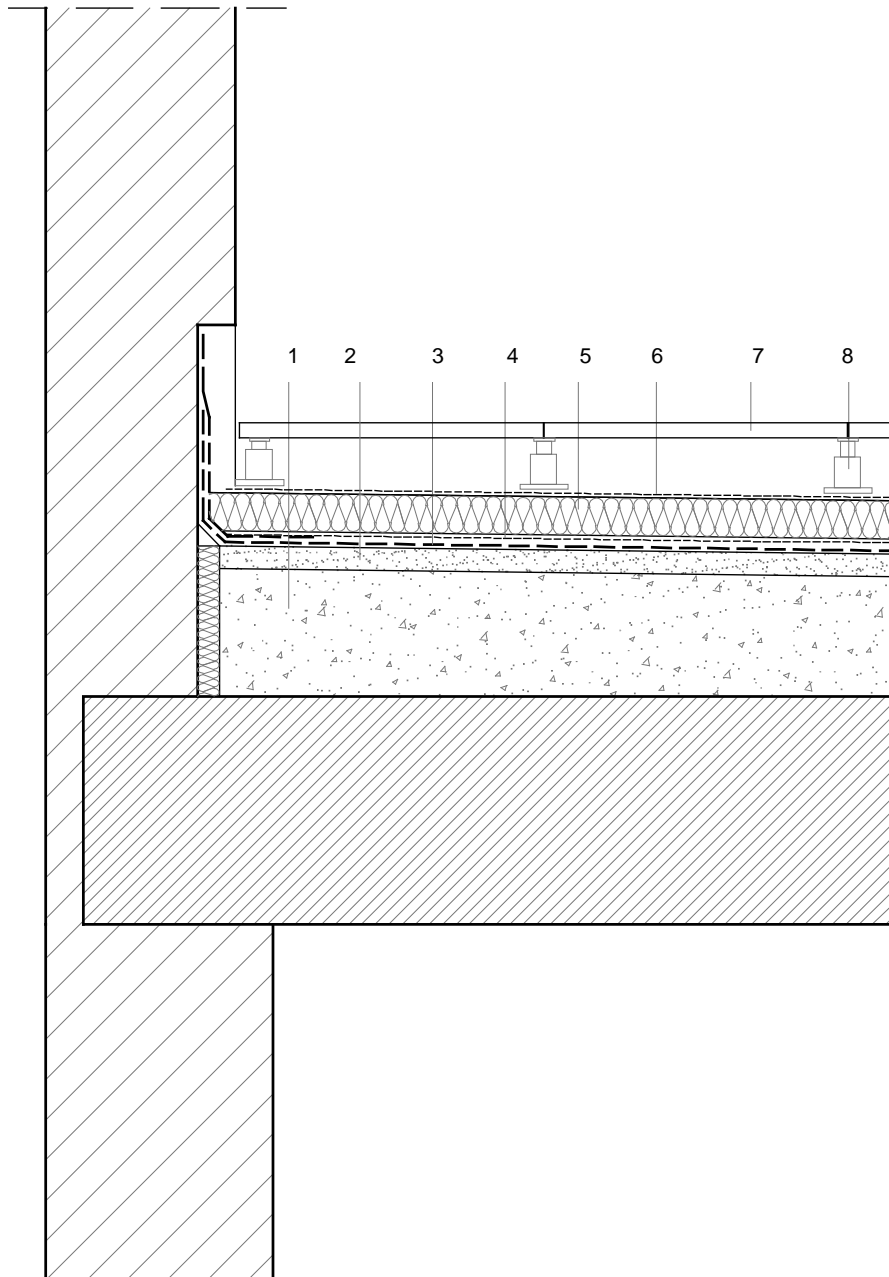
1. Base estructural.
2. Aislamiento térmico. Manta aislante entre tabiquillos.
3. Cámara de aire ventilada.
4. Soporte: doble tablero de rasillas o tablero de rasillas con capa de compresión. Formación de pendientes (de 1 a 3%. Recomendable 2%).
5. Tabiquillos de ladrillo cerámico hueco.
6. Lámina impermeable.
7. Capa separadora: fieltro geotextil.
8. Capa de protección: una o dos capas contrapeadas de plaquetas cerámicas tomadas con mortero de cemento.
9. Sumidero.



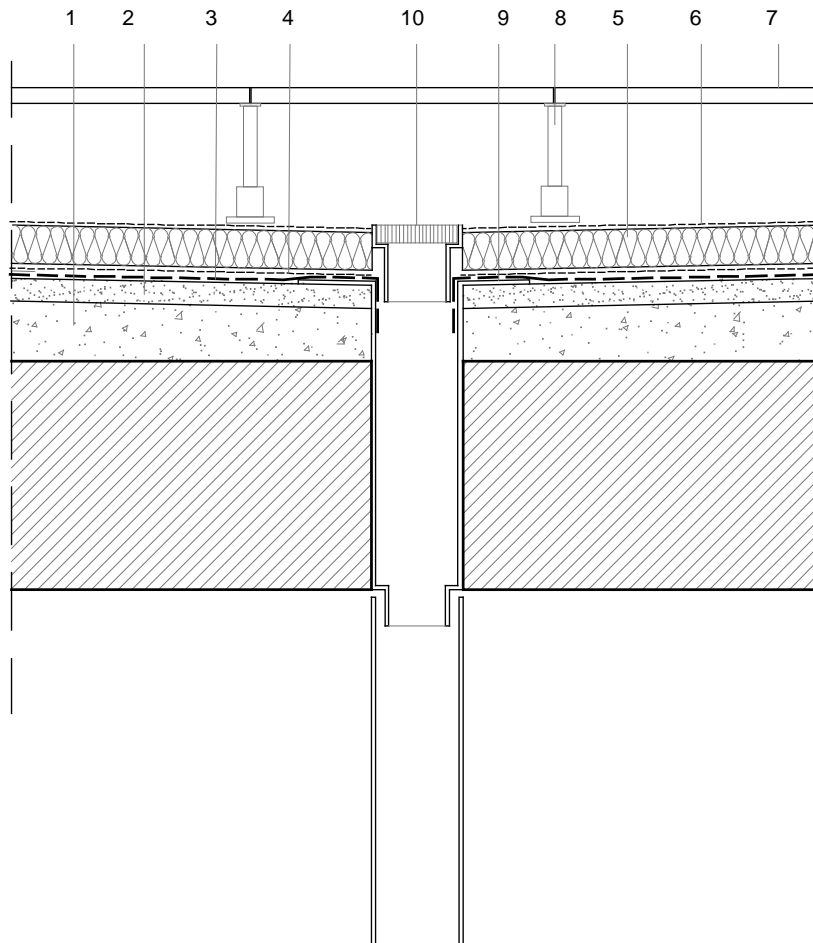
Detalle constructivo de cubierta plana a la catalana. Encuentro con antepecho de cubierta y con sumidero. E = 1/10

Juntas: las **juntas estructurales** del edificio han de respetarse. Se realizarán **juntas en la capa de protección** en el perímetro y en cuadrícula de 5 metros.

4.1.2.2. Cubierta invertida con pavimento flotante sobre plots



1. Formación de pendientes con hormigón de áridos ligeros. Pendiente del 1 al 5%.
2. Mortero de cemento de regulación.
3. Lámina impermeable.
4. Capa separadora: fieltro geotextil.
5. Aislamiento térmico. Placas rígidas de poliestireno extruido machihembradas.
- 6 Capa separadora: fieltro geotextil.
7. Baldosa reforzada.
8. Plots de apoyo del solado
9. Sumidero.
10. Rejilla de protección.



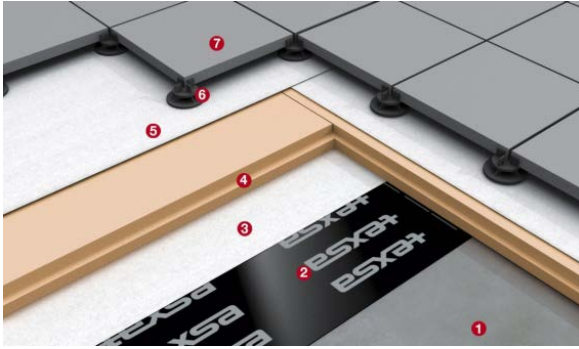
Detalle constructivo de cubierta plana transitable invertida con suelo flotante sobre plots. Encuentro con antepecho de cubierta y con sumidero. E = 1/10.

Juntas: las juntas estructurales del edificio han de respetarse,. Las **juntas en la capa de protección** se materializan directamente por el sistema de apoyo de las baldosas, tanto entre ellas como en el perímetro.

Se trata de una tipología de cubierta que permite conseguir un **pavimento totalmente horizontal**, en el que no se aprecian las pendientes que conducen el agua de lluvia hasta los sumideros, que se encuentran en la capa inferior, ocultas tras el pavimento, con las ventajas que ello proporciona en relación al uso y funcionalidad de la misma.

Los **materiales** de acabado pueden ser muy diversos, habitualmente placas cerámicas o de piedra natural. Suelen tener un espesor considerable y pueden ir reforzadas con mallas de fibra de vidrio que aumentan su resistencia, imprescindible por su forma de colocación en obra, apoyadas en las esquinas de la pieza.

Así mismo, es habitual en la actualidad el uso de tarimas de madera (IPE) o sintéticas, que se disponen clipadas sobre rastreles apoyados en los plots.



Esquema de ejecución de una cubierta con solado flotante sobre plots. Fuente: <www.texsa.es> y <www.profesionales.todoconstruccion.com> [Consulta: 3 de febrero de 2016].



Tarima flotante de madera sobre plots. Fuente: <www.generadordeprecios.info> [Consulta: 11 de mayo de 2018].

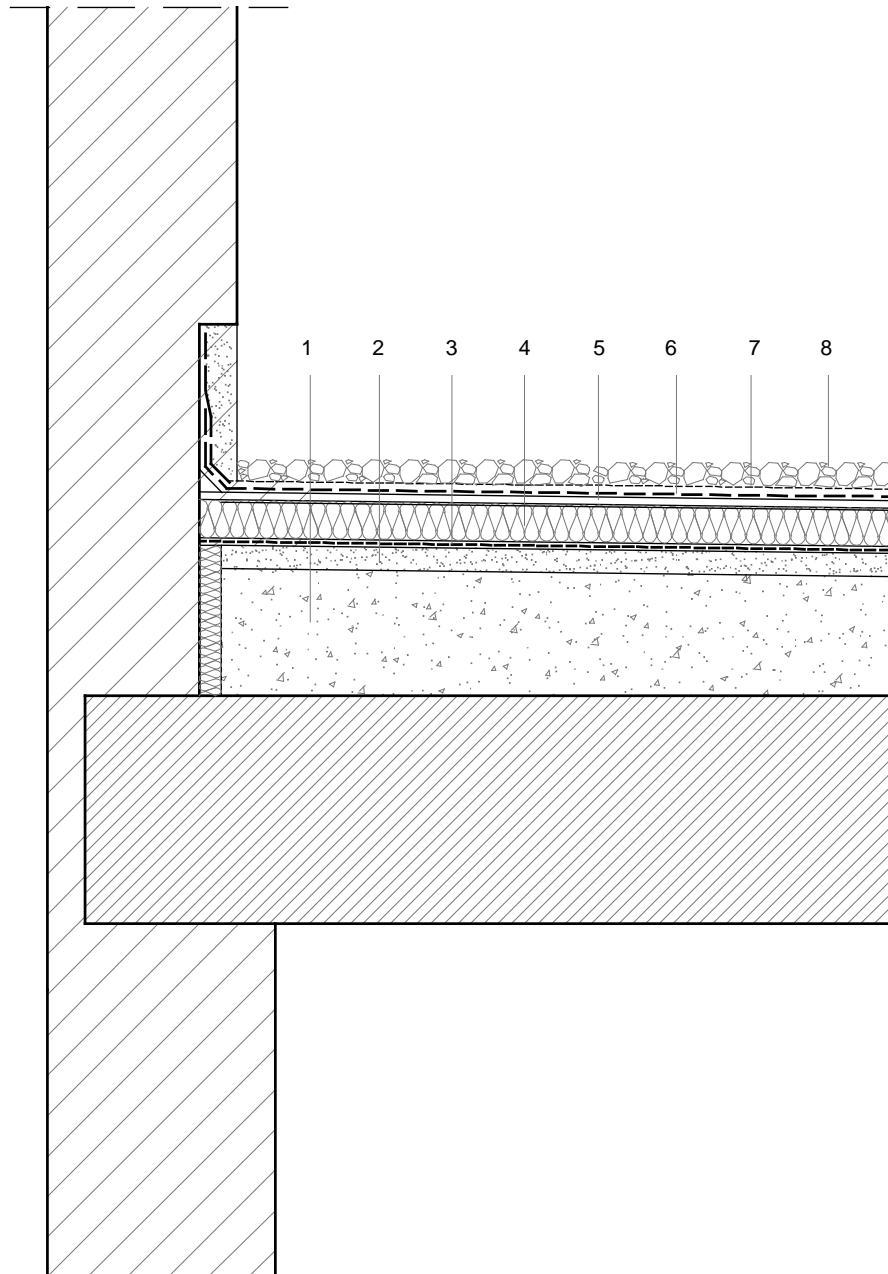


Tarimas sintéticas WPC para cubiertas planas sobre plots. Fuente: <www.peygran.com> [Consulta: 11 de mayo de 2018].

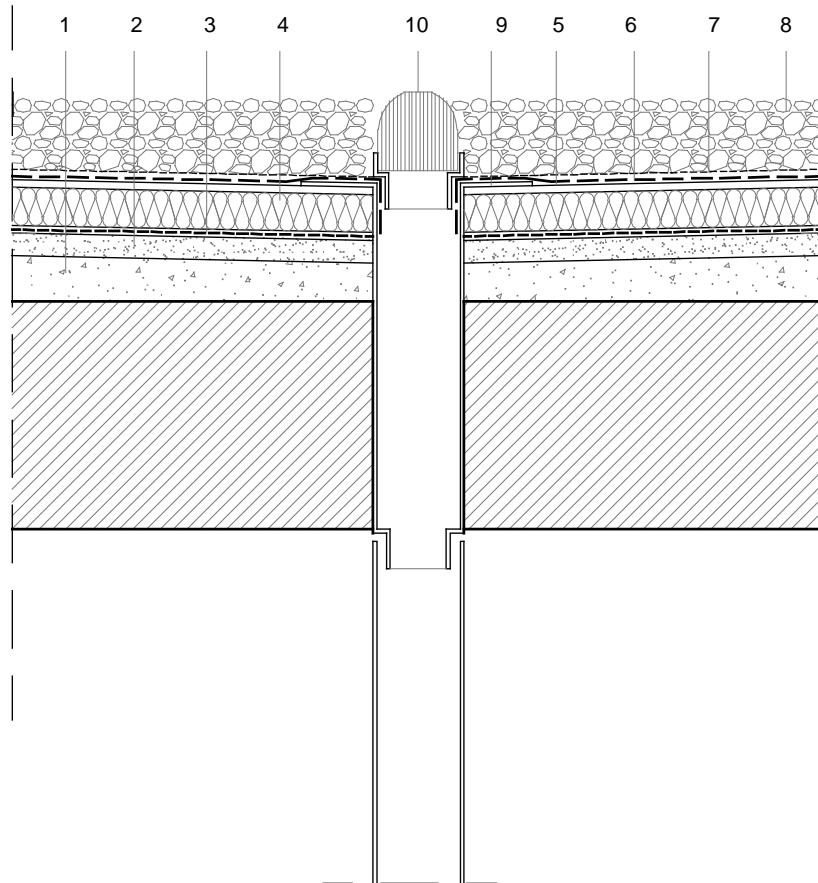
4.2. CUBIERTAS NO TRANSITABLES

4.2.1. CUBIERTAS NO TRANSITABLES CALIENTES

4.2.1.1. Cubierta con protección de grava



1. Formación de pendientes con hormigón de áridos ligeros. Pendiente mayor del 3%.
2. Capa de regularción de mortero de cemento.
3. Capa difusora del vapor o barrera de vapor.
4. Aislamiento térmico. Placas rígidas de material aislante ancladas mecánicamente o adheridas.
5. Capa separadora: mortero de cemento.
6. Lámina impermeable.
7. Capa separadora: fieltro geotextil.
8. Capa de protección: capa de canto rodado de $\varnothing 16/32$ mm. con un espesor mínimo de 5 cm.
9. Sumidero.
10. Rejilla de protección.



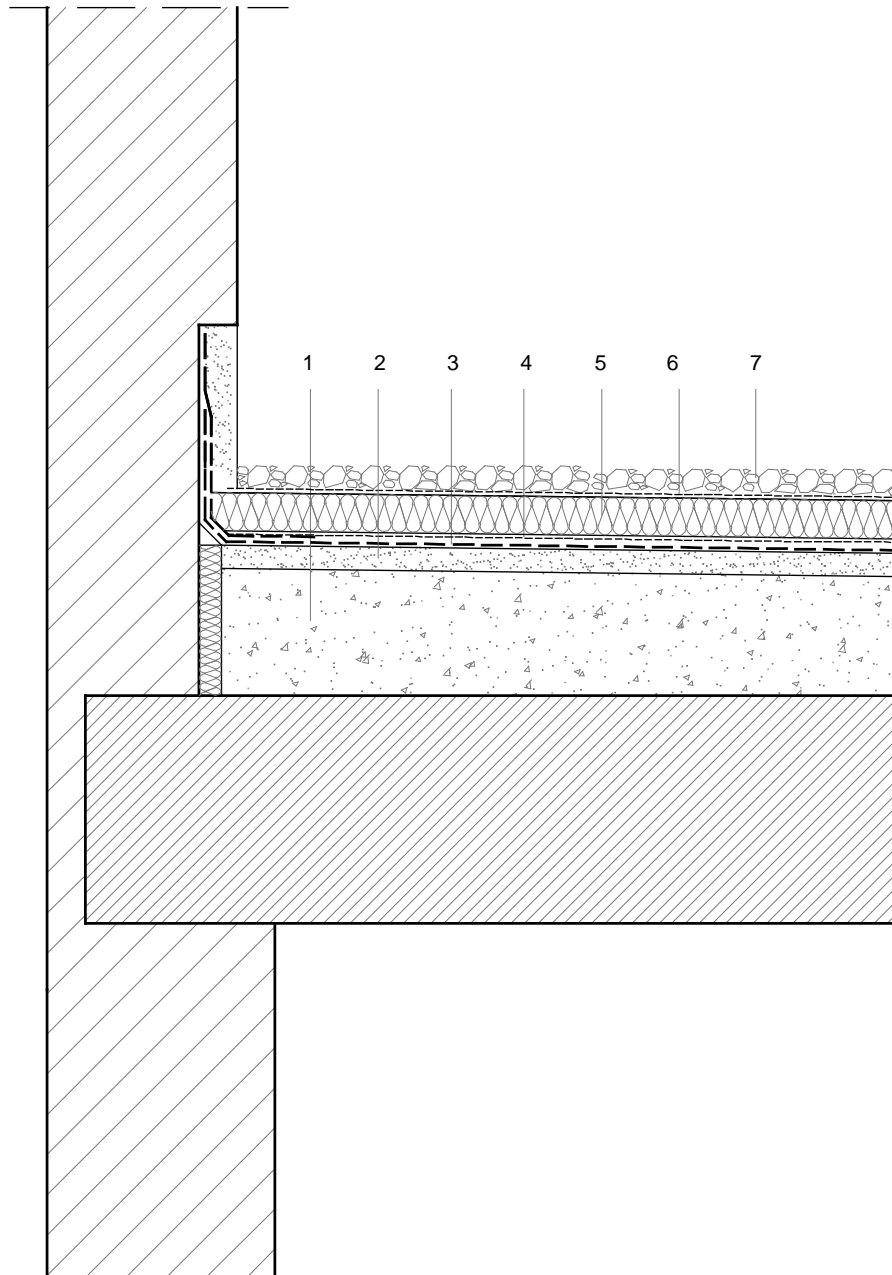
Cubierta con protección de grava. Encuentro con antepecho y con sumidero. E = 1/10.

Juntas: las juntas estructurales del edificio han de respetarse.

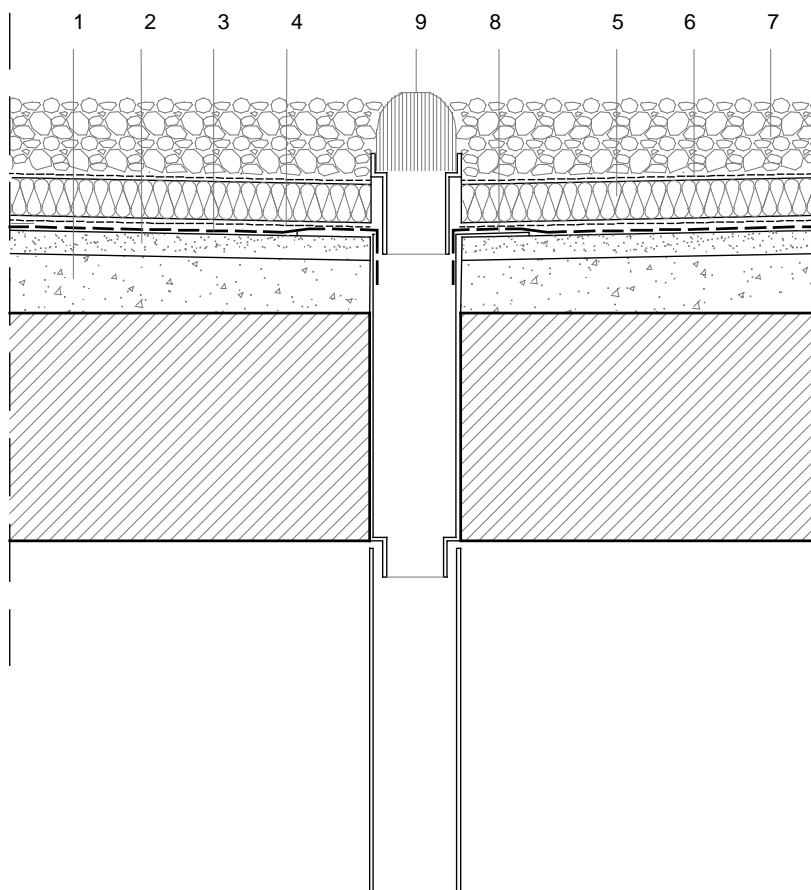


Cubierta no transitable con acabado de grava. Fuente: <www.impaparicio.com> [Consulta: 11 de mayo de 2018].

4.2.1.2. Cubierta invertida con protección de grava



1. Formación de pendientes con hormigón de áridos ligeros. Pendiente mayor del 3%.
2. Capa de regularción de mortero de cemento.
3. Lamina impermeable.
4. Capa separadora: fieltro geotextil.
5. Aislamiento térmico. Placas rígidas de poliestireno extruido, machihembradas en los cantos.
6. Capa separadora: fieltro geotextil.
7. Capa de protección: Capa de canto rodado de $\varnothing 16/32$ mm. con un espesor mínimo de 5 cm.
8. Sumidero.
9. Rejilla de protección.



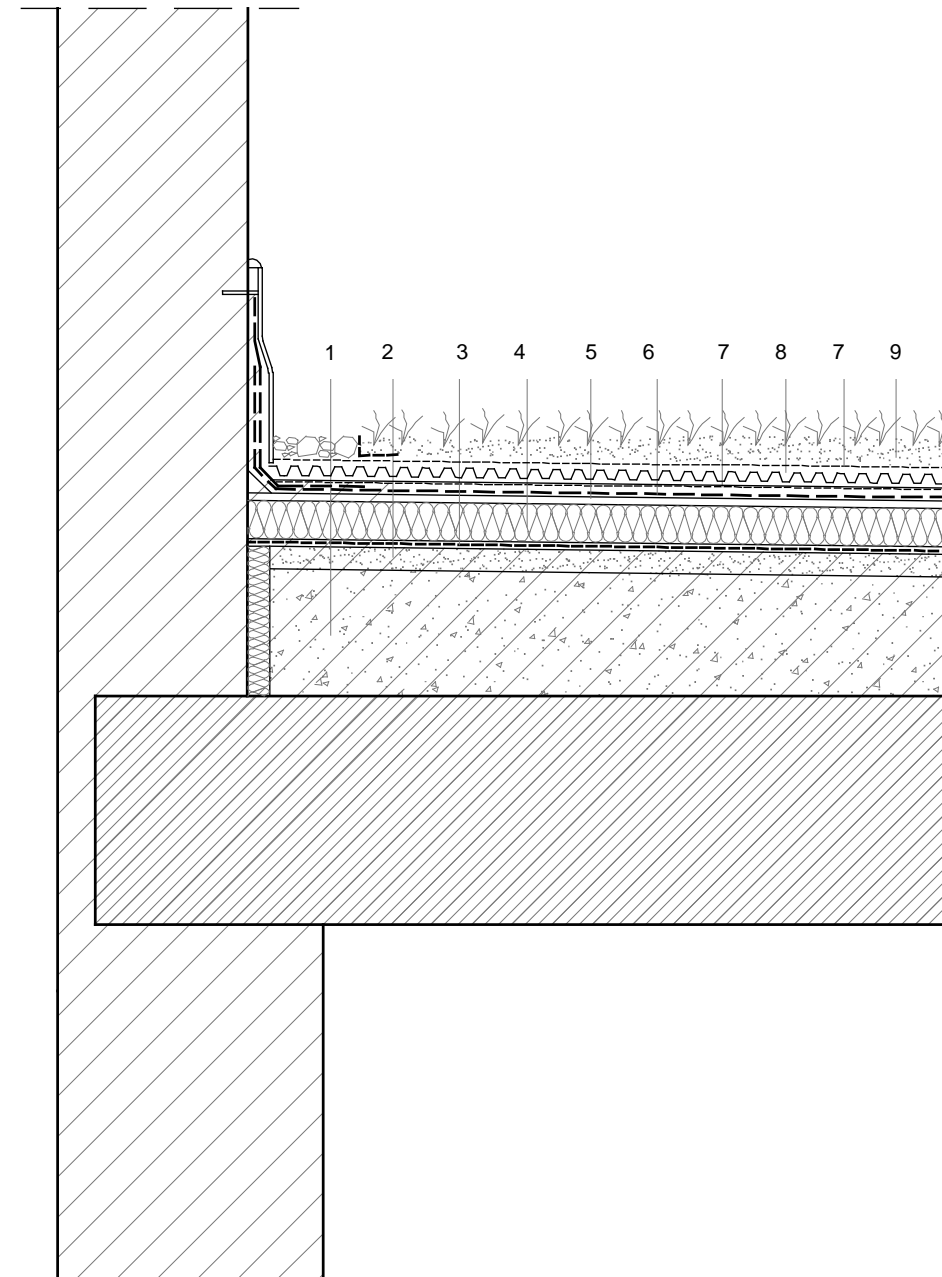
Cubierta invertida con protección de grava. Encuentro con antepecho y con sumidero. E = 1/10.

Juntas: las juntas estructurales del edificio han de respetarse.

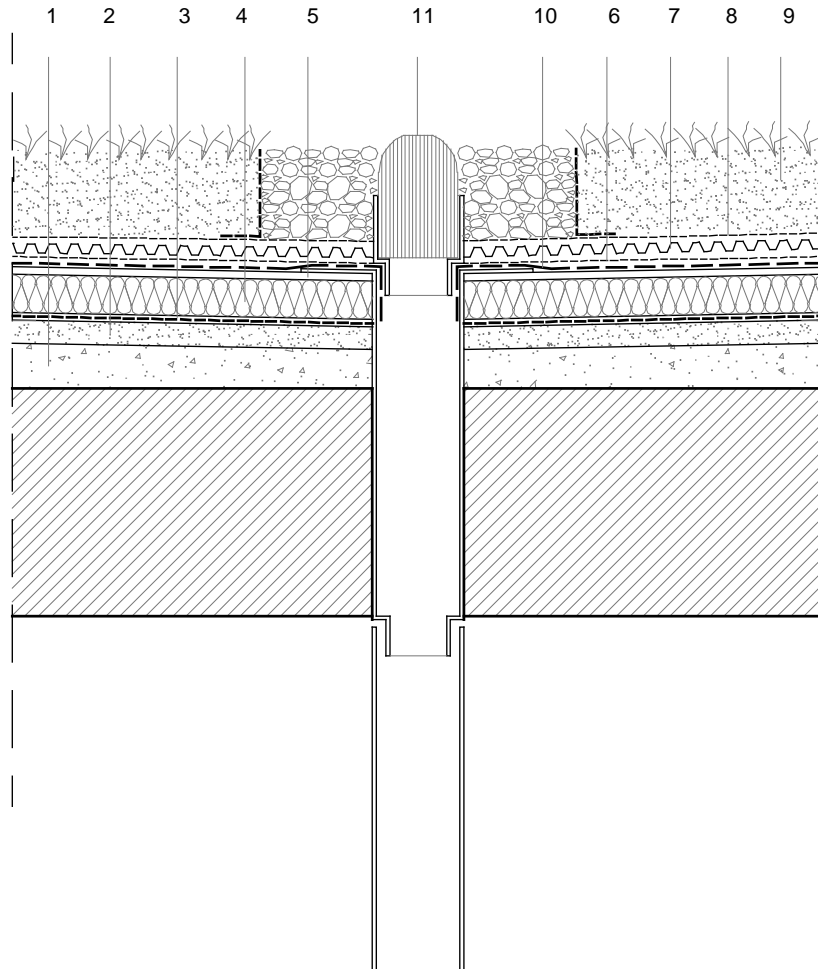


Cubierta invertida no transitable con acabado de grava.

4.2.1.3. Cubierta ajardinada



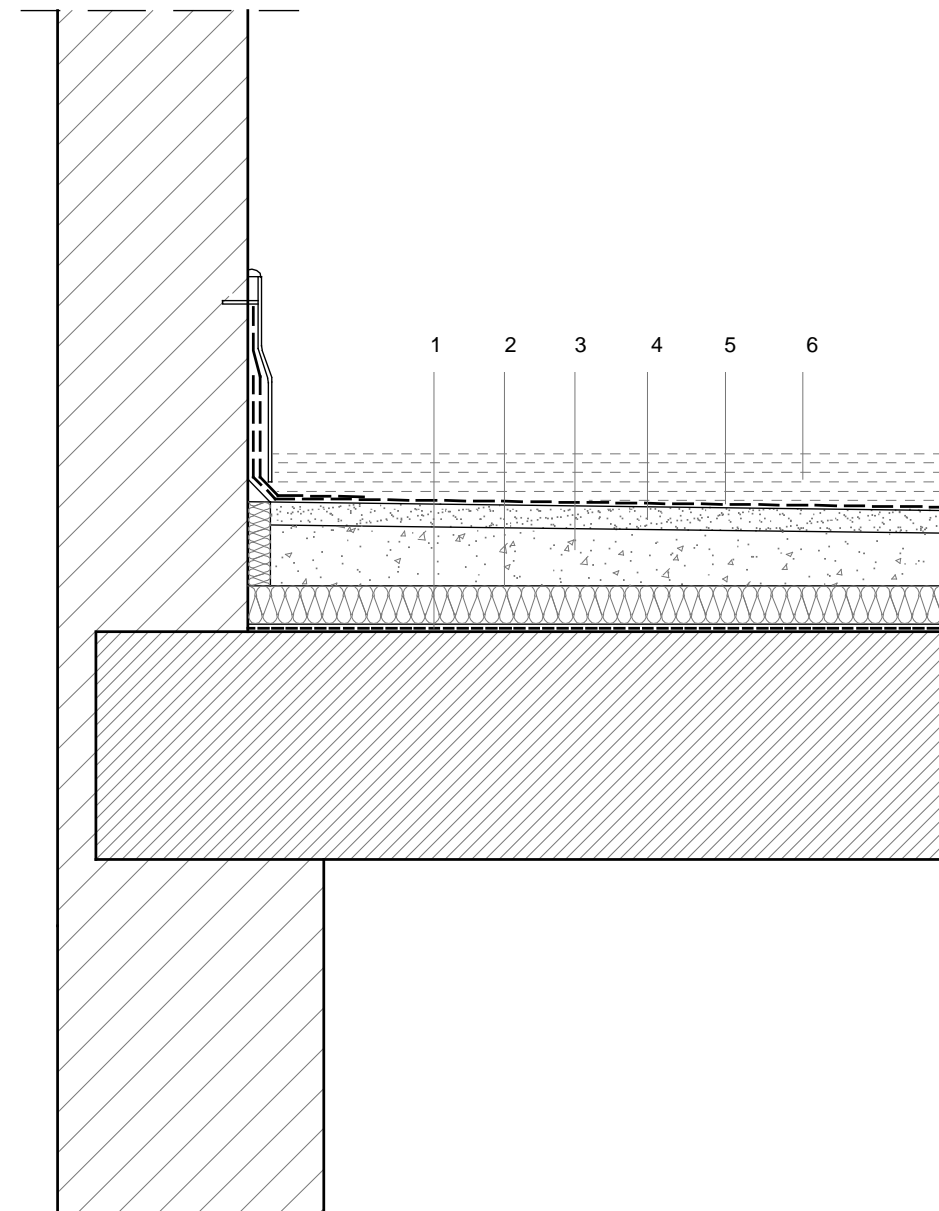
1. Formación de pendientes con hormigón de áridos ligeros. Pendiente del 0 al 3%.
2. Capa de regularción de mortero de cemento.
3. Capa difusora del vapor o barrera de vapor.
4. Aislamiento térmico. Placas rígidas de material aislante ancladas mecánicamente o adheridas.
5. Capa separadora: mortero de cemento.
6. Lámina impermeable.
7. Capa separadora: fieltro geotextil.
8. Lámina drenante.
9. Capa de protección: manto de tierra vegetal. Altura entre 10-90 cm, según especies vegetales.
10. Sumidero.
11. Rejilla de protección.



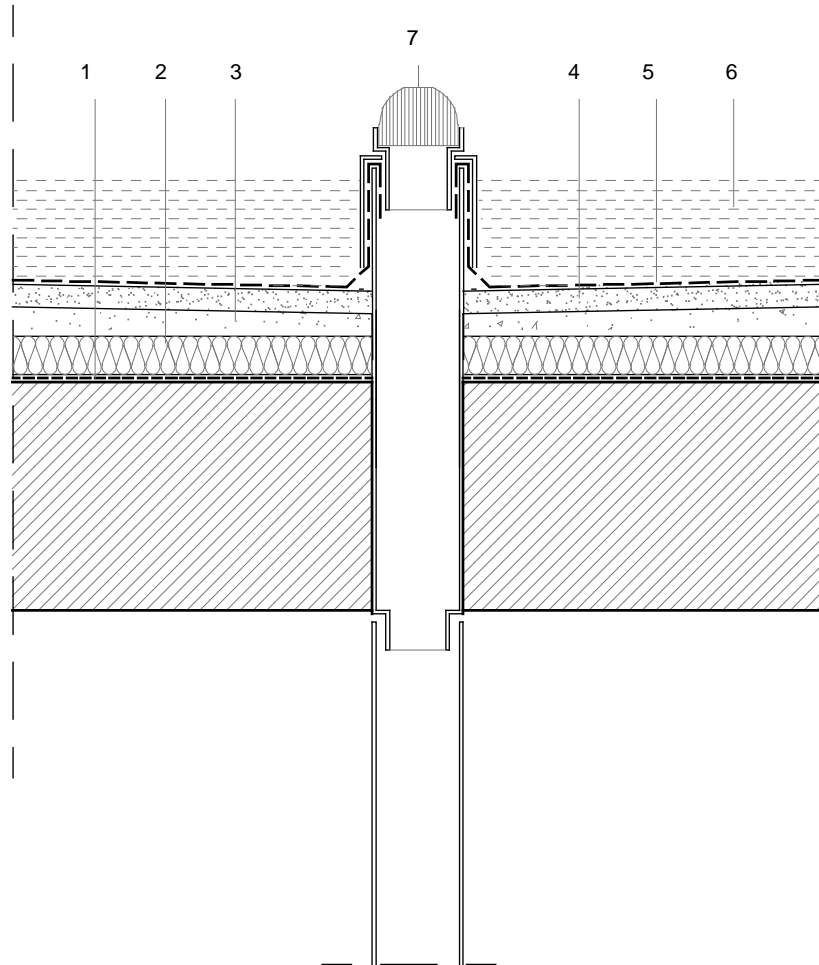
Cubierta no transitable ajardinada. Encuentro con y con sumidero. E = 1/10.

Juntas: las **juntas estructurales** del edificio han de respetarse.

4.2.1.4. Cubierta inundada



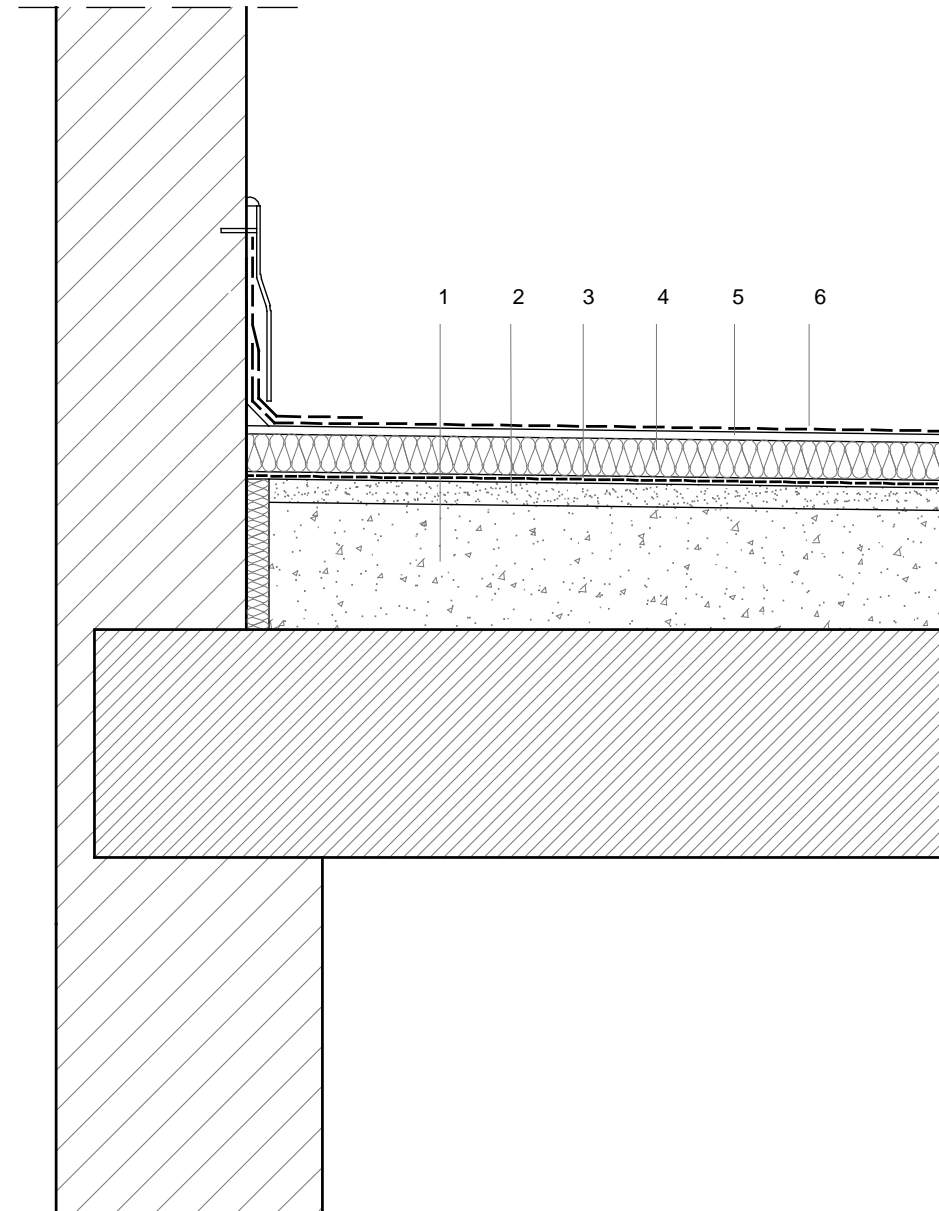
1. Capa difusora del vapor o barrera de vapor.
2. Aislamiento térmico. Placas rígidas de material aislante ancladas mecánicamente o adheridas.
3. Capa de soporte. Hormigón o mortero de áridos ligeros para formación de pendiente (del 0 al 2%).
4. Capa de regulación de mortero de cemento.
5. Lámina impermeable.
6. Lámina de agua.
7. Sumidero.



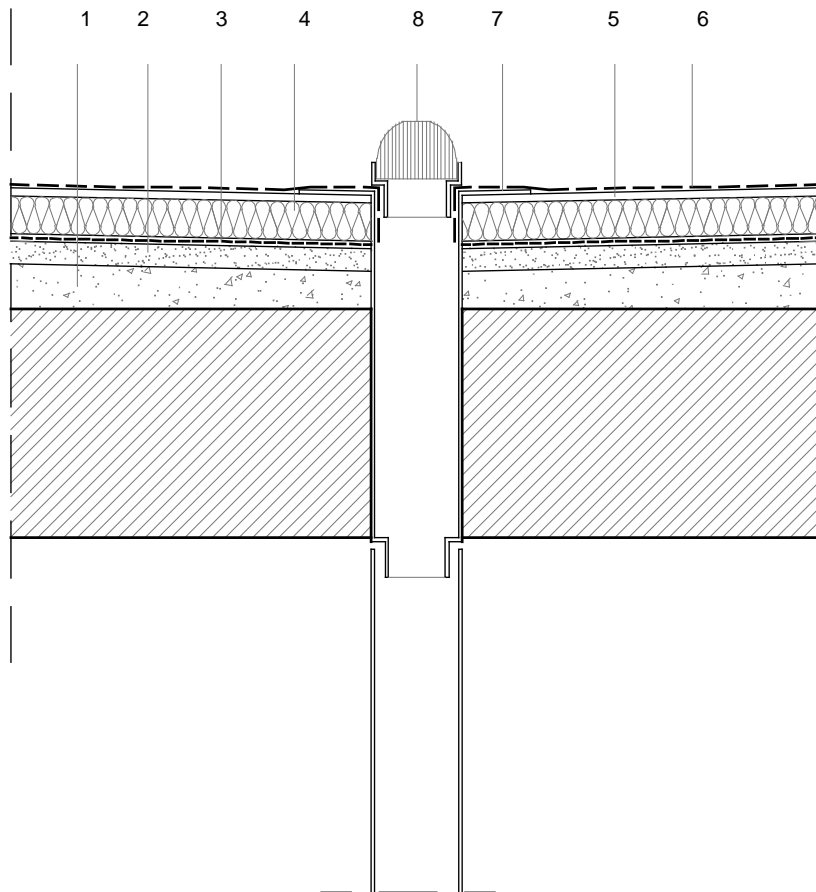
Detalle constructivo de cubierta no transitable inundada. Encuentro con antepecho de cubierta y con sumidero. E = 1/10.

Juntas: las **juntas estructurales** del edificio han de respetarse.

4.2.1.5. Cubierta con lámina impermeable autoprottegida



1. Capa de soporte. Hormigón o mortero de áridos ligeros para formación de pendiente (mayor del 3%).
2. Capa de regulación de mortero de cemento.
3. Capa difusora del vapor o barrera de vapor.
4. Aislamiento térmico. Placas rígidas de material aislante ancladas mecánicamente o adheridas.
5. Capa separadora: fieltro geotextilmortero de cemento
6. Lámina impermeable autoprottegida.
7. Sumidero.
8. Rejilla de protección.

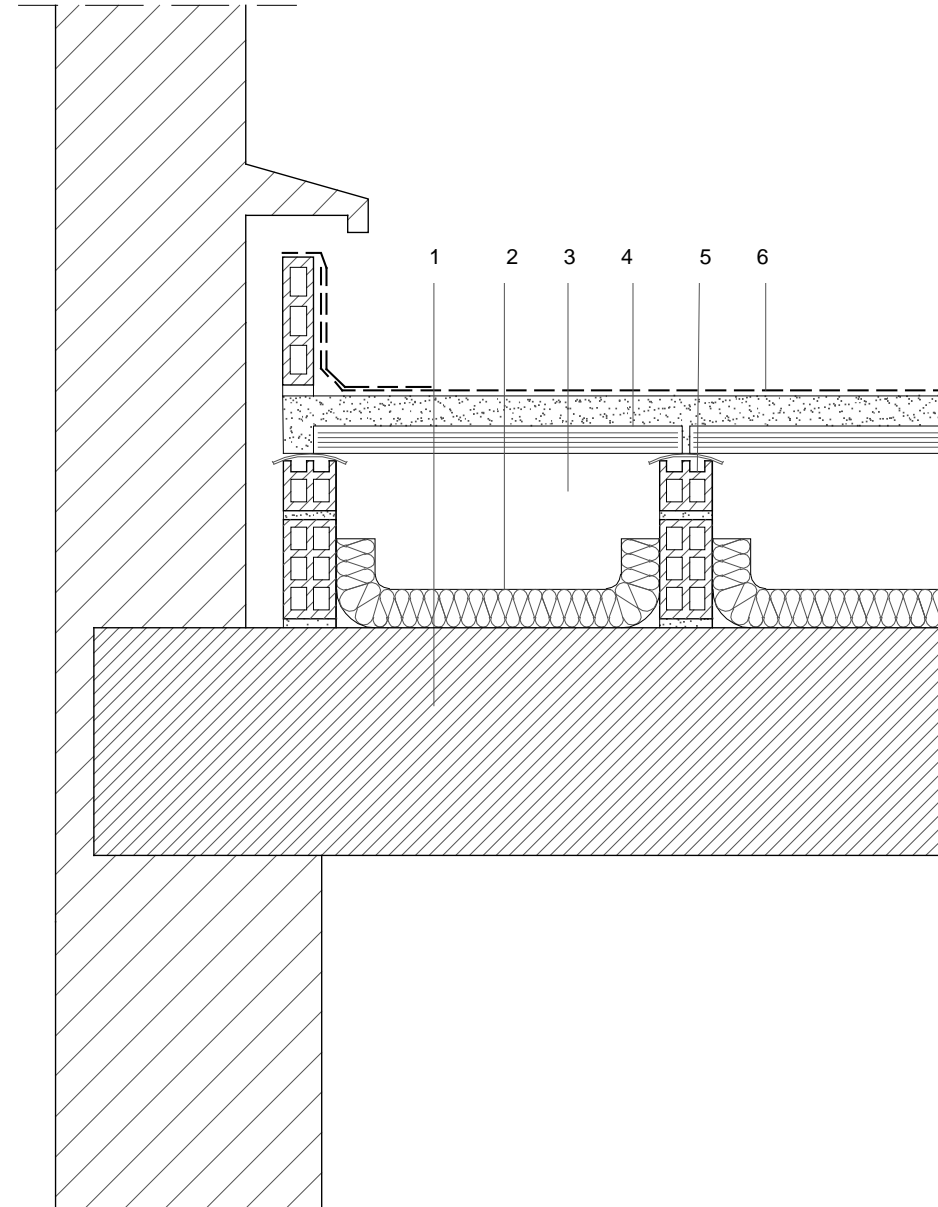


Detalle constructivo de cubierta plana no transitable autoprotegida. E = 1/10.

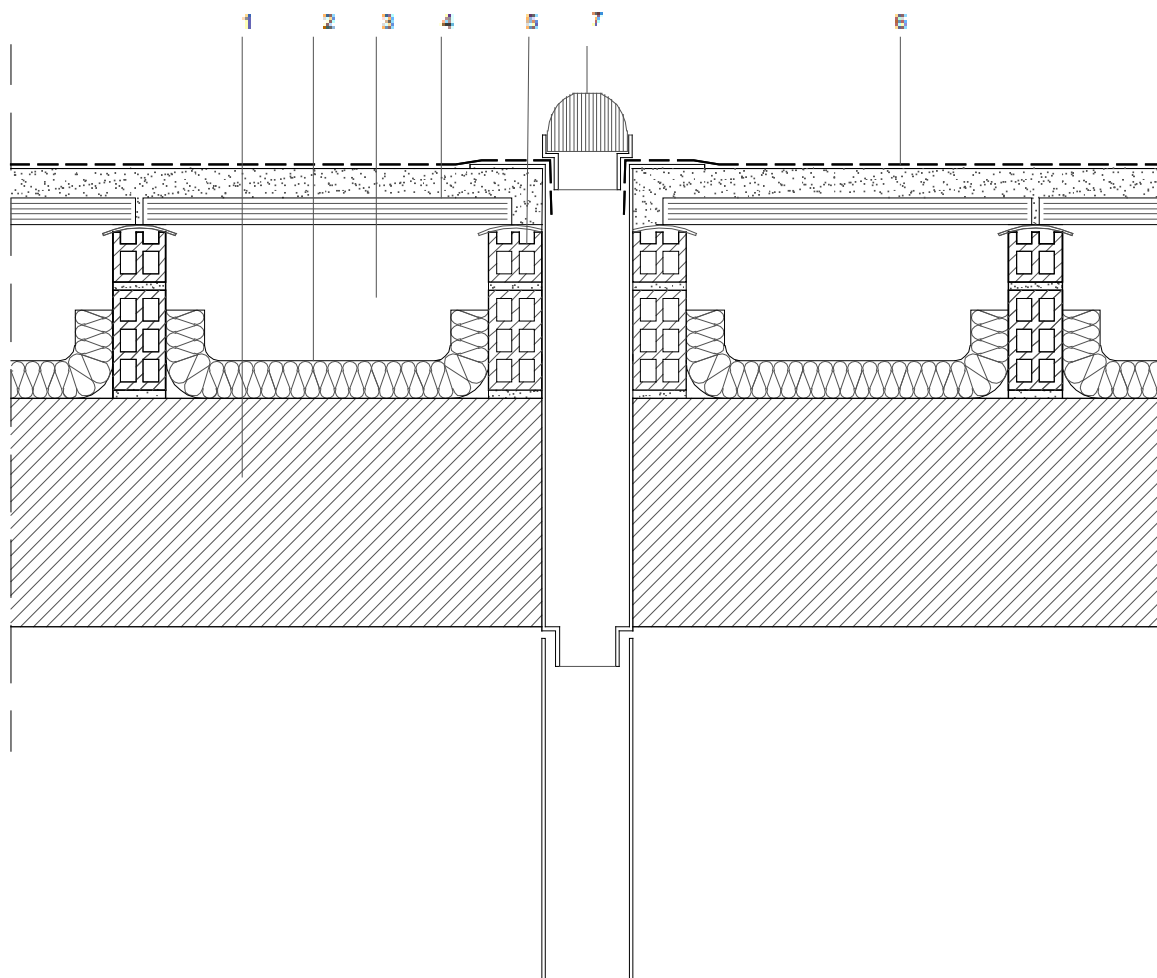
Juntas: las **juntas estructurales** del edificio han de respetarse.

4.2.2. CUBIERTAS NO TRANSITABLES FRÍAS

4.2.2.1. Cubierta con lámina impermeable autoprottegida



1. Base estructural.
2. Aislamiento térmico. Manta aislante entre tabiquillos.
3. Cámara de aire ventilada.
4. Soporte: doble tablero de rasillas o tablero de rasillas con capa de compresión. Formación de pendientes (de 1 a 3%. Recomendable 2%).
5. Tabiquillos de ladrillo cerámico hueco.
6. Lámina impermeable autoprottegida.
7. Sumidero.



Cubierta fría no transitable con lámina impermeable autoprotegida. Encuentro con antepecho y con sumidero. E = 1/10.

TEMA 8 – CUBIERTAS INCLINADAS

1. DEFINICIÓN

Las cubiertas inclinadas están constituidas por superficies planas de acusada pendiente, superior al 5% pero no superior a 60°, habitualmente visibles en la composición del conjunto del edificio, denominadas también **tejados**.



Cubiertas inclinadas.

Al igual que las cubiertas planas, están compuestas por un conjunto de capas con una función determinada:

- **Formación de pendientes:** la pendiente de la cubierta inclinada puede ser creada con el propio **forjado inclinado**, con **cerchas** de madera o metálicas, con **pares** de madera, con **viguetas** metálicas o de hormigón armado o pretensado, etc.



Cubierta inclinada sobre forjado inclinado.



Cubierta inclinada sobre correas apoyadas sobre cerchas.



Cubierta inclinada sobre pares de madera.



Cubierta inclinada sobre viguetas de hormigón pretensado.

También existe la posibilidad de materializar la formación de pendientes con elementos de albañilería, **tabiques palomeros** apoyados **sobre el forjado horizontal de cubierta**. Los tabiques palomeros se realizan con ladrillo cerámico hueco, dejando entre los mismos huecos que permiten el paso del aire entre los mismos. El remate se

realiza con una capa de mortero de regulación, que permite crear una base adecuada para el apoyo del tablero.



Formación de pendientes con tabiques palomeros de ladrillo cerámico hueco.



Remate de los tabiques palomeros con capa de mortero de cemento de regulación.

- **El tablero:** es el elemento que **da soporte** a los elementos de protección en todos aquellos casos en que la pendiente de la cubierta no está materializada por un forjado inclinado, caso en que el mismo ejerce de tablero. Puede estar compuesto por piezas cerámicas (doble hoja de rasillas o doble hoja de bardo), por la combinación de material cerámico y mortero de cemento (capa de bardo + capa de compresión de mortero de cemento armado con un ligero mallazo), por placas prefabricadas de hormigón, por paneles ondulados (tipo Onduline), por paneles sandwich, etc.



Tablero formado por doble hoja de bardo cerámico sobre tabique palomero.



Tablero formado por hoja de rasilla cerámico más capa de compresión de mortero de cemento sobre tabique palomero.



Tablero formado por hoja de bardo cerámico más capa de compresión de mortero de cemento sobre tabique palomero.



Tablero formado por panel sandwich de acabado ondulado para apoyo del elemento de protección.

También podemos encontrar tableros ejecutados con **materiales tradicionales** como la madera o el cáñamo, mezclado con argamasa de cal.



Tablero en construcción tradicional formado por caña y argamasa de cal sobre rollizos de madera.



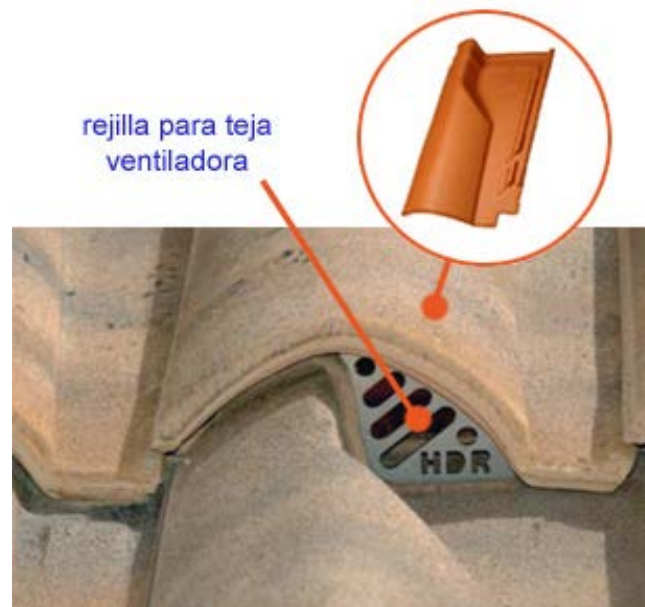
Tablero formado por tablas de madera sobre correas.

- **Cámara de aire:** en muchos casos las cubiertas inclinadas disponen de una cámara de aire ventilada entre el forjado horizontal de cubierta y el tablero inclinado. Dicha cámara debe estar ventilada para favorecer la eliminación del aire caliente en las épocas estivales, favoreciendo un correcto comportamiento higrotérmico de la cubierta. La ventilación se realizará a través de **tejas ventiladoras** o chimeneas de ventilación dispuestas convenientemente repartidas en el faldón de cubierta.



Faldón de cubierta inclinada con tejas ventiladoras repartidas en la superficie.

El formato de la teja ventiladora puede ser muy variado, en función también de si se trata de una teja curva, plana o mixta. En todo caso, el hueco de ventilación dispondrá de una rejilla de protección para evitar la entrada de animales.



Teja ventiladoa. Fuente: <<http://www.tejaceramicahdr.com>> [Consulta: 26 de abril de 2017].

Se favorecerá siempre que sea posible una **ventilación** cruzada mediante la disposición de aberturas en aleros, con piezas de remate especiales, o en muros verticales de cierre.



Ventilación por alero con pieza especial tipo rejilla. Fuente: <<http://www.tejascobert.com>> [Consulta: 26 de abril de 2017].



Aberturas de ventilación de la cámara de aire en muro de aporo del tablero de cubierta.

- **Aislamiento termoacústico:** el aislamiento térmico que se dispone en las cubiertas inclinadas suele ser **tipo manta** (de fibra de vidrio, lana de roca, reflexivos, etc.), o **tipo planchas rígidas** clavadas o pegadas (de poliestireno, poliuretano, etc).



Aislamiento cubierta inclinada con mantas de fibra de vidrio. Fuente: <Ecogreenhome> [Consulta: 20 de mayo de 2018].



Aislamiento cubierta inclinada con aislamiento reflexivo. Fuente: <Arelux> [Consulta: 20 de mayo de 2018].



Aislamiento cubierta inclinada con planchas rígidas de poliestireno extruido. Fuente: <tectonica-online> [Consulta: 20 de mayo de 2018].

También se pueden disponer aislamientos continuos (sin juntas) como espumas de poliuretano o de corcho **proyectadas** sobre el tablero, o incluso sobre la teja, procedimiento habitual en rehabilitación. Este tipo de aislamientos ejercen también de lámina impermeabilizante al tratarse de una película continua.



Aislamiento cubierta inclinada con espuma de poliuretano proyectada. Fuente: <www.aisla.org> [Consulta: 20 de mayo de 2018].



Aislamiento cubierta inclinada con corcho proyectado. Fuente: <www.decoproycandalucia.com> [Consulta: 20 de mayo de 2018].

En el caso en que el tablero esté ejecutado con un panel sandwich, el aislamiento viene incorporado en el mismo.



Aislamiento termoacústico incorporado en panel sandwich.

Es una buena práctica constructiva que el forjado de cubierta se resuelva con **bovedillas de poliestireno**, colaborando en el aislamiento térmico de la cubierta.



Forjado de cubierta resuelto con bovedillas de poliestireno.

- **Impermeabilización:** en el caso de las cubiertas inclinadas, la impermeabilización sólo es **necesaria en aquellos casos en que no se cumple con las pendientes mínimas** recomendadas en función del tipo de pieza o material de protección utilizado, definidas en la normativa.

		Pendiente mínima en %		
Teja ⁽³⁾	Teja curva	32		
	Teja mixta y plana monocanal	30		
	Teja plana marsellesa o alicantina	40		
	Teja plana con encaje	50		
Pizarra		60		
Tejado ^{(1) (2)}	Cinc	10		
	Fibrocemento	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	
		Perfiles de grecado grande	5	
	Placas y perfiles	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	
	Aleaciones ligeras	Perfiles de nervado pequeño	10	
		Paneles	5	
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").

Pendientes mínimas de cubiertas inclinadas según el tipo de pieza de protección Tabla 2.10 del CTE DB HS, pág. HS1-20.

En caso de ser necesaria, pueden disponerse **láminas adheridas o no adheridas** colocadas bajo la protección.



Impermeabilización de cubierta inclinada. Fuente: <www.pizarraytejado.com> [Consulta: 20 de mayo de 2018].

En el caso de que el tablero esté ejecutado con **paneles ondulados** (Onduline), el mismo ejerce de lámina impermeabilizante.



Impermeabilización de cubierta con placas impermeabilizantes bajo teja (Onduline). Fuente: <teycubermadera.com> [Consulta: 20 de mayo de 2018].

Existen también láminas impermeables autoprotegidas, que ejercen de acabado de cubierta.



Impermeabilización de cubierta inclinada con lámina autoprotegida. Fuente: <<http://impertec.es>> [Consulta: 20 de mayo de 2018].

Así como recubrimientos de **poliuretano líquido**, aplicado con pistola o brocha, que crear una lámina impermeable también por el exterior.



Impermeabilización de cubierta inclinada con poliuretano líquido. Fuente: <www.generadordeprecios.info> [Consulta: 20 de mayo de 2018].

- **Barrera de vapor:** las cubiertas que no disponen de cámara de aire necesitan interponer una barrera de vapor para que el aislamiento térmico no entre en contacto con el vapor de agua procedente del interior, al igual que sucede en las cubiertas planas vistas anteriormente. Los materiales utilizados con los mismos expuestos anteriormente.

- **Capas separadoras:** tienen la función de separar materiales no compatibles o proteger a otra capa. Suelen estar constituidas por fieltros geotextiles o capas de mortero de cemento.

Se tendrán en cuenta a la hora de elegir el material que constituye la capa separadora las necesidades de las capas sucesivas. Por ejemplo, si es necesario disponer láminas impermeabilizantes adheridas o es necesario clavar paneles aislantes o elementos de protección como las tejas, será necesario recurrir a capas de mortero de cemento, que tengan espesor suficiente para poder dar soporte adecuado a estos elementos, sin dañar los dispuestos en las capas inferiores.

- **Protección:** es el elemento final de acabado de la cubierta inclinada. Puede estar constituido por **tejas** de distintos materiales y geometría (tejas cerámicas curvas, planas o mixtas, tejas de pizarra o de hormigón prefabricado) o por **planchas metálicas** (cinc, galvanizados o aleaciones ligeras), de **fibrocemento sin amianto o sintéticas**.



Protección de cubierta inclinada con teja cerámica curva,



Protección de cubierta inclinada con teja cerámica mixta.



Protección de cubierta inclinada con teja cerámica plana. Fuente: <www.tejascobert.com> [Consulta: 20 de mayo de 2018].



Faldón de cubierta inclinada acabado con teja de pizarra. Fuente: <aistercel.es> [Consulta: 20 de mayo de 2018].



Faldón de cubierta inclinada acabado con teja mixta de hormigón. Fuente: <http://casamanriquesrl.com> [Consulta: 20 de mayo de 2018].

Los **sistemas de fijación**, pelladas de mortero, ganchos, grapas, tornillos, etc.), y el **solape entre piezas** (entre 7 y 15 cm) dependerán de la pendiente de la cubierta y de factores geográficos como la zona eólica, la altitud o el riesgo de tormentas.



Teja cerámica curva tomada con pellada de mortero de cemento. Fuente: <tectonica-online> [Consulta: 20 de mayo de 2018].



Cubierta inclinada de teja cerámica mixta tomada con pelladas de mortero de cemento.



Ganchos de fijación depara tejas. Fuente: <es.onduline.com> [Consulta: 20 de mayo de 2018].



Teja cerámica mixta con orificios para su fijación. Fuente: <http://www.recypack.com.ar> [Consulta: 20 de mayo de 2018].

Se fijarán una cantidad mínima de piezas que garanticen la la estabilidad del elemento de protección.

- **Canalización y evacuación del agua de lluvia:** en las cubiertas inclinadas el agua de lluvia discurre por los faldones inclinados, por las canales, hasta encontrar el punto más bajo, el alero, siguiendo las líneas de máxima pendiente.

En el encuentro entre faldones encontramos **puntos singulares** de la cubierta, como son la **cumbrera** (línea horizontal de intersección entre faldones o entre un faldón y un plano vertical, paralela a las líneas de nivel del plano en su punto más alto), las **limatesas** (línea inclinada intersección entre faldones que divide agua hacia los mismos) y las **limahoyas** (línea inclinada intersección entre faldones que recoge agua vertida por los mismos).

Las **cumbreras** se ejecutan de forma que protejan el remate superior de los faldones que se introducen bajo ellas. En el caso de las cubiertas con acabado de teja, tanto las canales como las cobijas deben intrucirse bajo la cumbrera, para garantizar que no se producen filtraciones de agua, disponiendo una lámina impermeable y piezas especiales de cierre del hueco creado por las canales (interposición de cuñas o relleno de huecos con mortero de cemento).



Impermeabilización de cumbrera. Fuente: <www.tejascobert.com> [Consulta: 20 de mayo de 2018].



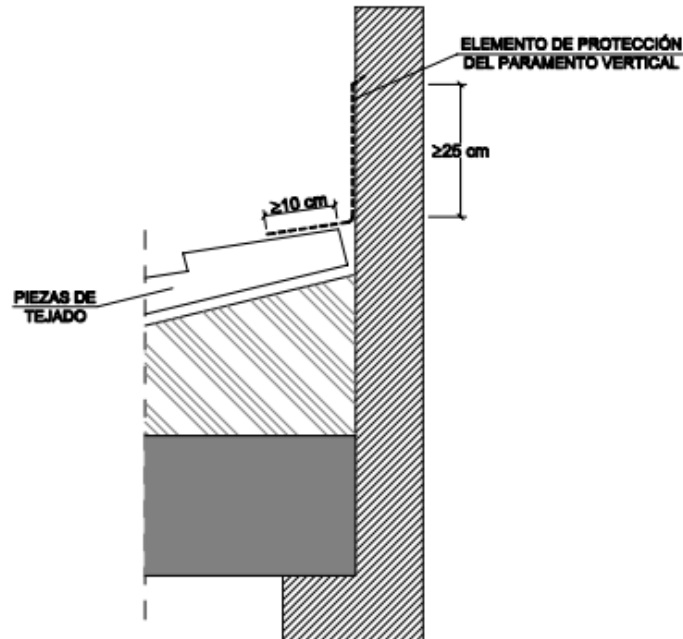
Cuñas de relleno de las canales bajo cumbrera. Fuente: <www.isotecsl.com> [Consulta: 20 de mayo de 2018].

Igualmente sucede cuando, en lugar de encontrarse dos faldones inclinados, se encuentra un **faldón con un paramento vertical**.



Cumbrera resuelta con teja curva, encuentro entre faldón y antepecho de cubierta plana.

En el caso de que el faldón intersece con un paramento vertical que tiene continuidad por encima del remate superior de la cubierta inclinada, se garantizará la estanqueidad y se protegerá el paramento mediante la disposición de una lámina impermeable que solapará por encima de la cubierta un mínimo de 10 cm, y ascenderá por el cerramiento un mínimo de 25 cm. El remate superior de dicha lámina impermeable se protegerá del mismo modo que en el caso de las cubiertas planas (con una roza o un rebaje del paramento, o con un perfil metálico fijado a la pared, sellado en su parte superior).



Encuentro de faldón de cubierta inclinada con paramento vertical según Tabla 2.16 del CTE DB HS, pág. HS1-27.

Las **limatesas** se resuelven de forma parecida a la cumbre, con el inconveniente de que el encuentro con los faldones conlleva la adaptación y corte de las tejas debido a la inclinación.



Ejecución de limatesa en cubierta inclinada con teja cerámica mixta. Fuente: <www.youtube.com> [Consulta: 20 de mayo de 2018].

En el caso de las **limahoyas**, se dispondrá de un babero metálico habitualmente por el que discurrirá el agua, embebido mínimo 10 cm bajo los faldones. La canales volarán sobre la limahoya un mínimo de 5 cm, y la distancia entre las de un faldón y el opuesto no será inferior a 20 cm.



Limahoya con babero metálico. Fuente: <www.generadordeprecios.info> [Consulta: 20 de mayo de 2018].

El agua discurre por los faldones (por las canales) y por las limahoyas hasta encontrar el punto más bajo de la cubierta, el **alero**, donde se produce el desagüe. El agua debe ser recogida en este punto para reconducirla hacia los puntos de evacuación, mediante **canalones** corridos, **vistos o exteriores** (en el caso de situarse en la línea del alero) **u ocultos o interiores** (en caso de retranquearlos a un punto interior en la base del faldón o junto a un paramento vertical).

La **pendiente del canalón** para que se produzca una correcta evacuación depende del material, pero debe ser del 1% como mínimo.

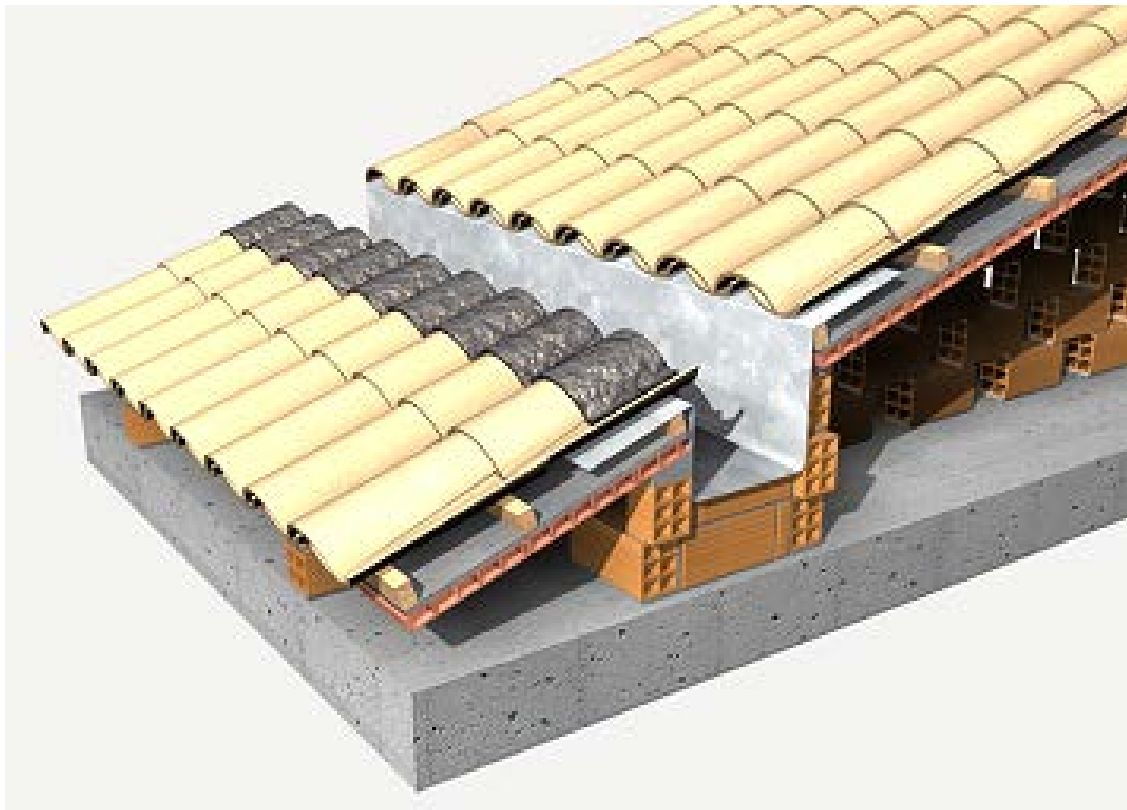
Igualmente, en los canalones exteriores los **puntos de sujeción** variarán en cada caso, en función del peso que deban soportar.

Irán remetidos al menos **15 cm bajo el alero de teja** y conectarán con las bajantes de pluviales, que a su vez realizarán la acometida a la red horizontal mediante sumidero sifónico, o verterá el agua a zonas ajardinadas o a depósitos para su almacenamiento y reutilización (para riego, etc.).



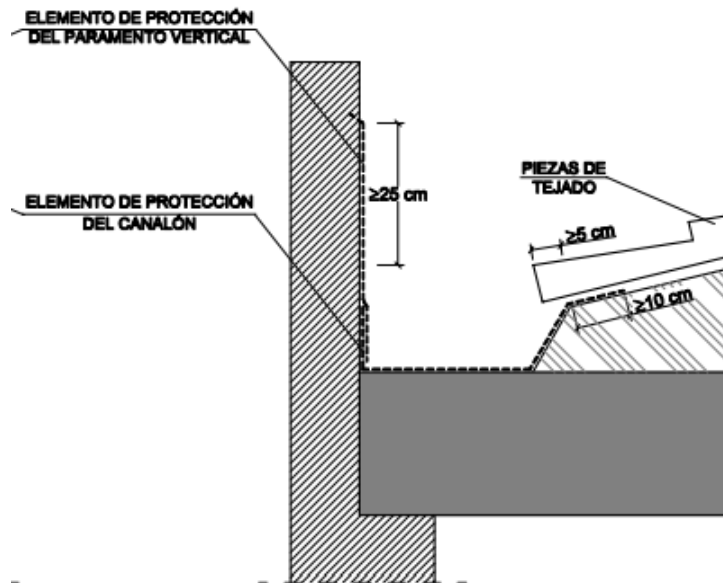
Canalón exterior en cubierta inclinada con teja cerámica,

Los **canalones interiores** dispondrán de una lámina impermeable que cubra el remate del faldón que da al canalón, solando un mínimo de 10 cm por encima de la teja, garantizando la estanqueidad de la cubierta en este punto.



Cuñas de relleno de las canales bajo cumbrera. Fuente: <www.generadordeprecios.info> [Consulta: 20 de mayo de 2018].

Así mismo, cuando estén ubicados **junto a un cerramiento vertical**, dispondrán de una lámina impermeable de protección del paramento, que ascenderá sobre el mismo un mínimo de 25 cm por encima del límite del alero. Dicha lámina se rematará nuevamente de la forma explicada en casos anteriores.



Protección de paramento vertical junto a canalón interior según Tabla 2.17 del CTE DB HS, pág. HS1-29.

Para que se produzca un correcto vertido del agua, sobre el canalón o al vacío, **las canales volarán un mínimo de 5 cm** sobre el extremo del alero o sobre el canalón. Las cobijas pueden acompañar a las canales en el vuelo existente, o permanecer enrasadas con el plano del alero.



Vuelo de la canal mínimo de 5 cm sobre la línea de cornisa o alero, con vertido al exterior,



Remate de alero con canales voladas y cobijas enrasadas con el plano del alero,

Es importante que, con tal de evitar la obturación de los **canalones y limahoyas**, éstos se sometan a las operaciones de **limpieza y mantenimiento** pertinentes, disponiendo a su vez de mecanismos para evitar la deposición de suciedad, hojas, etc. en su interior, como rejillas o mallas.



Rejilla de protección de canalón exterior. Fuente: <youtube.com> [Consulta: 20 de mayo de 2018].



Rejilla de protección de canalón interior u oculto. Fuente: <<http://loscanalones.blogspot.com.es>> [Consulta: 20 de mayo de 2018].

2. TIPOS DE CUBIERTAS INCLINADAS

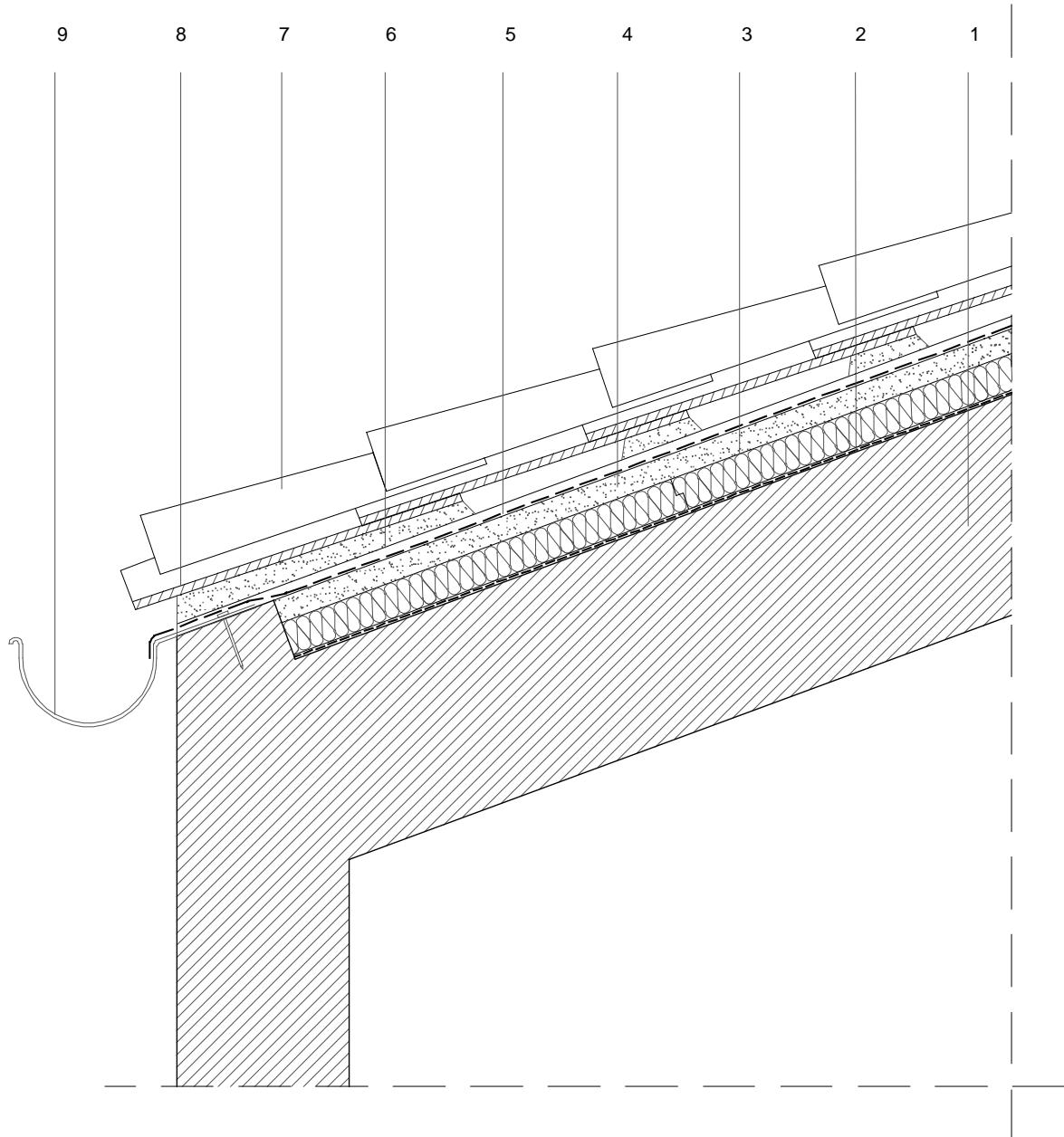
Atendiendo a criterios relacionados con el comportamiento térmico e higrotérmico, las cubiertas inclinadas se pueden clasificar en:

- **Cubiertas inclinadas no ventiladas o calientes:** aquellas que no disponen de cámara ventilada entre sus capas. Suelen tener como base estructural un forjado inclinado. En función de la disposición entre la lámina impermeable y el aislamiento termoacústico, podemos distinguir entre cubiertas calientes convencionales o invertidas.

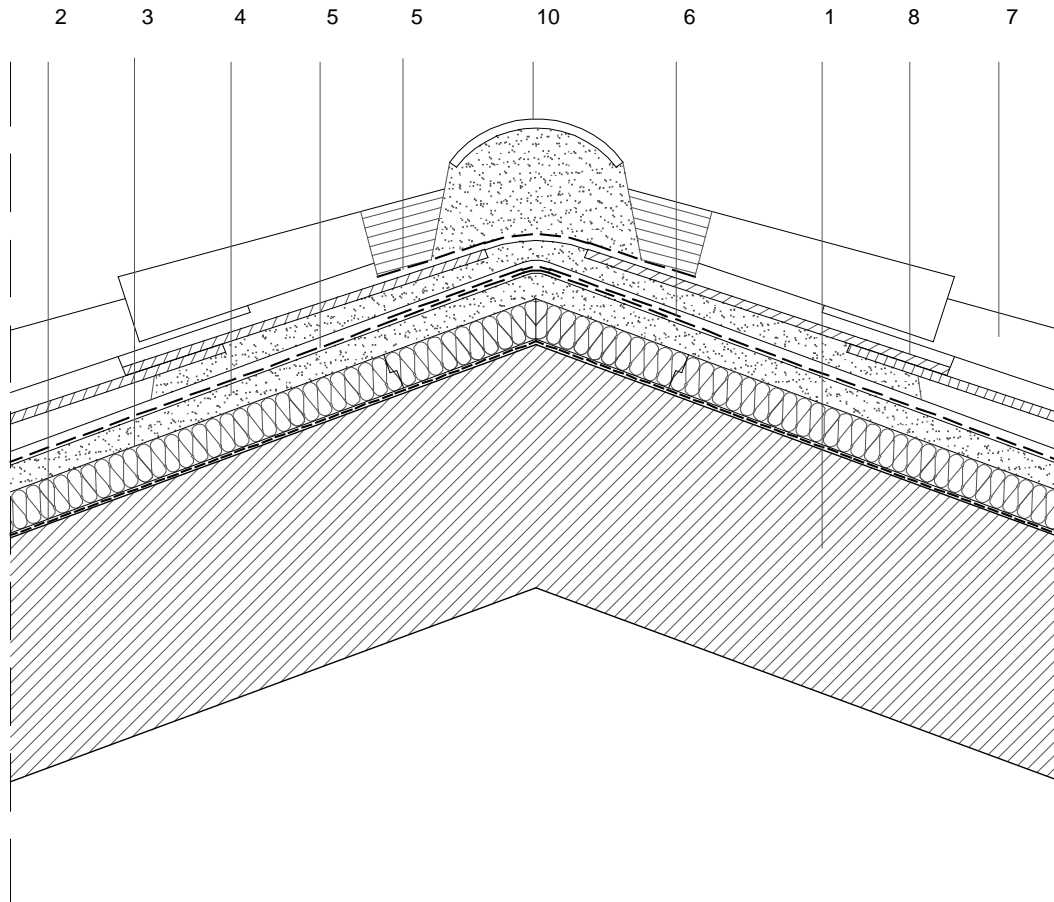
- **Cubiertas inclinadas ventiladas o frías:** aquellas que disponen de una cámara ventilada entre la base estructural y el tablero. Suelen tener como base estructural un forjado horizontal.

2.1. CUBIERTAS CALIENTES

2.1.1. CUBIERTAS CALIENTES CONVENCIONALES



1. Base estructural.
2. Barrera de vapor.
3. Aislamiento térmico. Plancha rígida o manta.
4. Capa separadora: mortero de cemento (3-4 cm).
5. Lámina impermeable.
6. Capa separadora: mortero de cemento (1 cm).
7. Teja cerámica curva: cobija.
8. Teja cerámica curva: canal.
9. Canalón exterior.
10. Cumbre.

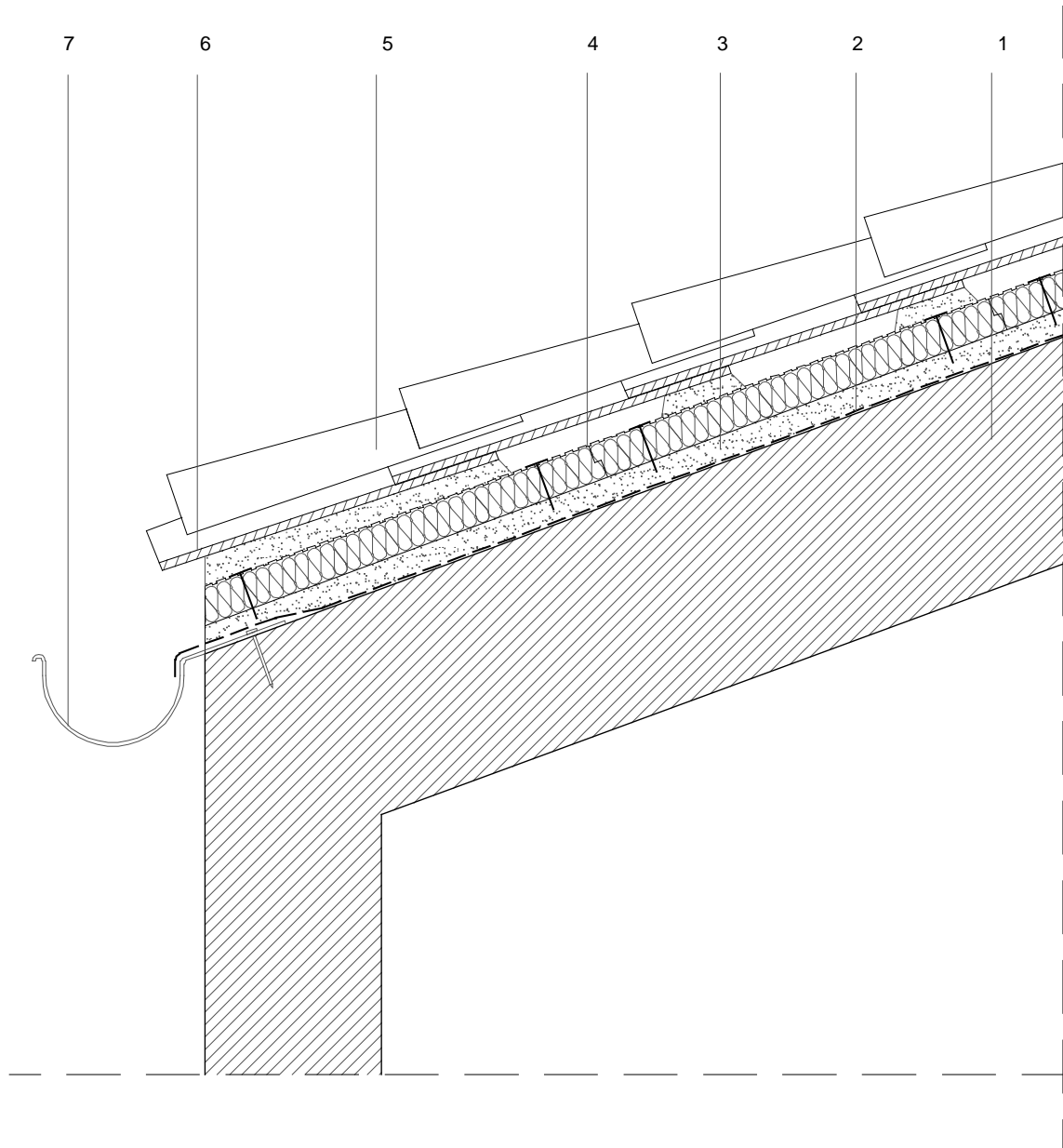


Detalle constructivo de cubierta inclinada caliente con protección de teja cerámica curva. Encuentro con alero y con cumbre. E = 1/10

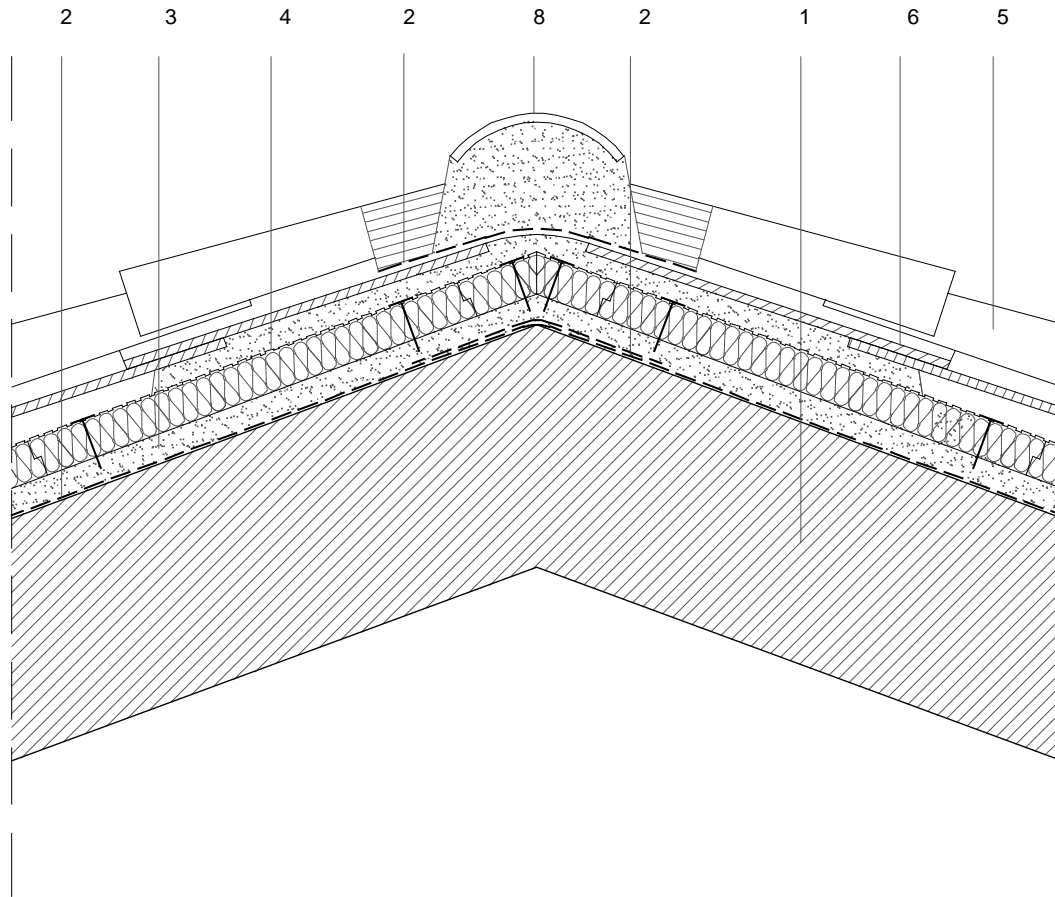
Esta tipología de cubierta necesita disponer de una barrera cortavapor para proteger al aislamiento térmico por su cara inferior, en el caso de utilizar un aislamiento que merme su eficiencia en contacto con la humedad.

El tipo de pieza de cobertura puede ser cualquiera de las estudiadas en el apartado anterior.

2.1.2. CUBIERTAS CALIENTES INVERTIDAS



1. Base estructural.
2. Lámina impermeable.
3. Capa separadora: mortero de cemento (3-4 cm).
4. Aislamiento térmico. Plancha rígida con acabado ranurado.
5. Teja cerámica curva: cobija.
6. Teja cerámica curva: canal.
7. Canalón exterior.
8. Cumbreira.



Detalle constructivo de cubierta inclinada caliente invertida con protección de teja cerámica curva. Encuentro con alero y con cumbre. E = 1/10

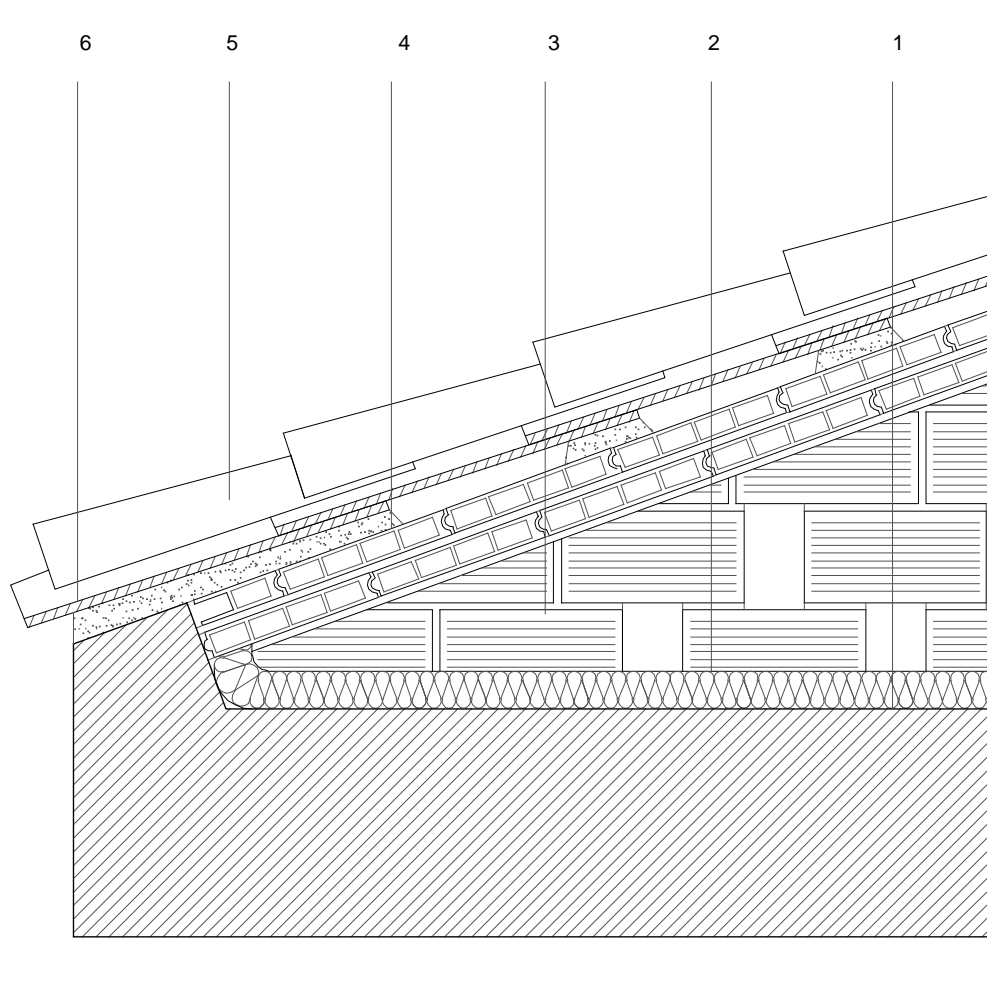
Esta tipología de cubierta no necesita disponer de una barrera cortavapor, puesto que la lámina impermeable va por debajo del aislamiento térmico.

El aislamiento térmico utilizado tiene formato de planta rígida, machihembrada, con un acabado ranurado en la cara superior para favorecer el agarre del mortero de toma de las piezas de protección. Va encolado y clavado en cuatro puntos cercanos a las esquinas, por lo que necesita una capa separadora de espesor suficiente que garantice la integridad de la lámina impermeable inferior.

El tipo de pieza de cobertura puede ser cualquiera de las estudiadas en el apartado anterior.

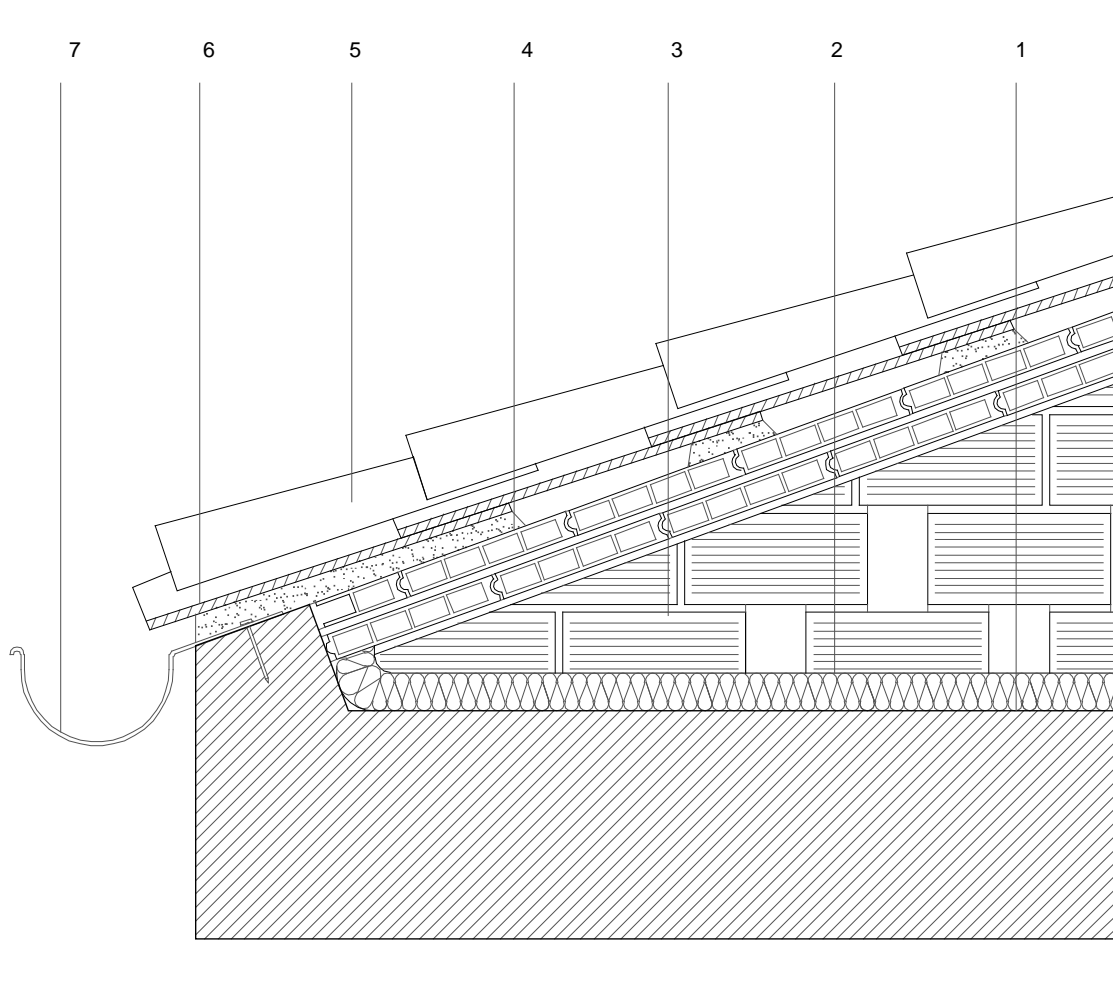
2.2. CUBIERTAS FRÍAS

Cubierta de doble tablero de bardo sobre tabique palomero con protección de teja cerámica curva



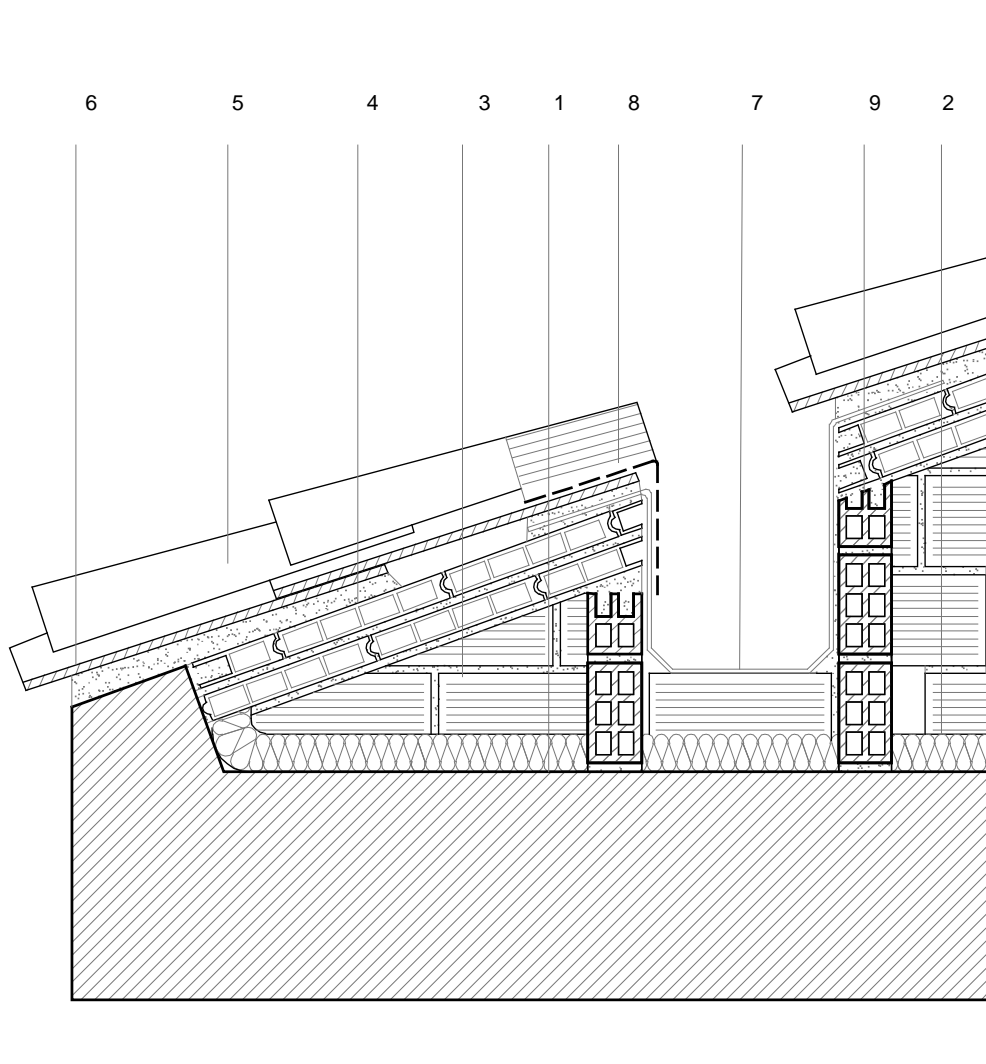
Detalle constructivo de cubierta inclinada de doble tablero de bardo sobre tabiques palomeros con protección de teja cerámica curva. E = 1/10

1. Base estructural.
2. Aislamiento térmico ipo manta entre tabiques palomeros.
3. Tabique palomero de ladrillo cerámico hueco doble.
4. Tablero de doble hoja de bardo cerámico.
5. Teja cerámica curva: cobija.
6. Teja cerámica curva: canal.



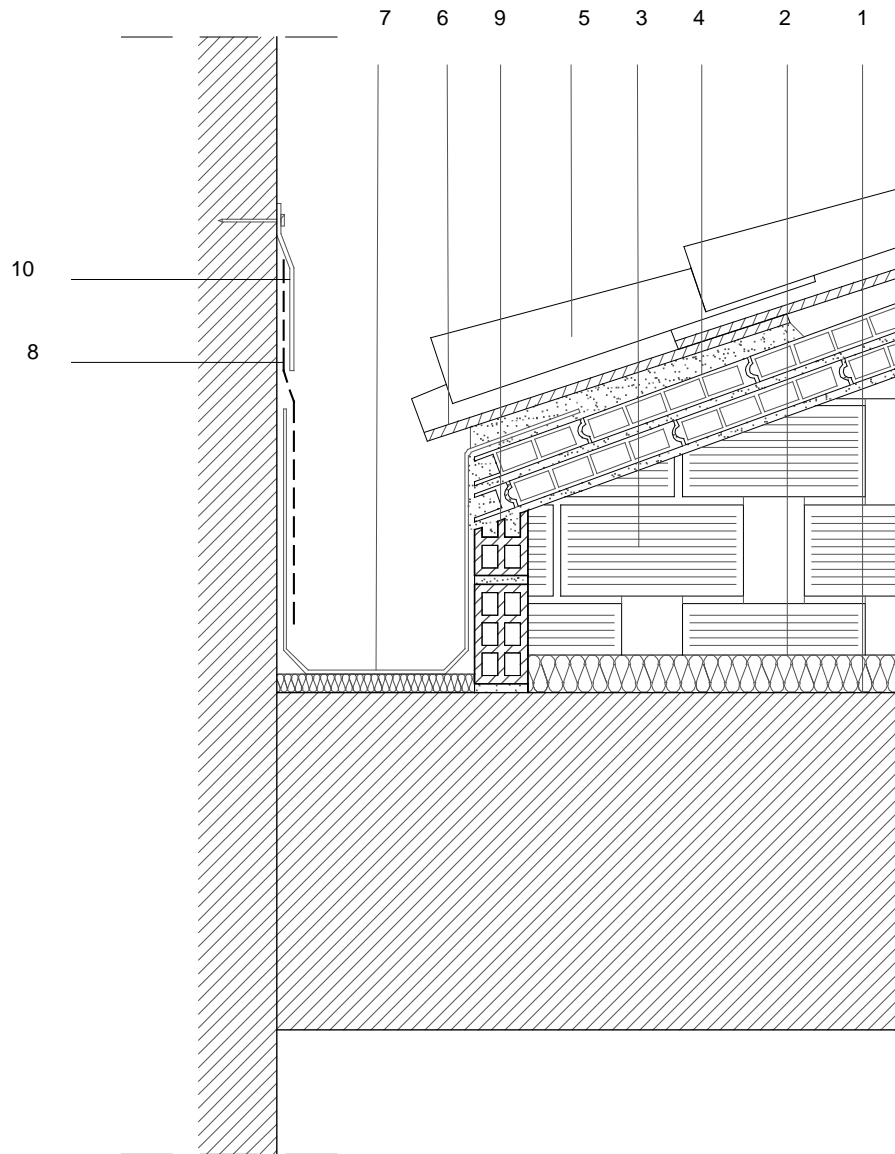
Detalle constructivo de cubierta inclinada de doble tablero de bardo sobre tabiques palomeros con protección de teja cerámica curva. Canalón exterior. E = 1/10

1. Base estructural.
2. Aislamiento térmico ipo manta entre tabiques palomeros.
3. Tabique palomero de ladrillo cerámico hueco doble.
4. Tablero de doble hoja de bardo cerámico.
5. Teja cerámica curva: cobija.
6. Teja cerámica curva: canal.
7. Canalón exterior.
8. Canalón interior.



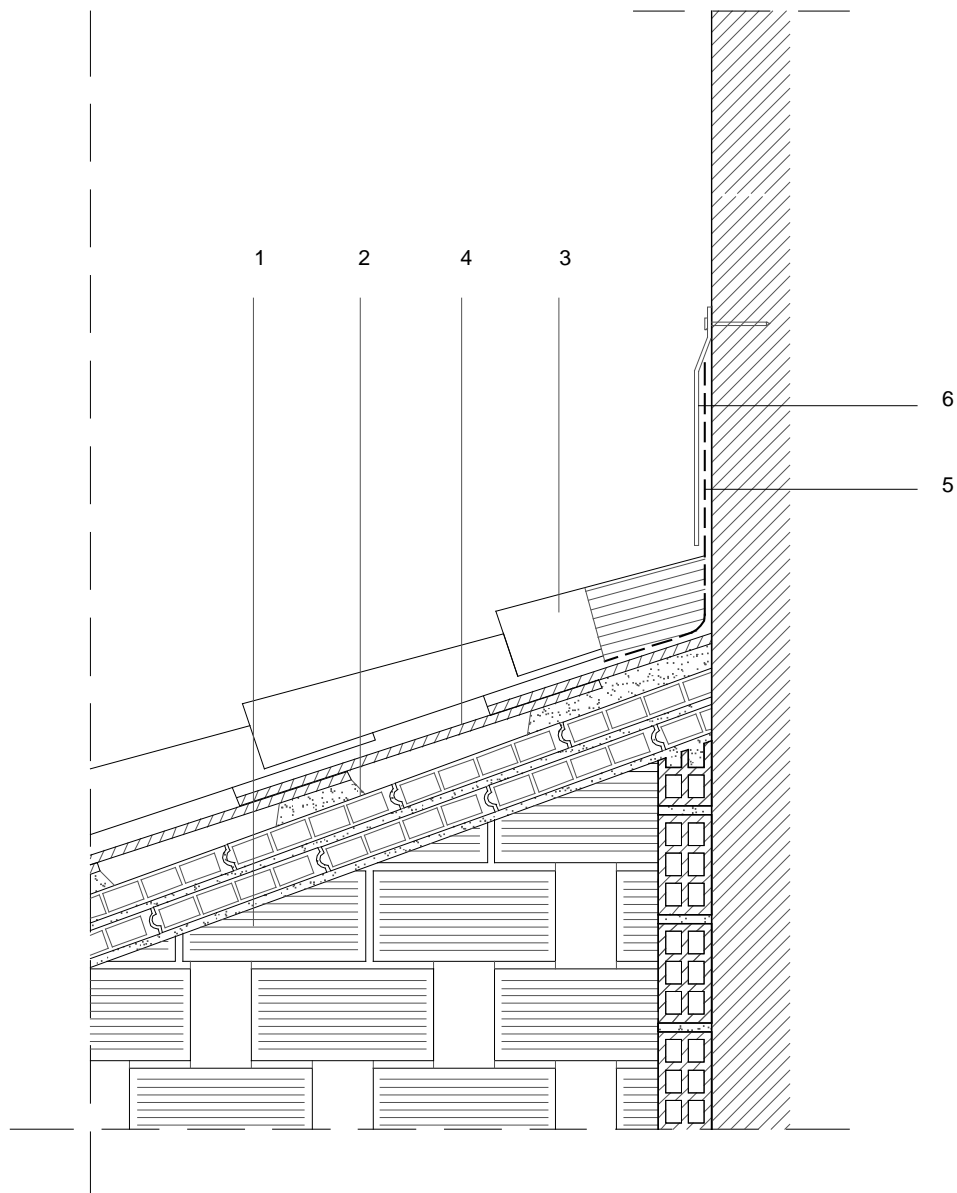
Detalle constructivo de cubierta inclinada de doble tablero de bardo sobre tabiques palomeros con protección de teja cerámica curva. Canalón interior. E = 1/10

1. Base estructural.
2. Aislamiento térmico ipo manta entre tabiques palomeros.
3. Tabique palomero de ladrillo cerámico hueco doble.
4. Tablero de doble hoja de bardo cerámico.
5. Teja cerámica curva: cobija.
6. Teja cerámica curva: canal.
7. Canalón interior.
8. Lámina impermeable.
9. Tabiquilo de ladrillo cerámico hueco doble.



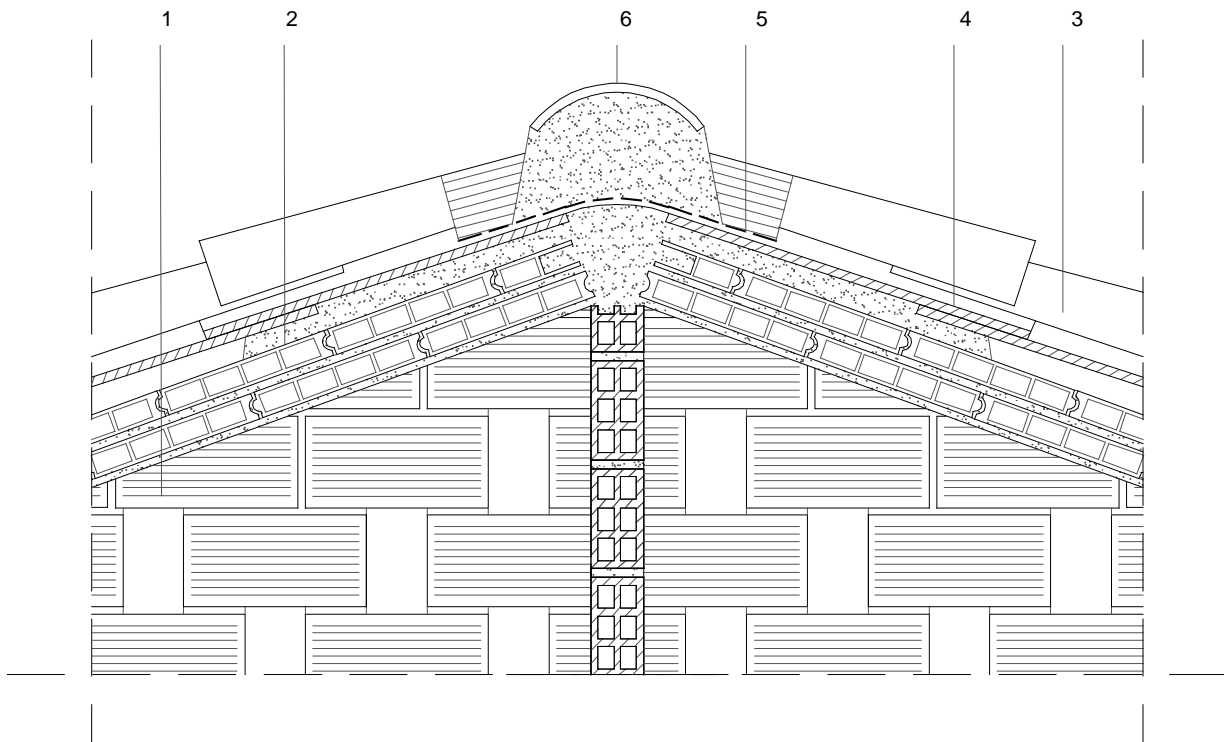
Detalle constructivo de cubierta inclinada de doble tablero de bardo sobre tabiques palomeros con protección de teja cerámica curva. Canalón interior junto a medianera. E = 1/10

1. Base estructural.
2. Aislamiento térmico ipo manta entre tabiques palomeros.
3. Tabique palomero de ladrillo cerámico hueco doble.
4. Tablero de doble hoja de bardo cerámico.
5. Teja cerámica curva: cobija.
6. Teja cerámica curva: canal.
7. Canalón interior.
8. Lámina impermeable.
9. Tabiquilo de ladrillo cerámico hueco doble.
10. Perfil metálico.



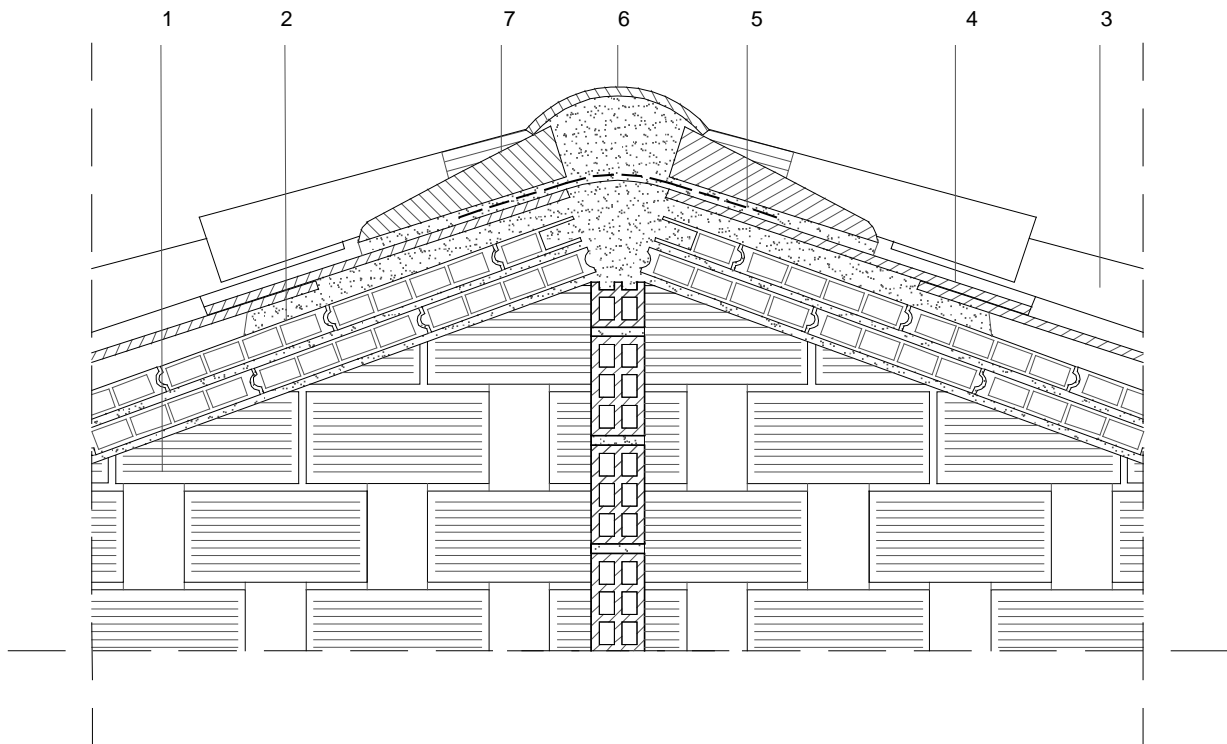
Detalle constructivo de cubierta inclinada de doble tablero de bardo sobre tabiques palomeros con protección de teja cerámica curva. Encuentro con paramento vertical. E = 1/10

1. Tabique palomero de ladrillo cerámico hueco doble.
2. Tablero de doble hoja de bardo cerámico.
3. Teja cerámica curva: cobija.
4. Teja cerámica curva: canal.
5. Lámina impermeable.
6. Perfil metálico.



Detalle constructivo de cubierta inclinada de doble tablero de bardo sobre tabiques palomeros con protección de teja cerámica curva. Cumbre. E = 1/10

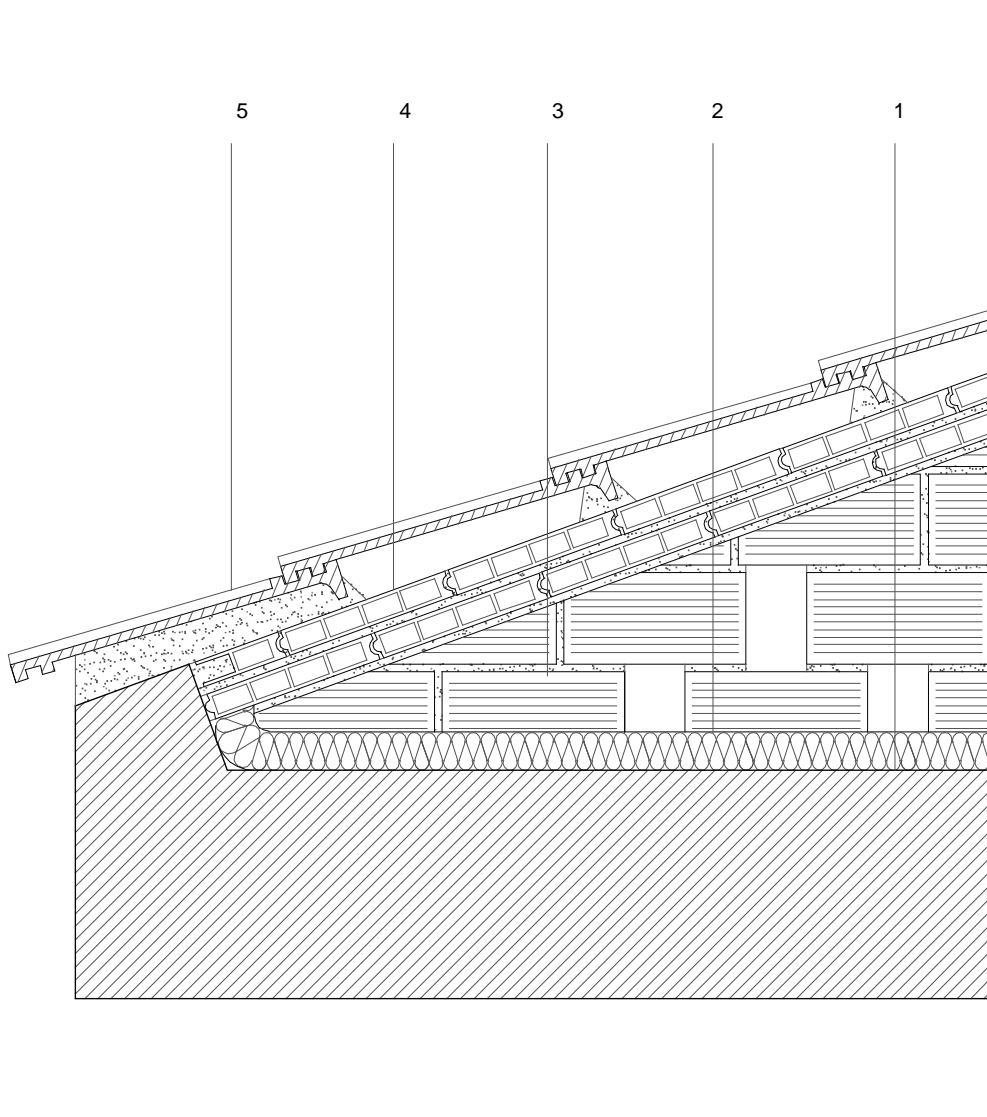
1. Tabique palomero de ladrillo cerámico hueco doble.
2. Tablero de doble hoja de bardo cerámico.
3. Teja cerámica curva: cobija.
4. Teja cerámica curva: canal.
5. Lámina impermeable.
6. Cumbre



Detalle constructivo de cubierta inclinada de doble tablero de bardo sobre tabiques palomeros con protección de teja cerámica curva. Cumbre con piezas especiales. E = 1/10

1. Tabique palomero de ladrillo cerámico hueco doble.
2. Tablero de doble hoja de bardo cerámico.
3. Teja cerámica curva: cobija.
4. Teja cerámica curva: canal.
5. Lámina impermeable.
6. Cumbre
7. Pieza especial. Cuña de relleno de canales en encuentro con cumbre.

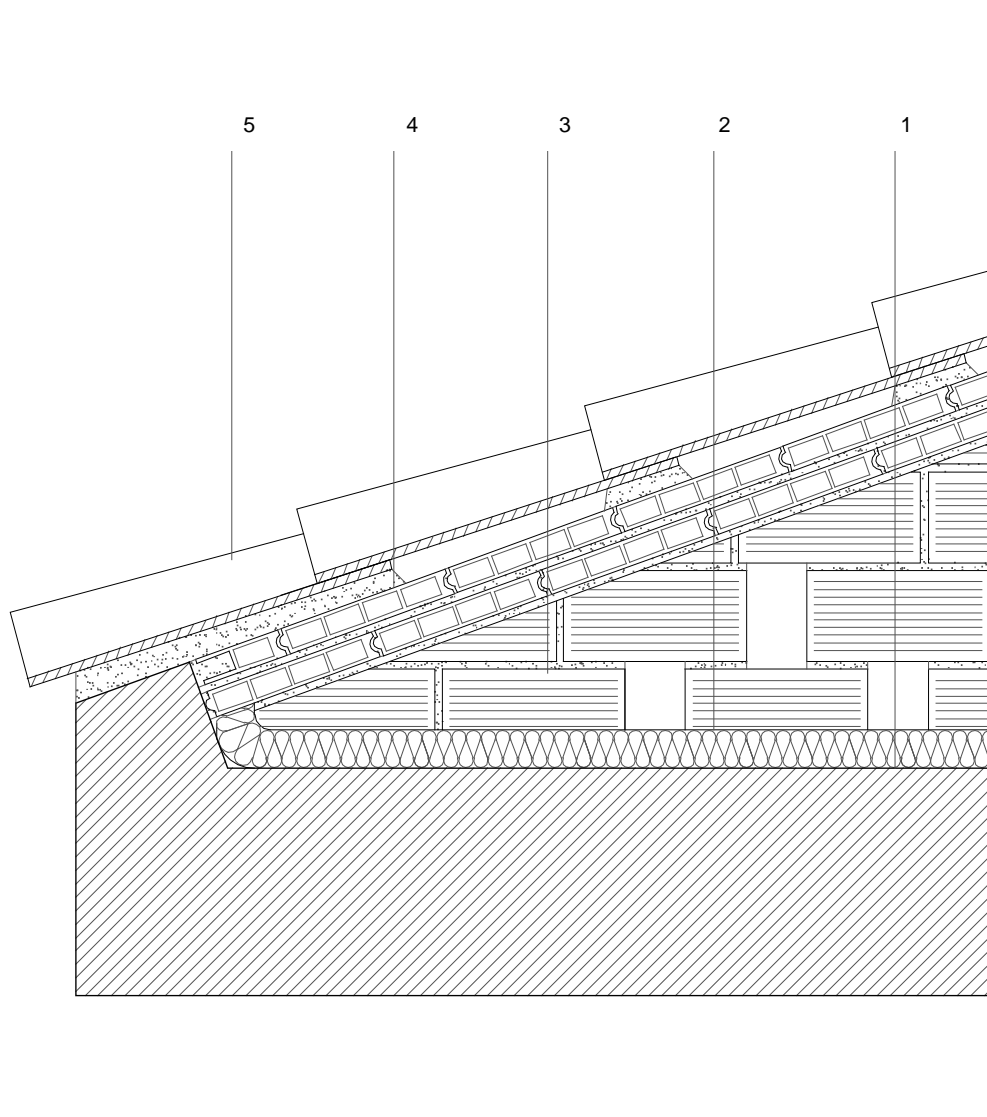
Cubierta de doble tablero de bardo sobre tabique palomero con protección de teja cerámica plana



Detalle constructivo de cubierta inclinada de doble tablero de bardo sobre tabiques palomeros con protección de teja cerámica plana. E = 1/10

1. Base estructural.
2. Aislamiento térmico ipo manta entre tabiques palomeros.
3. Tabique palomero de ladrillo cerámico hueco doble.
4. Tablero de doble hoja de bardo cerámico.
5. Teja cerámica plana.

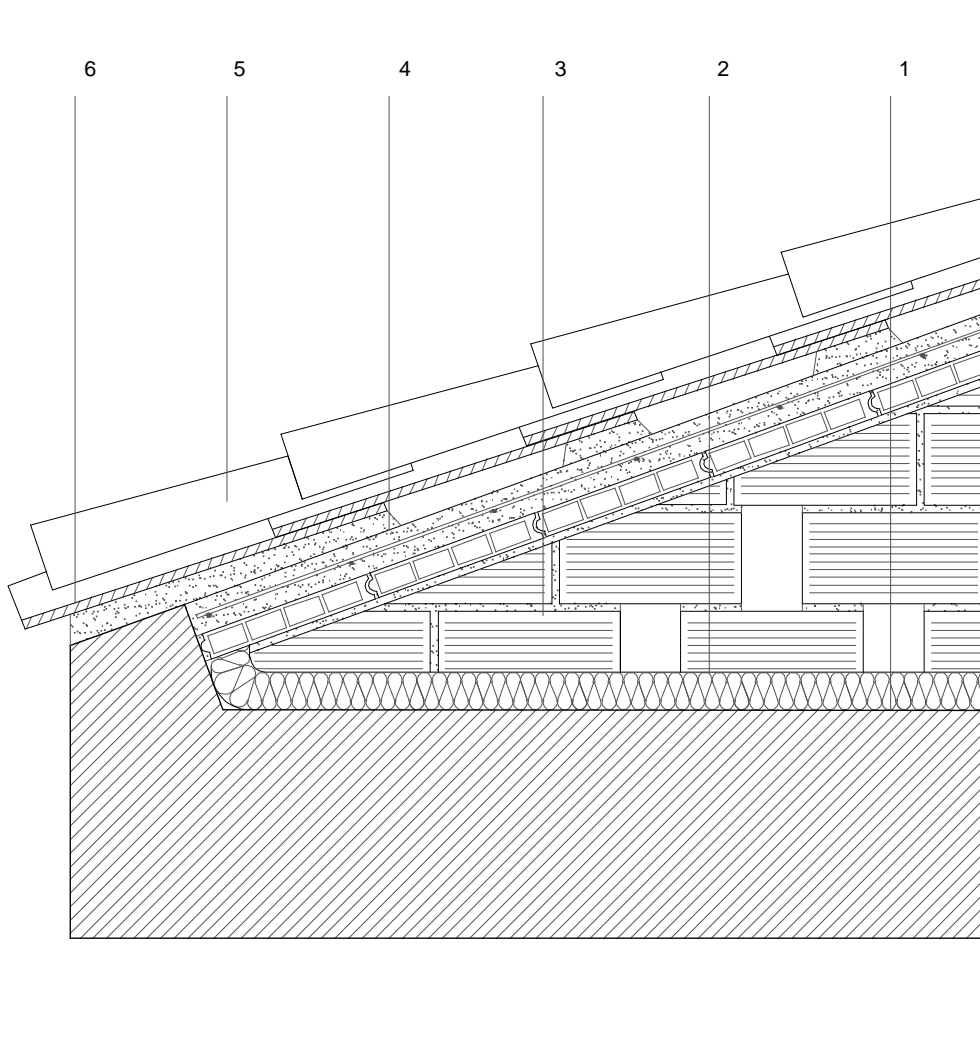
Cubierta de doble tablero de bardo sobre tabique palomero con protección de teja cerámica mixta



Detalle constructivo de cubierta inclinada de doble tablero de bardo sobre tabiques palomeros con protección de teja cerámica mixta. E = 1/10

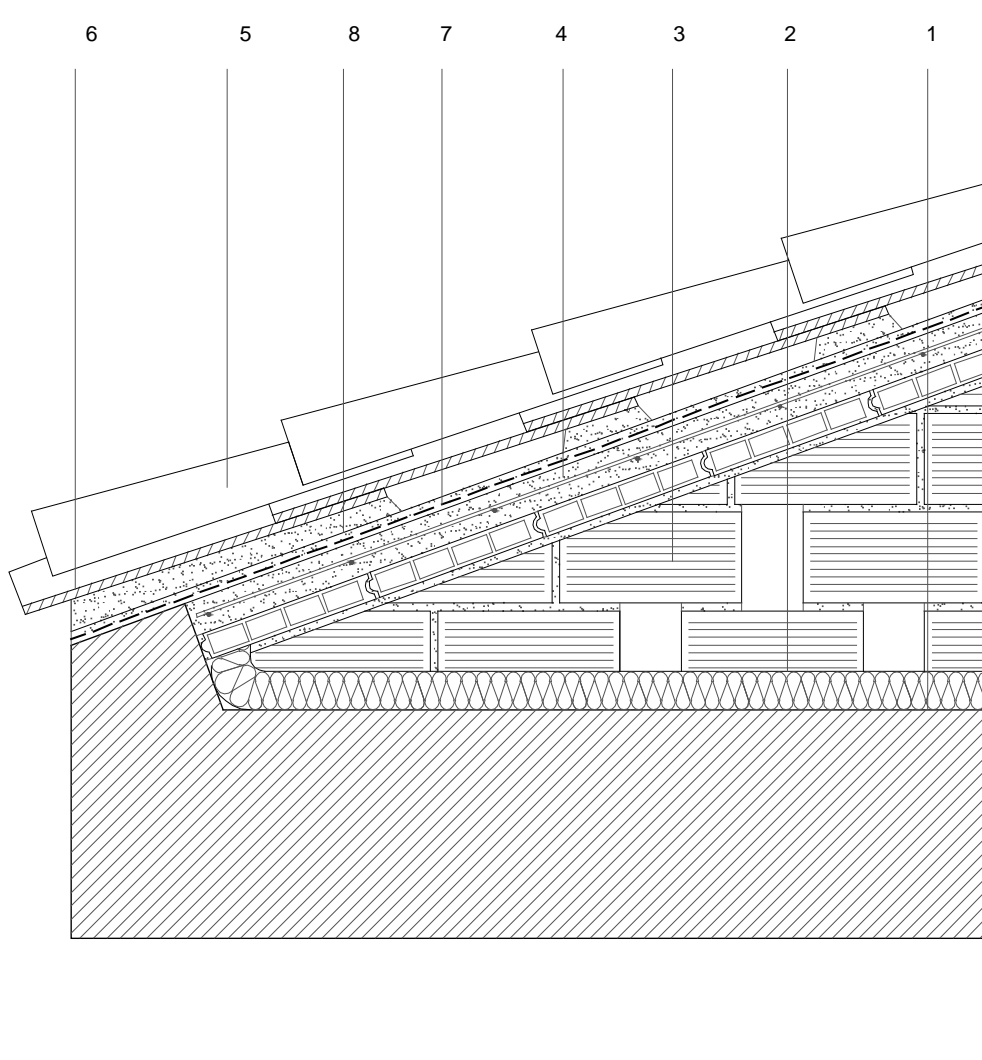
1. Base estructural.
2. Aislamiento térmico ipo manta entre tabiques palomeros.
3. Tabique palomero de ladrillo cerámico hueco doble.
4. Tablero de doble hoja de bardo cerámico.
5. Teja cerámica mixta.

Cubierta de tablero de bardo con capa de compresión sobre tabique palomero con protección de teja cerámica curva



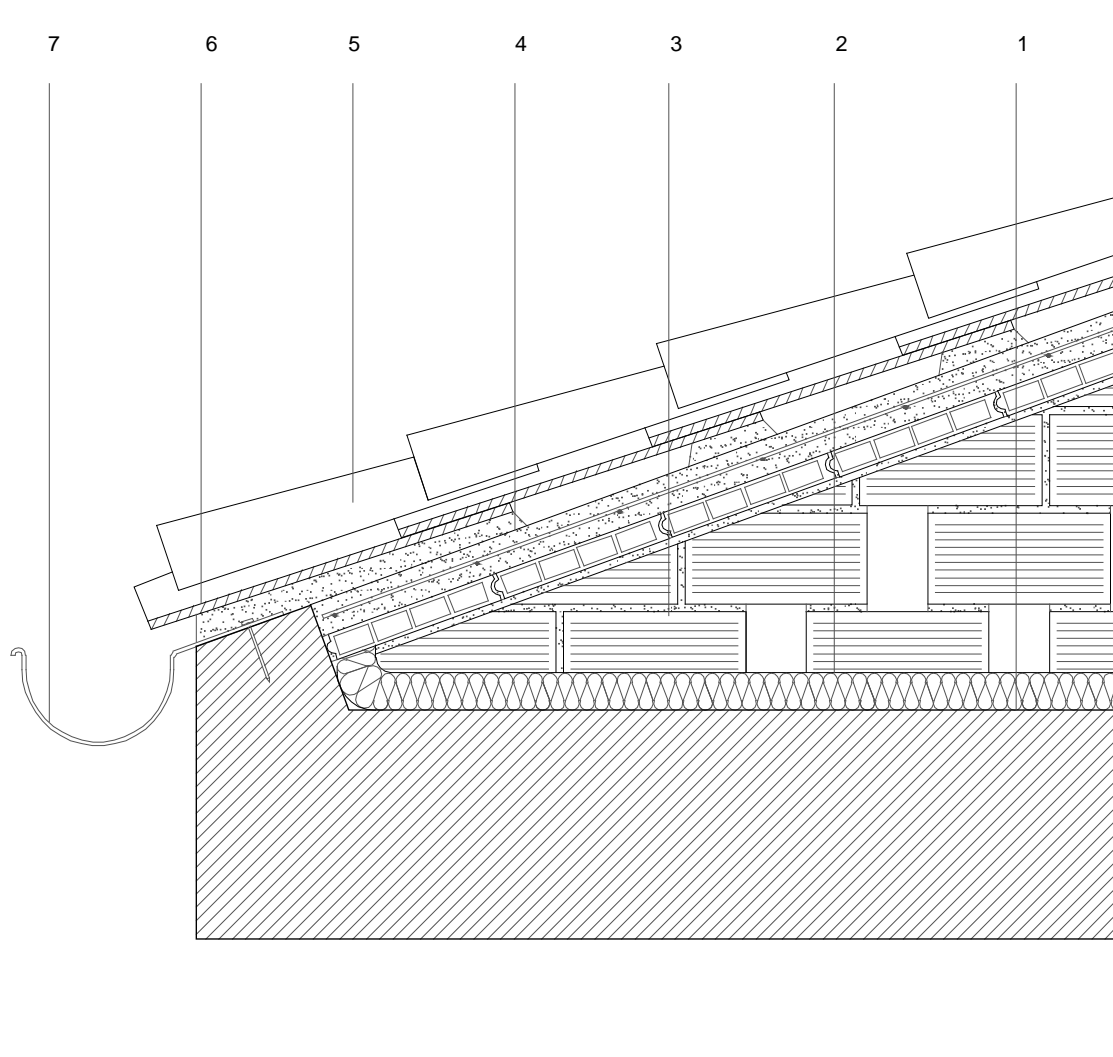
Detalle constructivo de cubierta inclinada de tablero de bardo con capa de compresión sobre tabiques palomeros con protección de teja cerámica curva. E = 1/10

1. Base estructural.
2. Aislamiento térmico ipo manta entre tabiques palomeros.
3. Tabique palomero de ladrillo cerámico hueco doble.
4. Tablero de hoja de bardo cerámico con capa de compresión.
5. Teja cerámica curva: cobija.
6. Teja cerámica curva: canal.



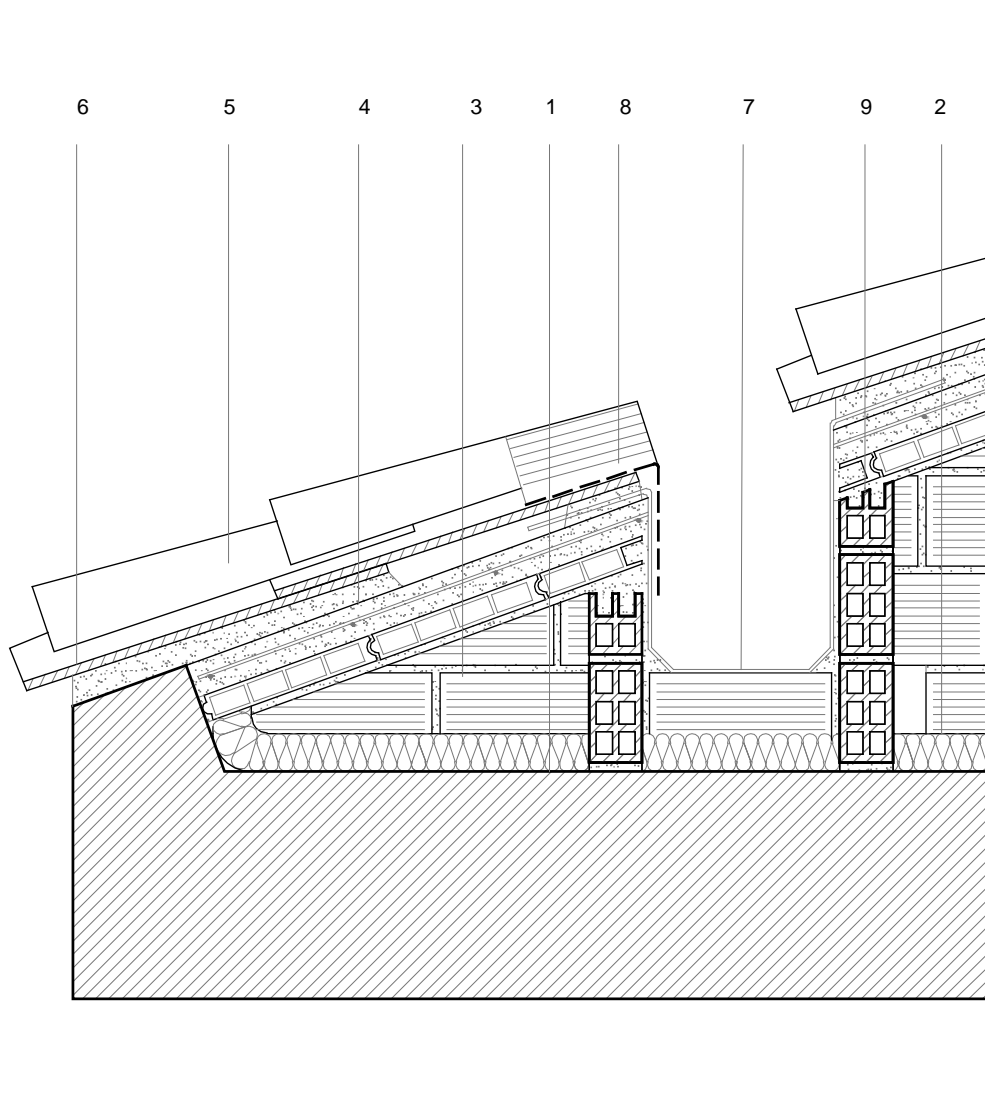
Detalle constructivo de cubierta inclinada de tablero de bardo con capa de compresión sobre tabiques palomeros con protección de teja cerámica curva sobre lámina impermeable. E = 1/10

1. Base estructural.
2. Aislamiento térmico ipo manta entre tabiques palomeros.
3. Tabique palomero de ladrillo cerámico hueco doble.
4. Tablero de hoja de bardo cerámico con capa de compresión.
5. Teja cerámica curva: cobija.
6. Teja cerámica curva: canal.
7. Lámina impermeable.
8. Capa separadora: mortero de cemento (1 cm).



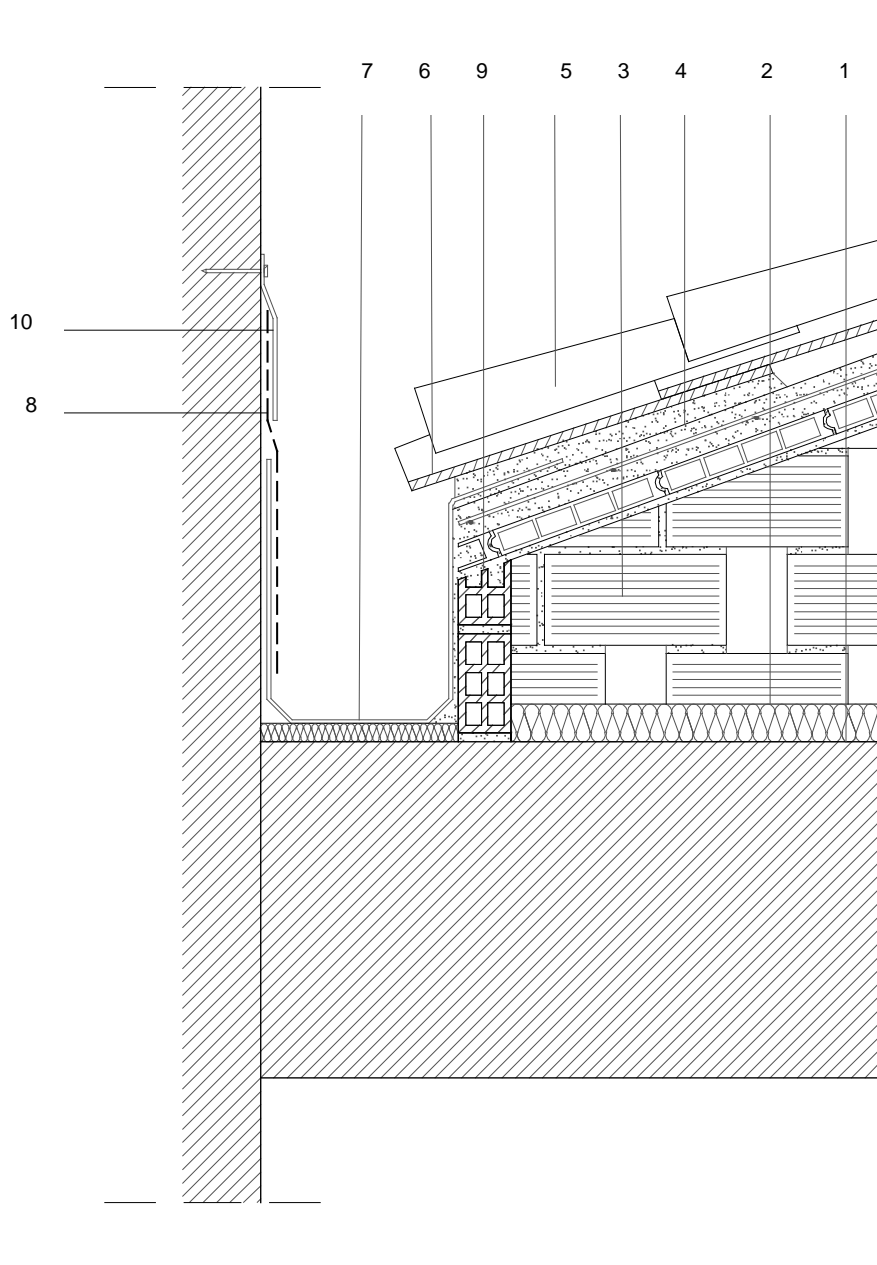
Detalle constructivo de cubierta inclinada de tablero de bardo con capa de compresión sobre tabiques palomeros con protección de teja cerámica curva. Canalón exterior. E = 1/10

1. Base estructural.
2. Aislamiento térmico ipo manta entre tabiques palomeros.
3. Tabique palomero de ladrillo cerámico hueco doble.
4. Tablero de hoja de bardo cerámico con capa de compresión.
5. Teja cerámica curva: cobija.
6. Teja cerámica curva: canal.
7. Canalón exterior.



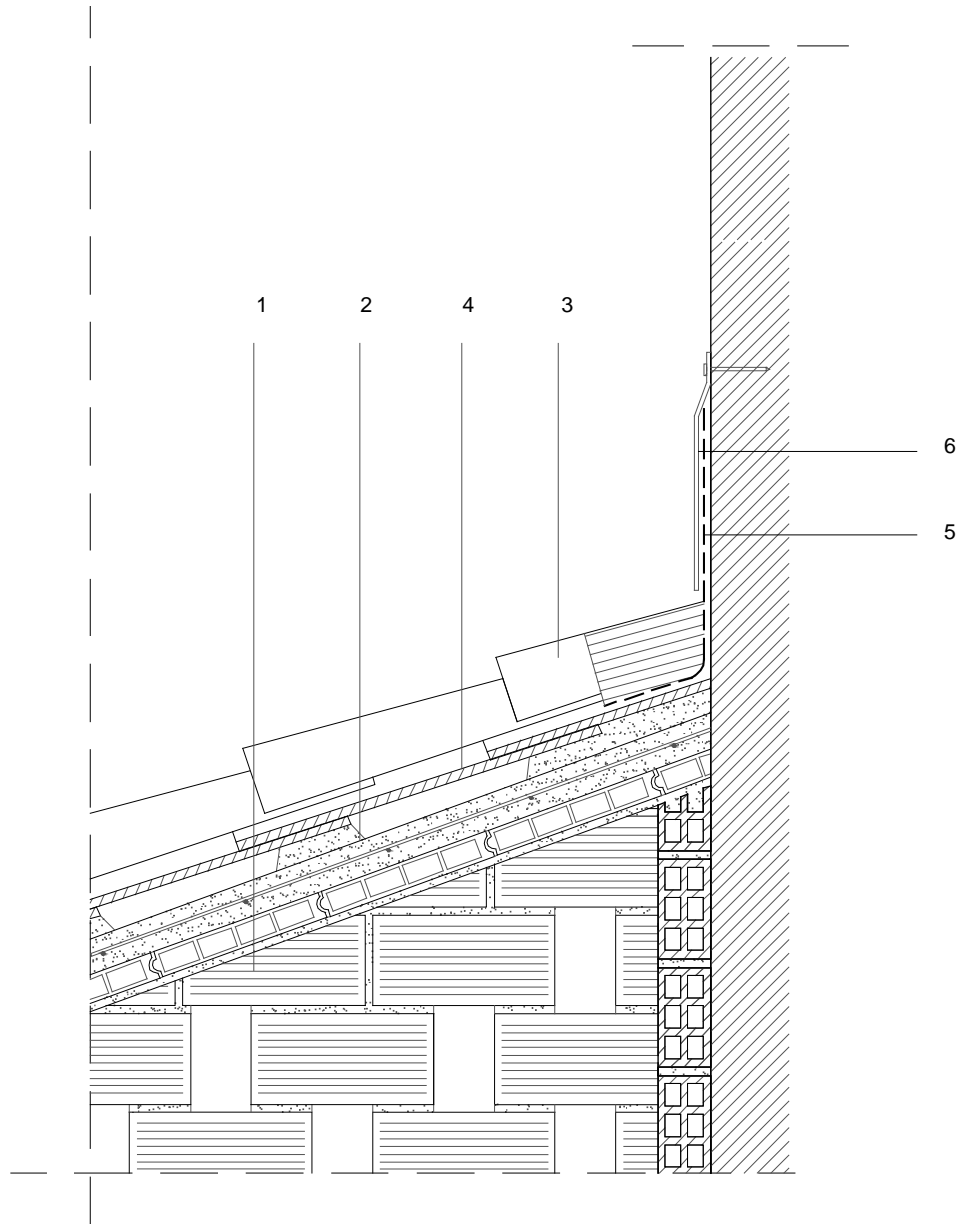
Detalle constructivo de cubierta inclinada de tablero de bardo con capa de compresión sobre tabiques palomeros con protección de teja cerámica curva. Canalón interior. E = 1/10

1. Base estructural.
2. Aislamiento térmico ipo manta entre tabiques palomeros.
3. Tabique palomero de ladrillo cerámico hueco doble.
4. Tablero de hoja de bardo cerámico con capa de compresión.
5. Teja cerámica curva: cobija.
6. Teja cerámica curva: canal.
7. Canalón interior.
8. Lámina impermeable.
9. Tabiquilo de ladrillo cerámico hueco doble.



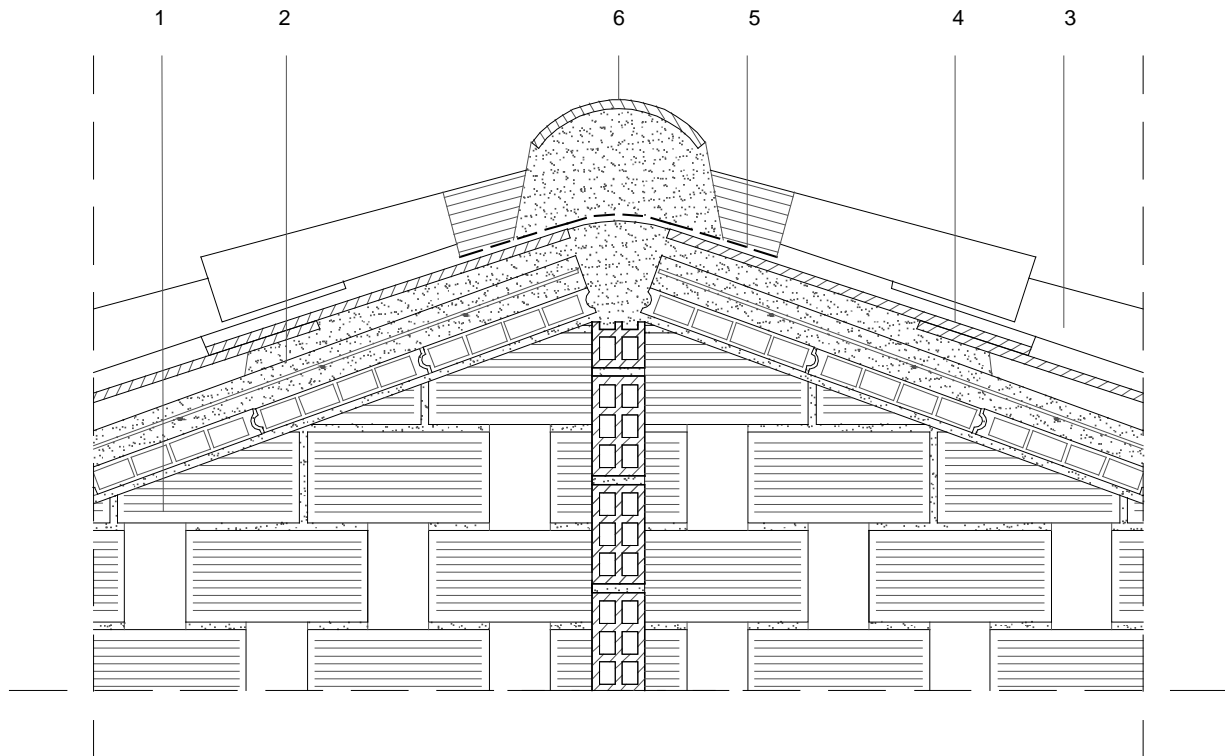
Detalle constructivo de cubierta inclinada de tablero de bardo con capa de compresión sobre tabiques palomeros con protección de teja cerámica curva. Canalón interior junto a medianera. E = 1/10

1. Base estructural.
2. Aislamiento térmico ipo manta entre tabiques palomeros.
3. Tabique palomero de ladrillo cerámico hueco doble.
4. Tablero de hoja de bardo cerámico con capa de compresión.
5. Teja cerámica curva: cobija.
6. Teja cerámica curva: canal.
7. Canalón interior.
8. Lámina impermeable.
9. Tabiquilo de ladrillo cerámico hueco doble.
10. Perfil metálico.



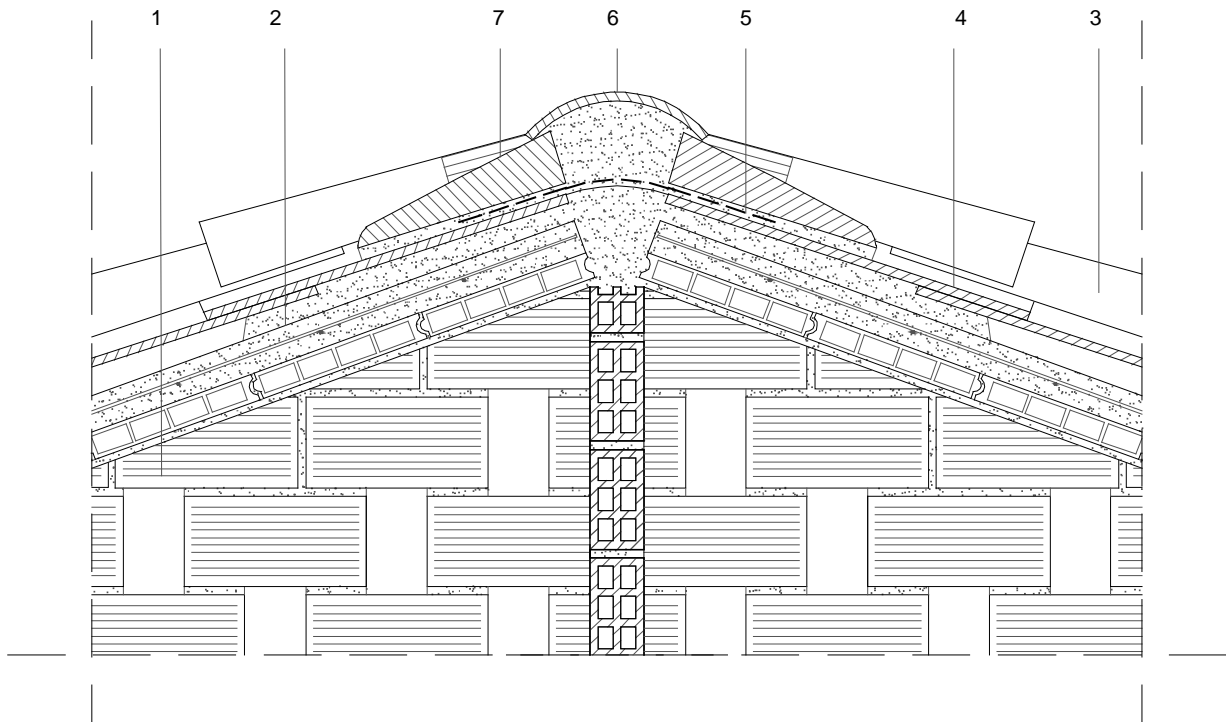
Detalle constructivo de cubierta inclinada de tablero de bardo con capa de compresión sobre tabiques palomeros con protección de teja cerámica curva. Encuentro con paramento vertical. E = 1/10

1. Tabique palomero de ladrillo cerámico hueco doble.
2. Tablero de hoja de bardo cerámico con capa de compresión
3. Teja cerámica curva: cobija.
4. Teja cerámica curva: canal.
5. Lámina impermeable.
6. Perfil metálico.



Detalle constructivo de cubierta inclinada de tablero de bardo con capa de compresión sobre tabiques palomeros con protección de teja cerámica curva. Cumbre. E = 1/10

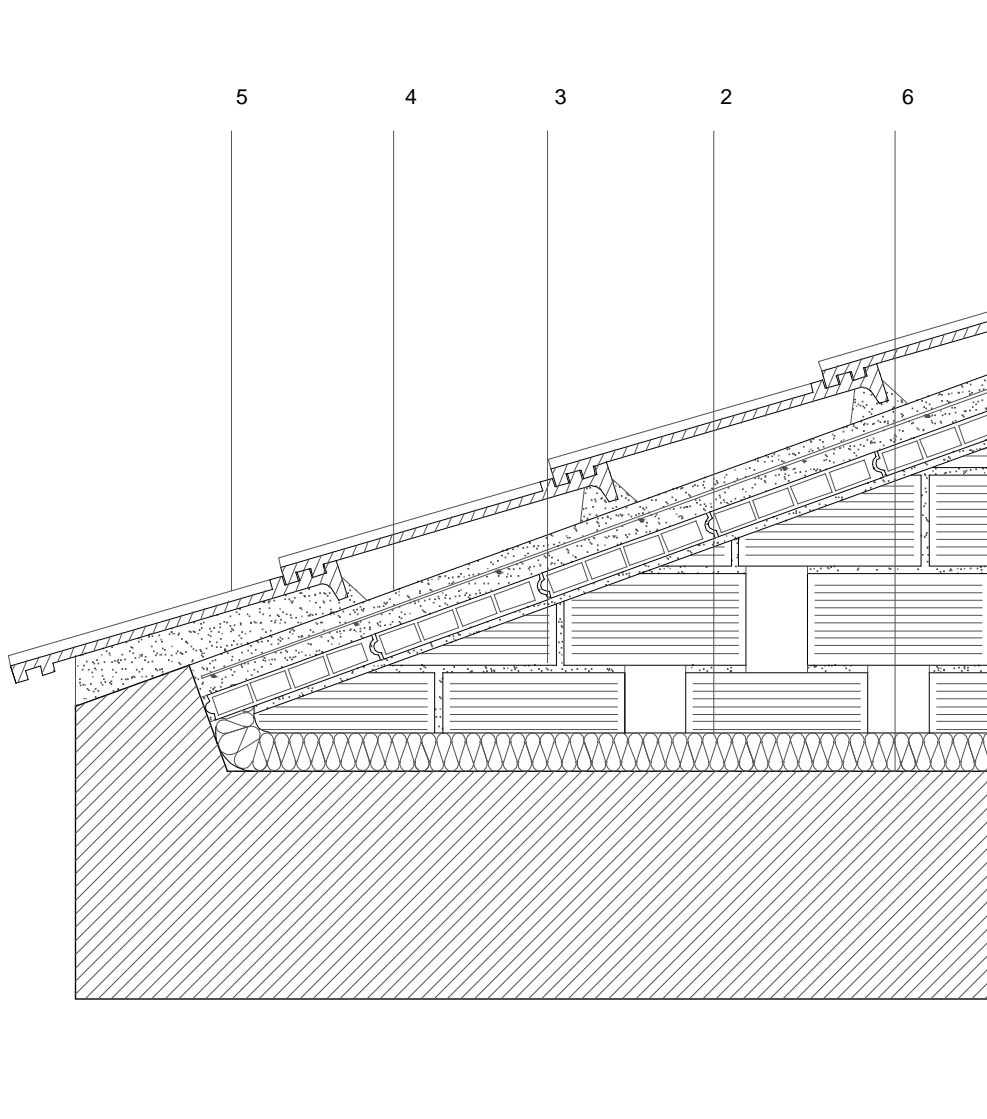
1. Tabique palomero de ladrillo cerámico hueco doble.
2. Tablero de hoja de bardo cerámico con capa de compresión.
3. Teja cerámica curva: cobija.
4. Teja cerámica curva: canal.
5. Lámina impermeable.
6. Cumbre



Detalle constructivo de cubierta inclinada de tablero de bardo con capa de compresión sobre tabiques palomeros con protección de teja cerámica curva. Cumbre con piezas especiales. E = 1/10

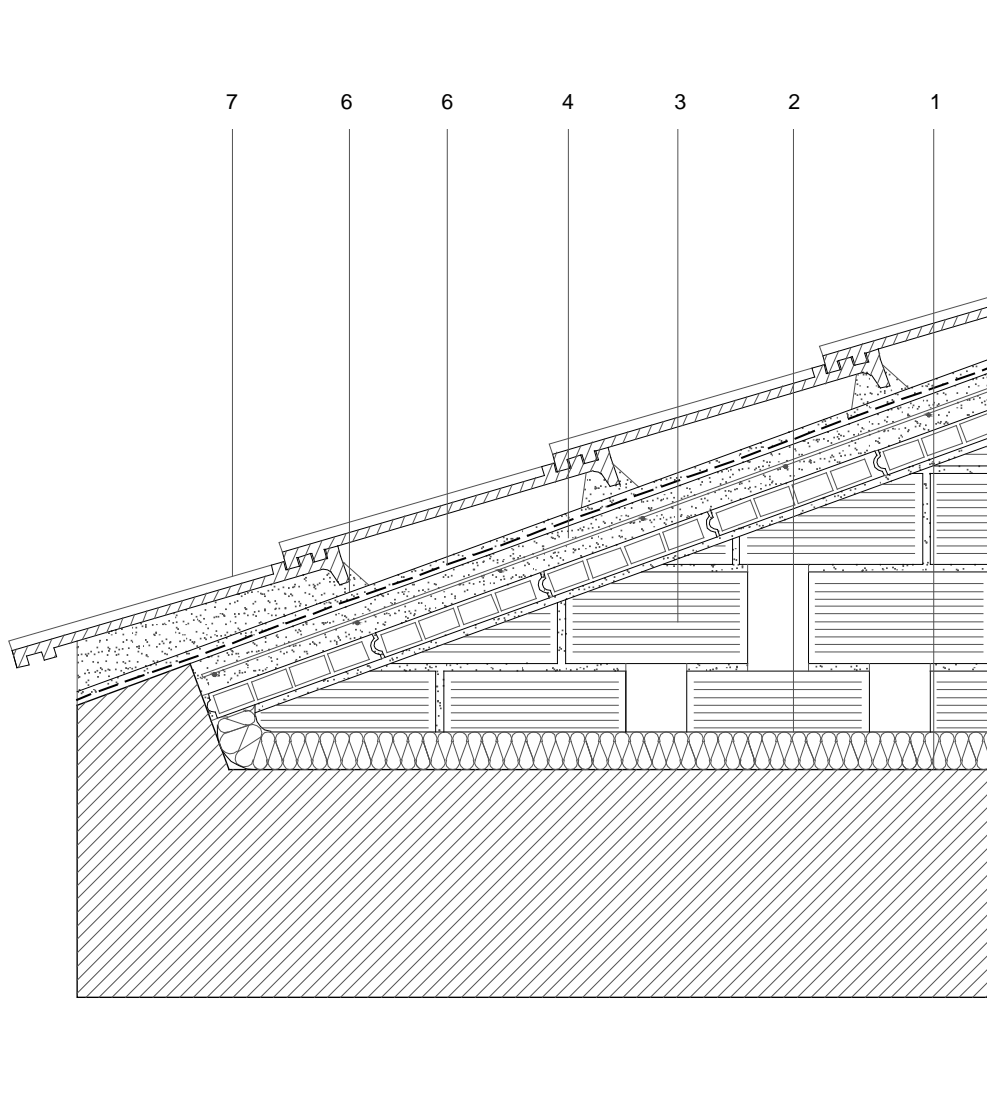
1. Tabique palomero de ladrillo cerámico hueco doble.
2. Tablero de hoja de bardo cerámico con capa de compresión.
3. Teja cerámica curva: cobija.
4. Teja cerámica curva: canal.
5. Lámina impermeable.
6. Cumbre
7. Pieza especial. Cuña de relleno de canales en encuentro con cumbre.

Cubierta de tablero de bardo con capa de compresión sobre tabique palomero con protección de teja cerámica plana



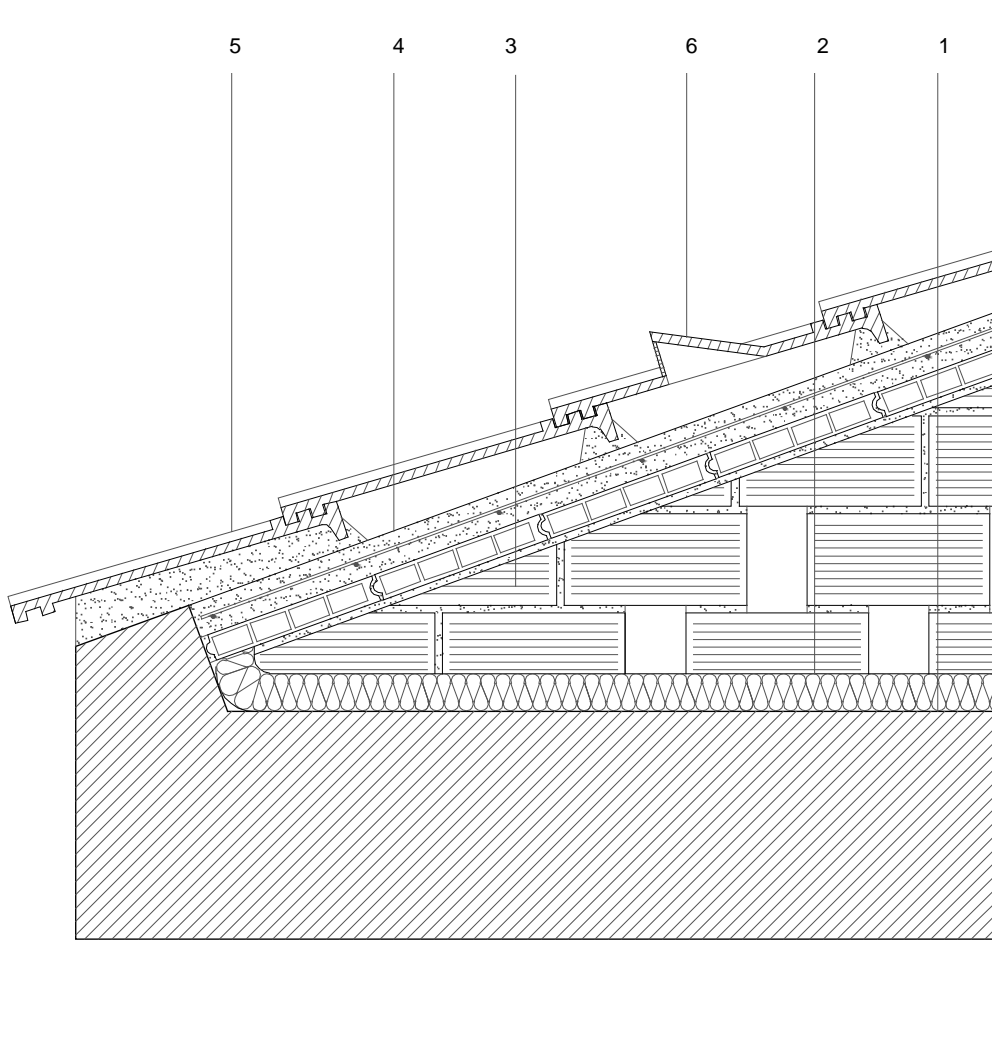
Detalle constructivo de cubierta inclinada de tablero de bardo con capa de compresión sobre tabiques palomeros con protección de teja cerámica plana. E = 1/10

1. Base estructural.
2. Aislamiento térmico ipo manta entre tabiques palomeros.
3. Tabique palomero de ladrillo cerámico hueco doble.
4. Tablero de hoja de bardo cerámico con capa de compresión.
5. Teja cerámica plana.



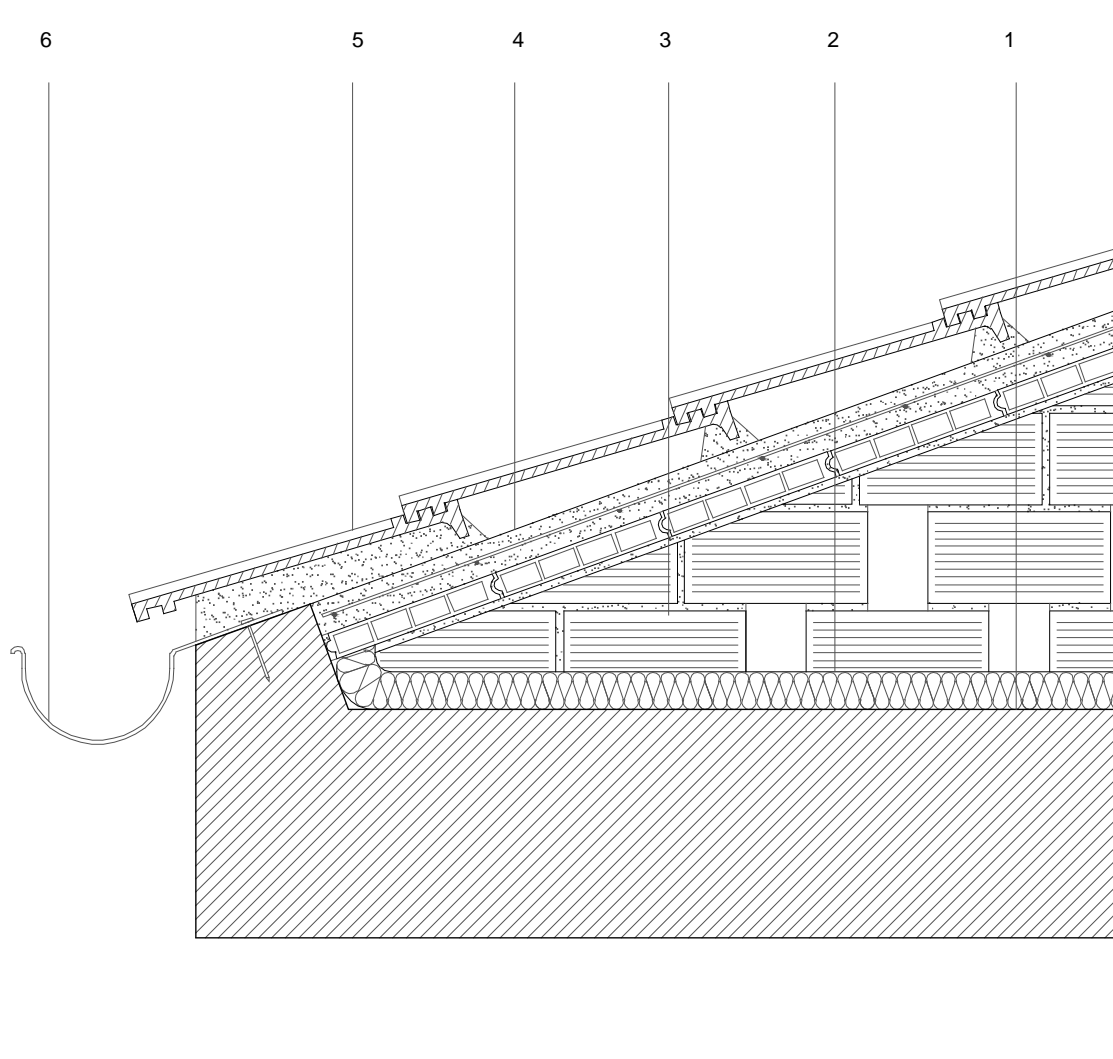
Detalle constructivo de cubierta inclinada de tablero de bardo con capa de compresión sobre tabiques palomeros con protección de teja cerámica plana sobre lámina impermeable. E = 1/10

1. Base estructural.
2. Aislamiento térmico ipo manta entre tabiques palomeros.
3. Tabique palomero de ladrillo cerámico hueco doble.
4. Tablero de hoja de bardo cerámico con capa de compresión.
5. Lámina impermeable.
6. Capa separadora: mortero de cemento (1cm).
7. Teja cerámica plana.



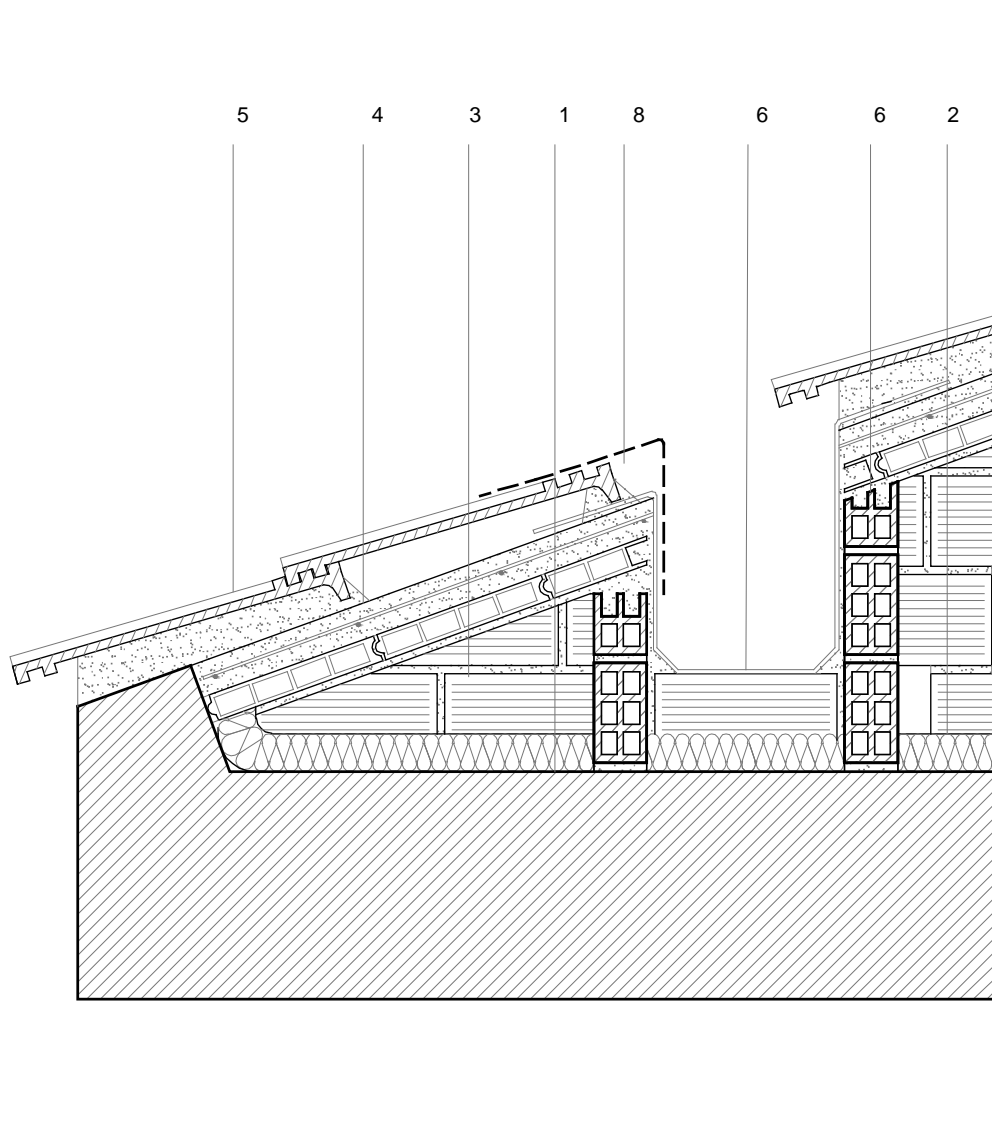
Detalle constructivo de cubierta inclinada de tablero de bardo con capa de compresión sobre tabiques palomeros con protección de teja cerámica plana. Teja ventiladora. E = 1/10

1. Base estructural.
2. Aislamiento térmico ipo manta entre tabiques palomeros.
3. Tabique palomero de ladrillo cerámico hueco doble.
4. Tablero de hoja de bardo cerámico con capa de compresión.
5. Teja cerámica plana.
6. Teja ventiladora.



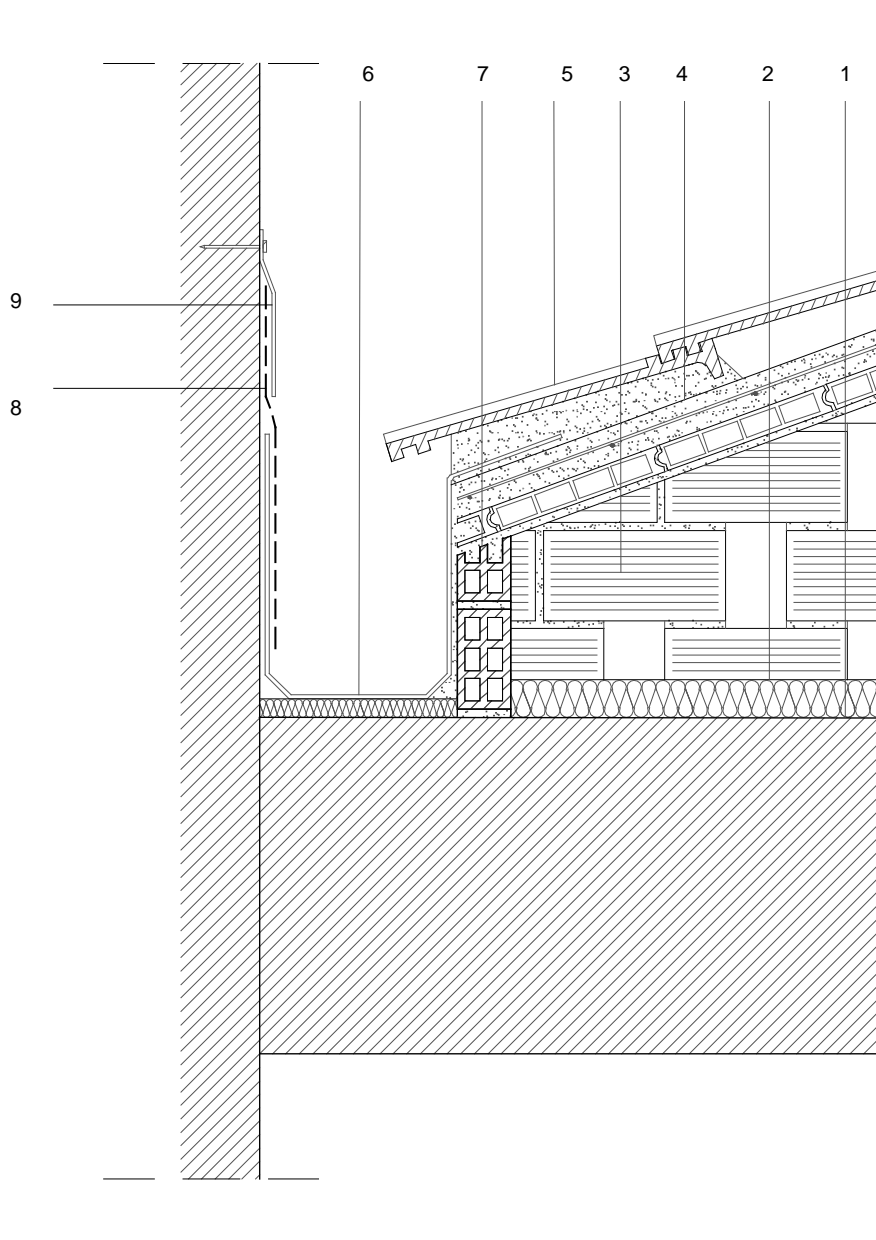
Detalle constructivo de cubierta inclinada de tablero de bardo con capa de compresión sobre tabiques palomeros con protección de teja cerámica plana. Canalón exterior. E = 1/10

1. Base estructural.
2. Aislamiento térmico ipo manta entre tabiques palomeros.
3. Tabique palomero de ladrillo cerámico hueco doble.
4. Tablero de hoja de bardo cerámico con capa de compresión.
5. Teja cerámica plana.
6. Canalón exterior.



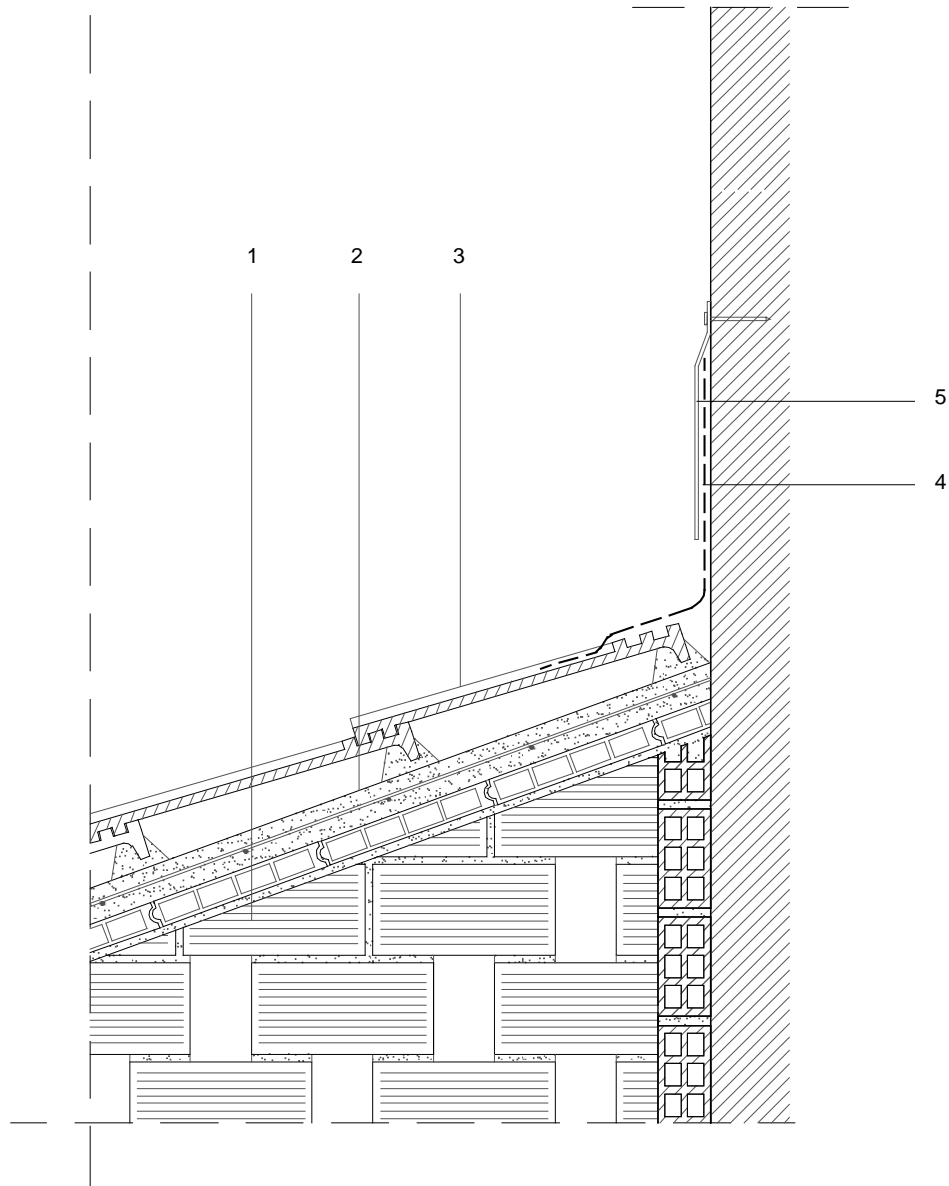
Detalle constructivo de cubierta inclinada de tablero de bardo con capa de compresión sobre tabiques palomeros con protección de teja cerámica plana. Canalón interior. E = 1/10

1. Base estructural.
2. Aislamiento térmico ipo manta entre tabiques palomeros.
3. Tabique palomero de ladrillo cerámico hueco doble.
4. Tablero de hoja de bardo cerámico con capa de compresión.
5. Teja cerámica plana.
6. Canalón interior.
7. Tabiquilo de ladrillo cerámico hueco doble.
8. Lámina impermeable.



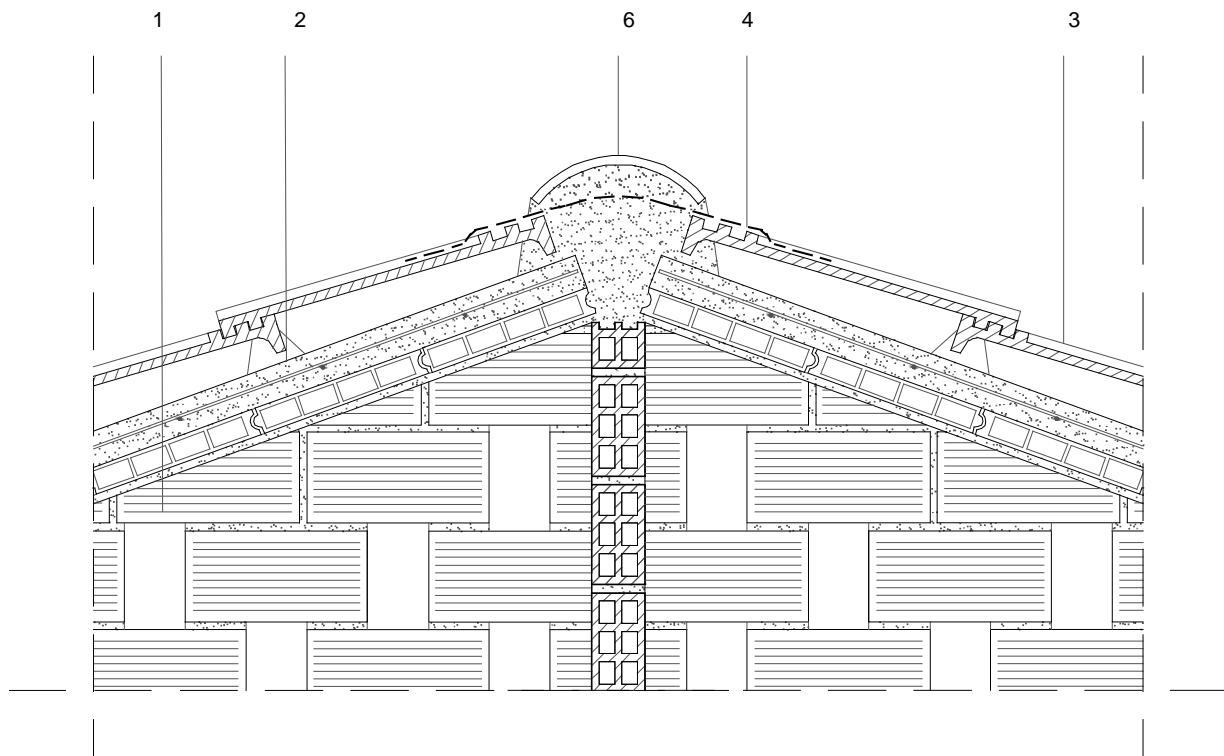
Detalle constructivo de cubierta inclinada de tablero de bardo con capa de compresión sobre tabiques palomeros con protección de teja cerámica plana. Canalón interior junto a medianera. E = 1/10

1. Base estructural.
2. Aislamiento térmico ipo manta entre tabiques palomeros.
3. Tabique palomero de ladrillo cerámico hueco doble.
4. Tablero de hoja de bardo cerámico con capa de compresión.
5. Teja cerámica plana.
6. Canalón interior.
7. Tabiquilo de ladrillo cerámico hueco doble.
8. Lámina impermeable.
9. Perfil metálico.



Detalle constructivo de cubierta inclinada de tablero de bardo con capa de compresión sobre tabiques palomeros con protección de teja cerámica plana. Encuentro con paramento vertical. E = 1/10

1. Tabique palomero de ladrillo cerámico hueco doble.
2. Tablero de hoja de bardo cerámico con capa de compresión.
3. Teja cerámica plana.
4. Lámina impermeable.
6. Perfil metálico.



Detalle constructivo de cubierta inclinada de tablero de bardo con capa de compresión sobre tabiques palomeros con protección de teja cerámica plana. Cumbre. E = 1/10

1. Tabique palomero de ladrillo cerámico hueco doble.
2. Tablero de hoja de bardo cerámico con capa de compresión.
3. Teja cerámica plana.
4. Lámina impermeable.
6. Cumbre

BIBLIOGRAFÍA

ANDECE. "Fachadas prefabricadas de hormigón", V1, 2019ALCALDE, F. Banco de detalles arquitectónicos. Editor Marsay, 2003.

ARRIAGA, F. La colocación en obra de los elementos de carpintería. AITIM, 1985.

BAIXAS, J. "Envolventes: la piel de los edificios" en ARQ, n. 82 Fabricación y construcción, Santiago, Diciembre 2012, p. 98-101.

BAUD, G. Tecnología de la construcción. Blume, 1998.

BEINHAUER, P. Atlas de detalles constructivos: cimentaciones, cerramientos exteriores, divisiones interiores, ventanas, puertas, forjados, escaleras, cubiertas inclinadas, cubiertas planas. Editorial Gustavo Gili SL, 2012.

BERMEJO, J. Vademecum de la construcción: materiales, mezclas, instalaciones, cálculos, croquis, proyectos. CIE Dossat 2000, 2001.

COLLADO, P. Control de ejecución de tabiquerías y cerramientos. Manual práctico del encargado en obra: Edificación. Lex Nova, 2005.

FISHER, R. Paredes. Blume, 1976.

HEENE, A. y SCHMITT, H. Tratado de construcción. Editorial Gustavo Gili SL, 2009.

MITTAG, M. Teoría y práctica de la construcción de edificios: manual para arquitectos, ingenieros y constructores. Edit. Alhambra, S.A., 1968.

MONTERO FERNÁNDEZ DE BOBADILLA, E. "Manual Básico. Fachadas ventiladas y aplacados. Requisitos constructivos y estanqueidad", 2007.

NEUFERT, E. Arte de proyectar en arquitectura: fundamentos, normas y prescripciones sobre construcción. Gustavo Gili, 1991.

NOGUERA GIMÉNEZ, J. F. "La conservación activa del patrimonio arquitectónico" en Loggia, nº13.

NUÑO, D. y COLLADO, P. Supervisión de ejecución de acabados, revestimientos y cubiertas. Lex Nova, 2006.

PARICIO, I. La construcción de la Arquitectura: las técnicas, Volumen 1. ITEC, Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya, 1995.

SÁNCHEZ, J. Atlas de detalles constructivos: cimentaciones, paredes exteriores, divisiones interiores, huecos, forjados, escaleras, cubiertas. Editorial Gustavo Gili SL, 2006.

SANTOS, I. et alii. Materiales de tabiquería, particiones y cerramientos. Centro de Información Técnica de Materiales y Medios de la Construcción, 1983.

TERÁN BONILLA, J. A. "Consideraciones que deben tenerse en cuenta para la restauración arquitectónica" en Conserva, nº 8, 2004

VERA, R. Introducción a la construcción. Tomo I. Club Universitario, 1995.

Normativa

CTE (Código Técnico de la Edificación)

LOE (Ley de Ordenación de la Edificación)

Ley 16/1985, de 25 de junio, de Patrimonio Histórico Español y del REAL DECRETO 1111/1986, de 10 de enero, de desarrollo parcial de la Ley 16/1985.

Patrimonio Cultural de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia

Páginas Web

www.mapei.com

www.grupopuma.com

www.esp.sika.com

www.basf.com

www.ricajamisa.es

www.fenster.es

www.durmi.com

www.cortizo.com

www.somospassivhaus.es

www.rosellosolar.com

www.persiterm.com

www.interempresas.net

www.technal.com

www.cpgeologics.com

www.myv-sg.com

www.vialfe.com

www.generadordeprecios.info

www.emgrisa.es

www.azendra.com

www.hotfrog.es

www.construmatica.com

www.geiker.com

www.pkmn.es

www.pimosa.com

www.procedimientosconstruccion.blogs.upv.es

www.picstopin.com

www.diasen.com

www.projar.es

www.agromaticas.es

www.roturadepuentetermico.com

www.ventanaaluminios.com

www.aelaf.es

www.rockwool.es

www.placo.es

www.louvelia.com

www.labrarte.com

www.sbfijaciones.com
www.ulmaarchitectural.com
www.paneltor.com
www.butech.net
www.alucobond.com
www.maderasplanos.com
www.trespa.com
www.grupo-ams.es
www.knauf.es
www.saterhonatherm.com
www.poraxa.com
www.sate-vipal.com
www.isover.es
www.remosa.es
www.terapiaurbana.es
www.arquitecturamendoza.com
www.upc.edu
www.crselbor.com
www.kawneer.com
www.anusa.es
www.inalfachadas.com
www.staluminumprofiles.com
www.glassmanufacturerchina.com
www.vitralba.com
www.qbfachadas.com
www.aluvidre.com
www.vidrieriamax.com
www.glasstech.cl
www.docplayer.es
www.cosmosglasssolution.com
www.constructorabq.wixsite.com
www.strunor.com
www.bimobject.com
www.onyxosolar.es
www.tectonica.archi
www.teoriadeconstruccion.net
www.cerviglas.com
www.patologiasconstruccion.net
www.profesionales.todoconstruccion.com
www.texsa.es
www.peygran.com
www.tejaceramicahdr.com
www.tejascobert.com
www.arelux.com
www.tectonica-online.com
www.aisla.org
www.decoproycandalucia.com
www.pizarraytejado.com
www.teycubermadera.com
www.impertec.es
www.aistercel.es
www.onduline.com
www.recypack.com
www.isotecsl.com

www.loscanalones.blogspot.com.es
www.promateriales.com