



**Manual  
de diseño  
y ejecución  
de cubiertas  
con tablero  
cerámico  
y otras  
aplicaciones**



**HISPALYT**  
CERÁMICA PARA CONSTRUIR



**Manual de diseño  
y ejecución de cubiertas  
con tablero cerámico  
y otras aplicaciones**

**Este manual ha sido elaborado por:**

HISPALYT, Asociación Española de Fabricantes de Ladrillos y Tejas de Arcilla Cocida.  
C/ Orense, nº 10, 2ª planta, Oficinas 13-14 - 28020 Madrid  
hisपालyt@hisपालyt.es  
www.hisपालyt.es  
www.tableroceramico.es

**Autores**

Mariano González Cortina, *profesor Departamento Construcciones Arquitectónicas y su control Escuela Técnica Superior Edificación Universidad Politécnica de Madrid (ETSEM UPM)*

Antonio Rodríguez Sánchez, *profesor Departamento Construcciones Arquitectónicas y su control Escuela Técnica Superior Edificación Universidad Politécnica de Madrid (ETSEM UPM)*

**Colaboradores**

Elena Santiago Monedero, *secretaria general HISPALYT*  
Ana Ribas Sangüesa, *departamento técnico HISPALYT*  
Elena Gracia Iguacel, *departamento técnico HISPALYT*  
Sergio Muñoz Fernández, *departamento técnico HISPALYT*  
Carlos Tarragona Matute

**Gráficos y detalles técnicos**

Olivé Sauret Arquitectura

**Diseño**

JC Mateos

**Editado por:**

Gremi de Rajolers de la Comunitat Valenciana  
Asociación de Fabricantes de Ladrillos y Tejas de la Comunidad Valenciana  
Avda. Ciudad de Alicante, s/n - 46410 Sueca (Valencia)

Primera edición: Julio, 2017

ISBN: 978-84-697-5240-1

**Publicación impresa con la subvención concedida por:**

Conselleria d'Economia Sostenible, Sectors Productius, Comerç y Treball  
GENERALITAT VALENCIANA  
Expediente: INENTI/2018/20

Primera impresión: Julio, 2018

Depósito legal: M-22108-2018

Los datos incluidos en el presente documento ilustran el estado de la técnica en el momento de su publicación. No puede por tanto, excluirse la posibilidad de que tenga inexactitudes. Los autores declinan toda responsabilidad que pudiera derivarse de daños que pudieran llegar a producirse por la utilización de estas soluciones constructivas.

Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta publicación por cualquier procedimiento sin la autorización previa de los autores y de Hisपालyt.

# Índice

<b>1 Objeto y campo de aplicación</b> .....	7
<b>2 La cubierta</b> .....	9
2.1 Tipos de cubierta .....	10
2.1.1 En función de la inclinación.....	10
2.1.2 En función del tipo de soporte resistente.....	12
2.1.3 En función de la ventilación de la cubierta .....	13
2.1.4 En función de la microventilación y fijación de la teja .....	15
2.1.5 Elementos de la cubierta.....	17
2.2 Materiales de cobertura.....	20
2.2.1 Tejas cerámicas.....	20
2.2.2 Otros elementos de cobertura.....	22
2.3 Complementos.....	22
2.3.1 Aislantes térmicos.....	22
2.3.2 Barreras impermeables.....	23
2.3.3 Barreras de vapor .....	27
2.3.4 Canalones.....	27
2.3.5 Materiales para encuentros .....	27
2.3.6 Elementos para favorecer la microventilación bajo teja .....	28
2.3.7 Elementos para favorecer la iluminación del interior.....	32
2.3.8 Ganchos de servicio .....	32
<b>3 Tablero cerámico</b> .....	33
3.1 Descripción, tipos y formatos .....	33
3.2 Características técnicas.....	39
3.3 Controles de calidad y recepción en obra.....	40
3.3.1 Condiciones de suministro .....	40
3.3.2 Garantías.....	40
3.3.3 Control de recepción en obra .....	42
3.4 Consideraciones medioambientales.....	43
3.4.1 La sostenibilidad de los productos cerámicos.....	43
3.4.2 Declaración Ambiental de Producto (DAP).....	46
3.4.3 DAP del tablero cerámico .....	47

<b>4 Cubiertas con tablero cerámico</b> .....	49
4.1 Componentes.....	50
4.2 Codificación .....	52
4.3 Tipos y detalles constructivos .....	53
4.3.1 Cubiertas sobre forjado.....	55
4.3.2 Cubiertas sobre viguetas autoportantes.....	64
<b>5 Diseño de cubiertas con tablero cerámico</b> .....	75
5.1 Exigencias reglamentarias de las cubiertas .....	75
5.1.1 DB SE: Seguridad estructural .....	75
5.1.2 DB SI: Seguridad en caso de incendio .....	75
5.1.3 DB SUA: Seguridad de utilización y accesibilidad.....	79
5.1.4 DB HS: Salubridad .....	79
5.1.5 DB HR: Protección frente al ruido .....	81
5.1.6 DB HE: Ahorro de energía.....	84
5.2 Verificación de las exigencias y prestaciones de las cubiertas con tablero cerámico.....	90
5.2.1 Resumen del procedimiento de diseño.....	90
5.2.2 DB SE: Seguridad estructural .....	91
5.2.3 DB SI: Seguridad en caso de incendio .....	98
5.2.4 DB SUA: Seguridad de utilización y accesibilidad.....	99
5.2.5 DB HS: Salubridad .....	99
5.2.6 DB HR: Protección frente al ruido .....	99
5.2.7 DB HE: Ahorro de energía.....	107
5.2.8 Tablas de prestaciones de las cubiertas con tablero cerámico.....	109
<b>6 Puesta en obra de cubiertas con tablero cerámico</b> .....	117
6.1 Cubiertas sobre forjado .....	117
6.1.1 Comprobación del soporte estructural .....	117
6.1.2 Formación de pendientes.....	118
6.1.3 Colocación del aislamiento térmico .....	134
6.1.4 Colocación del tablero .....	135
6.1.5 Ejecución de la capa de regularización de mortero .....	138
6.1.6 Ventilación y microventilación .....	139
6.1.7 Colocación de la lámina impermeable.....	140
6.1.8 Colocación de la barrera de vapor .....	140
6.1.9 Acabado superior .....	140
6.1.10 Acabado inferior.....	140
6.2 Cubiertas sobre viguetas autoportantes.....	141
6.2.1 Comprobación del soporte estructural .....	141
6.2.2 Colocación del tablero .....	141
6.2.3 Ejecución de la losa de hormigón armado.....	145
6.2.4 Colocación del aislamiento térmico .....	146
6.2.5 Microventilación .....	147
6.2.6 Colocación de la lámina impermeable.....	149
6.2.7 Colocación de la barrera de vapor .....	149
6.2.8 Acabado superior .....	149
6.2.9 Acabado inferior.....	149

6.3	Puntos singulares de las cubiertas con tablero cerámico .....	150
6.3.1	Alero horizontal con canalón visto .....	151
6.3.2	Alero horizontal con canalón interior u oculto.....	151
6.3.3	Cumbrera .....	152
6.3.4	Limatesa .....	153
6.3.5	Limahoya.....	153
6.3.6	Remates laterales (hastiales).....	154
6.3.7	Encuentro con paramento vertical.....	155
6.3.8	Encuentro con un conducto vertical.....	156
6.3.9	Cambio de pendiente.....	157
6.3.10	Ventana, lucernario y claraboya.....	157
<b>7</b>	<b>Otras aplicaciones del tablero cerámico .....</b>	<b>159</b>
7.1	Escaleras.....	159
7.2	Entreplantas.....	160
7.3	Bóvedas y cubiertas laminares.....	160
7.4	Cámaras sanitarias y recrecido de suelos.....	162
7.5	Aleros y voladizos.....	163
7.6	Encofrado perdido .....	164
7.7	Revestimiento de estructuras .....	165
7.8	Otras aplicaciones.....	166
<b>8</b>	<b>Normativa y bibliografía.....</b>	<b>169</b>





# 1

## Objeto y campo de aplicación

El presente manual pretende ser una herramienta de trabajo para el correcto diseño y ejecución de las cubiertas con tablero cerámico, ya que las características funcionales de una cubierta dependen de su diseño, de las propiedades de los materiales que la constituyen y de su ejecución.

Este manual es un código de buenas prácticas que define las características y reglas de montaje de las cubiertas realizadas con tableros cerámicos, con el fin de asegurar su calidad y durabilidad.

Pero además de su empleo como elemento de cubierta, el tablero cerámico tiene otras aplicaciones que también se detallan en este manual.

Este manual está dirigido a todos los agentes que intervienen en el proceso constructivo (arquitectos, arquitectos técnicos, constructores, etc.).

La información de este manual puede complementarse con el "Catálogo de Soluciones Cerámicas para el cumplimiento del Código Técnico de la Edificación" de Hispalyt, que junto con el Código Técnico de la Edificación (CTE), constituyen las herramientas necesarias para garantizar un correcto diseño y ejecución de las cubiertas con tablero cerámico.



# 2

## La cubierta

La cubierta constituye una parte específica y singular de la envolvente de los edificios, que protege a los edificios en su parte superior y, por extensión, a la estructura que sustenta esa cubierta.

Las funciones que deberían cumplir las cubiertas son:

- Estanqueidad al agua.
- Aislamiento térmico (protección contra el frío y el calor).
- Resistencia a heladas.
- Resistencia estructural.
- Resistencia al fuego.
- Estanqueidad al aire y, si es necesario, al vapor.
- Aislamiento acústico.
- Estética (interior y exterior) y armonía con el paisaje.
- Respeto al medioambiente.

De todas ellas, la función más importante de la cubierta de un edificio es la evacuación natural de las aguas pluviales de la manera más rápida y eficaz posible, lo que obviamente se consigue mejor con una cubierta inclinada que con una cubierta plana.

### Cubierta inclinada

La cubierta inclinada proporciona valores funcionales clave y contribuye a mejorar las prestaciones técnicas de los edificios.

Las cubiertas inclinadas llevan presentes en la arquitectura desde hace miles de años y siguen estando de total actualidad, pudiendo encontrarse múltiples ejemplos de edificios de diseño entre los grandes referentes de la arquitectura moderna.

Las cubiertas inclinadas pueden presentar distintos tipos de coberturas, entre las que se encuentra la teja cerámica. Las tejas cerámicas españolas son reconocidas a nivel mundial por su elevada calidad. Los fabricantes disponen de piezas con un diseño innovador, de una gran planeidad, y con una amplia variedad cromática y de acabados, para adaptarse a la arquitectura contemporánea.

Las cubiertas inclinadas de teja cerámica permiten construir viviendas de elevada calidad aportando valor a los edificios, entre los que podemos destacar, el valor estético, la máxima eficiencia energética, la durabilidad, el mínimo mantenimiento, el confort y la habitabilidad. Dentro de dichos valores se pueden destacar los siguientes aspectos:

- Alto valor estético:
  - Amplio abanico de tipologías de cubiertas y volumétricas.
  - Modernidad, expresión y talento arquitectónico.
  - Posibilidad de crear terrazas en las cubiertas inclinadas.
  - Una mayor integración de los sistemas de captación solar.
- Sostenibilidad ambiental:
  - Máxima eficiencia energética.
    - Alta compactidad y aislamiento térmico.
    - Posibilidad de ventilación y microventilación de la cubierta.
    - Mayor reflectancia solar de las cubiertas.
    - Posibilidad de reutilización del agua de lluvia.
  - Empleo de recursos naturales.
- Mantenimiento y durabilidad:
  - Menos patologías que las cubiertas planas.
  - Máxima estanqueidad al agua de lluvia con el mínimo mantenimiento.
  - Duradera y de fácil mantenimiento.
- Confort y habitabilidad:
  - Mantiene la cubierta caliente en invierno y fresca en verano.
  - Más espacio habitable, con más luz y al menor coste.
  - Otros valores:
    - Aislamiento acústico.
    - Resistencia a la helada.
    - Resistencia mecánica.
    - Resistencia al fuego.
    - Resistencia a fuertes vientos.

## 2.1 Tipos de cubierta

A nivel general podemos realizar diferentes clasificaciones de las cubiertas atendiendo a varios criterios:

- En función de la inclinación:
  - Cubierta plana.
  - Cubierta inclinada.
- En función del tipo de soporte resistente:
  - Cubierta sobre forjado.
  - Cubierta sobre vigueta autoportante.
- En función de la ventilación de la cubierta:
  - Cubierta no ventilada (caliente).
  - Cubierta ventilada (fría).
- En función de la microventilación y fijación de la teja:
  - Cubierta tradicional con fijación de las tejas con mortero.
  - Cubierta microventilada con fijación de las tejas en seco.

### 2.1.1 En función de la inclinación

Las cubiertas las podemos clasificar atendiendo a su inclinación en: cubiertas planas y cubiertas inclinadas.

#### **Cubiertas planas**

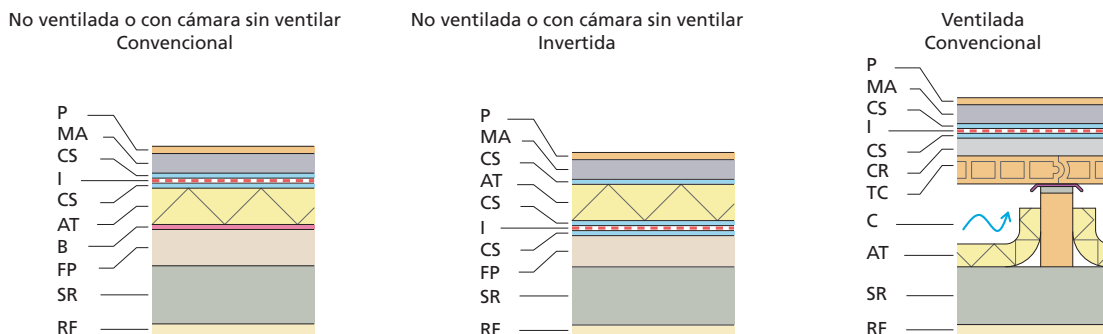
Son aquellas en las que la pendiente es inferior al 5%.

Las cubiertas planas pueden ser transitables o no transitables.

A su vez, en función de la ventilación (ver apartado 2.1.3), este tipo de cubiertas puede ser:

- No ventilada o con cámara sin ventilar:
  - Convencional: Aquellas en las que la impermeabilización se sitúa por encima del aislamiento térmico.
  - Invertida: Aquellas en las que la impermeabilización se sitúa por debajo del aislamiento térmico.
- Ventilada: Normalmente con ventilación en el encuentro con el paramento vertical.
  - Convencional: Aquellas en las que la impermeabilización se sitúa por encima del aislamiento térmico.

Figura 2.1. Tipos de cubiertas planas



### Cubiertas inclinadas

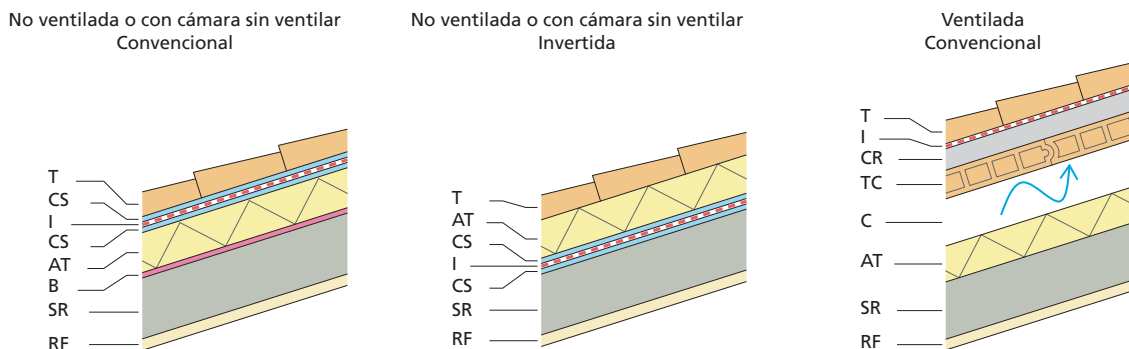
Son aquellas en las que la pendiente es superior al 5%.

Las cubiertas inclinadas siempre son no transitables.

A su vez, en función de la ventilación (ver apartado 2.1.3), este tipo de cubiertas puede ser:

- No ventilada o con cámara sin ventilar:
  - Convencional: Aquellas en las que la impermeabilización, en su caso, se sitúa por encima del aislamiento térmico.
  - Invertida: Aquellas en las que la impermeabilización, en su caso, se sitúa por debajo del aislamiento térmico.
- Ventilada: En las que existe una ventilación mediante un conjunto de aberturas con una superficie de ventilación función de la superficie de la cubierta.

Figura 2.2. Tipos de cubiertas inclinadas



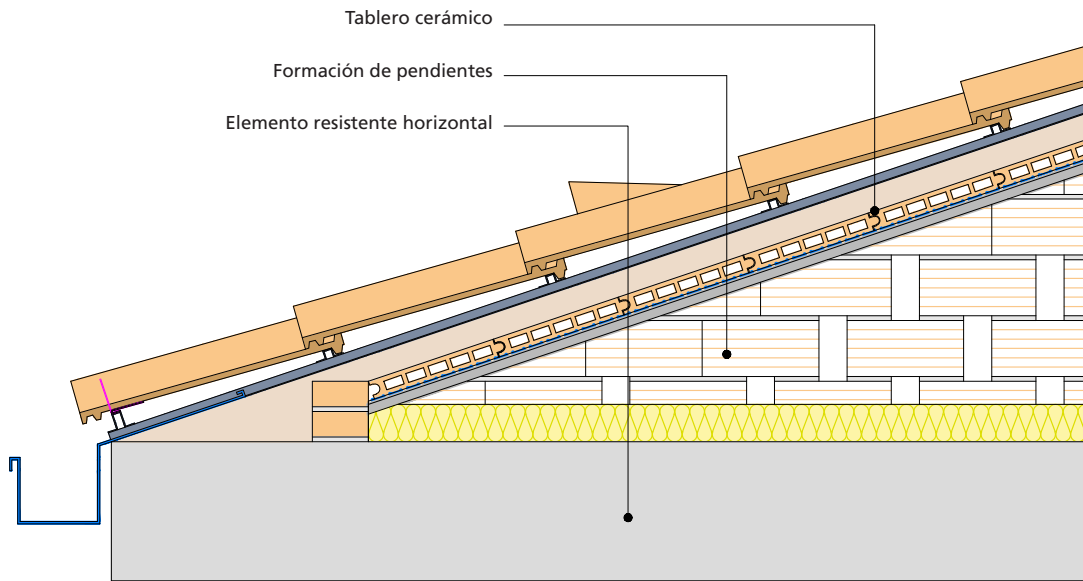
### 2.1.2 En función del tipo de soporte resistente

Las cubiertas las podemos clasificar en función del tipo de soporte resistente en: cubiertas sobre forjado y cubiertas sobre viguetas autoportantes.

#### Cubiertas sobre forjado

Son cubiertas construidas sobre un soporte resistente de carácter superficial (forjado unidireccional, forjado reticular, losa, etc.). En este caso, si la cubierta es inclinada y el forjado horizontal, la inclinación se consigue a través de tabiques palomeros.

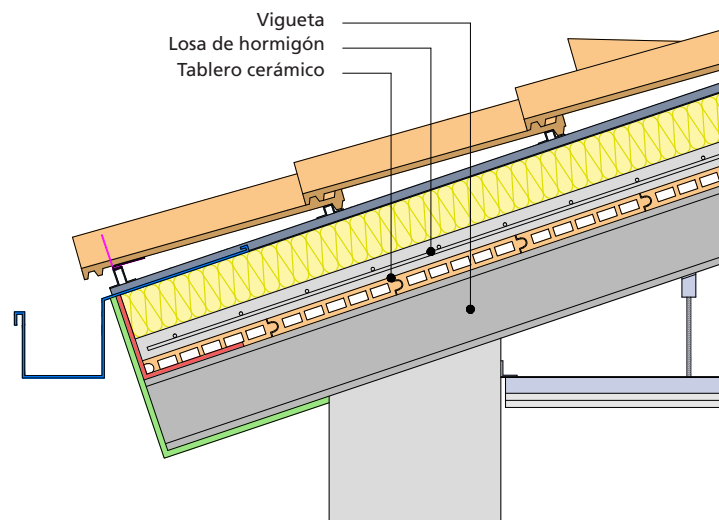
Figura 2.3. Cubierta sobre forjado



#### Cubiertas sobre viguetas autoportantes

Son cubiertas construidas sobre elementos resistentes de carácter lineal, como viguetas metálicas, viguetas autoportantes de hormigón, etc.

Figura 2.4. Cubierta sobre viguetas autoportantes



### 2.1.3 En función de la ventilación de la cubierta

La ventilación es el elemento diferenciador en el control del comportamiento higrotérmico de la cubierta. El grado de ventilación es decisivo y debe ser tal, que mantenga el contenido de humedad por debajo del punto de saturación.

Es importante diferenciar entre la ventilación de la cubierta en su conjunto, y la microventilación que se produce entre la cobertura de las tejas y su soporte cuando la fijación de las tejas se realiza en seco (ver apartado 2.1.4). En algunos casos la microventilación, en función del grado de ventilación que origine, podría ser considerada una cubierta ventilada.

#### Grado de ventilación de la cubierta

De acuerdo con lo especificado en el DB HS1 del CTE, cuando se disponga una cámara de aire ventilada, ésta debe situarse en el lado exterior del aislante térmico y ventilarse mediante un conjunto de aberturas de tal forma que su área efectiva total  $S_s$  en  $\text{cm}^2$  y la superficie de la cubierta  $A_c$  en  $\text{m}^2$  cumpla la siguiente condición:

$$30 > S_s / A_c > 3$$

De este modo, las cubiertas ventiladas que nos ocupan poseen una cámara de aire con un conjunto de aberturas de un área comprendida entre 3 y 30  $\text{cm}^2$  por cada  $\text{m}^2$  de superficie de cubierta.

Las cubiertas las podemos clasificar atendiendo a su ventilación en: cubiertas no ventiladas (calientes) y cubiertas ventiladas (frías).

#### Cubiertas no ventiladas (calientes)

Están compuestas por una sola hoja formada por varias capas, que separa el interior del edificio del exterior sin existir una cámara de aire intermedia. Estas cubiertas se encuentran sujetas a fuertes diferencias de temperatura y de presión de vapor de agua entre su cara exterior y su cara interior.

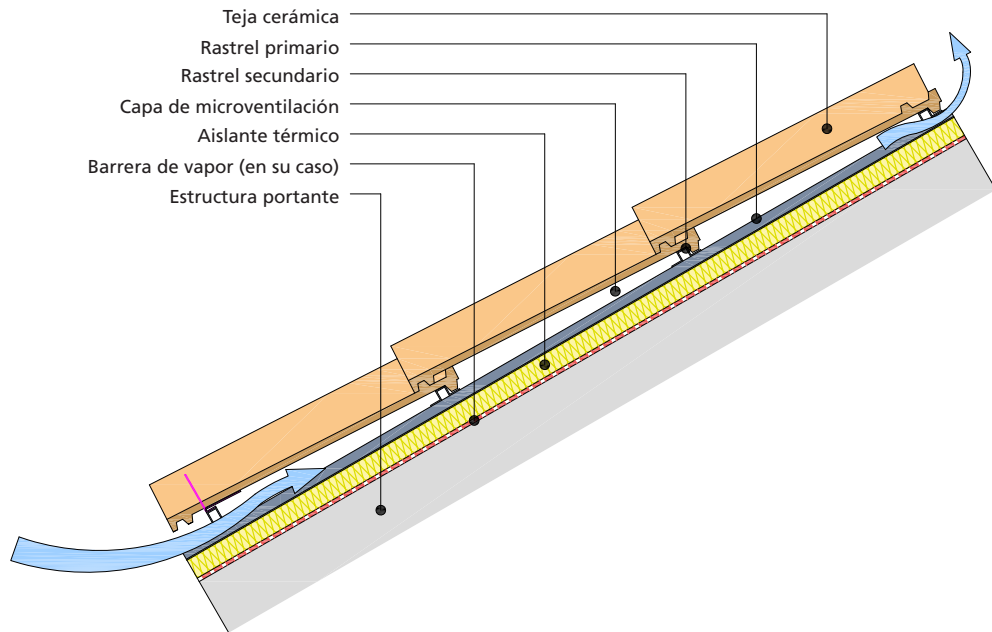
La no utilización de los materiales indicados, así como el orden de los mismos puede dar lugar a problemas de humedades por condensación.

El esquema de las cubiertas no ventiladas aparece representado en la siguiente figura:

- Una hoja {
- Material cerámico (tejas y piezas cerámicas).
  - Capa de microventilación.
  - Aislante térmico (cuando proceda, según las necesidades interiores<sup>1</sup>).
  - Barrera de vapor (cuando proceda, según las necesidades interiores).
  - Estructura portante (formación de pendientes).

<sup>1</sup> Si el espacio interior es habitable siempre es necesario el aislante térmico.

**Figura 2.5.** Cubierta no ventilada (caliente), con microventilación bajo la cobertura de teja



### **Cubiertas ventiladas (frías)**

Están compuestas por dos hojas, formadas por varias capas, que están separadas por una cámara de aire ventilada. Ésta cámara regula el comportamiento higrotérmico de la cubierta, lo que proporciona unas mejores garantías de funcionamiento, siendo recomendable su utilización.

Cuando se quiere utilizar el espacio bajo cubierta como habitable es necesario situar la estructura portante en un plano inclinado, con lo que la cámara de aire pasa a tener una sección constante y es paralela a la capa de microventilación.

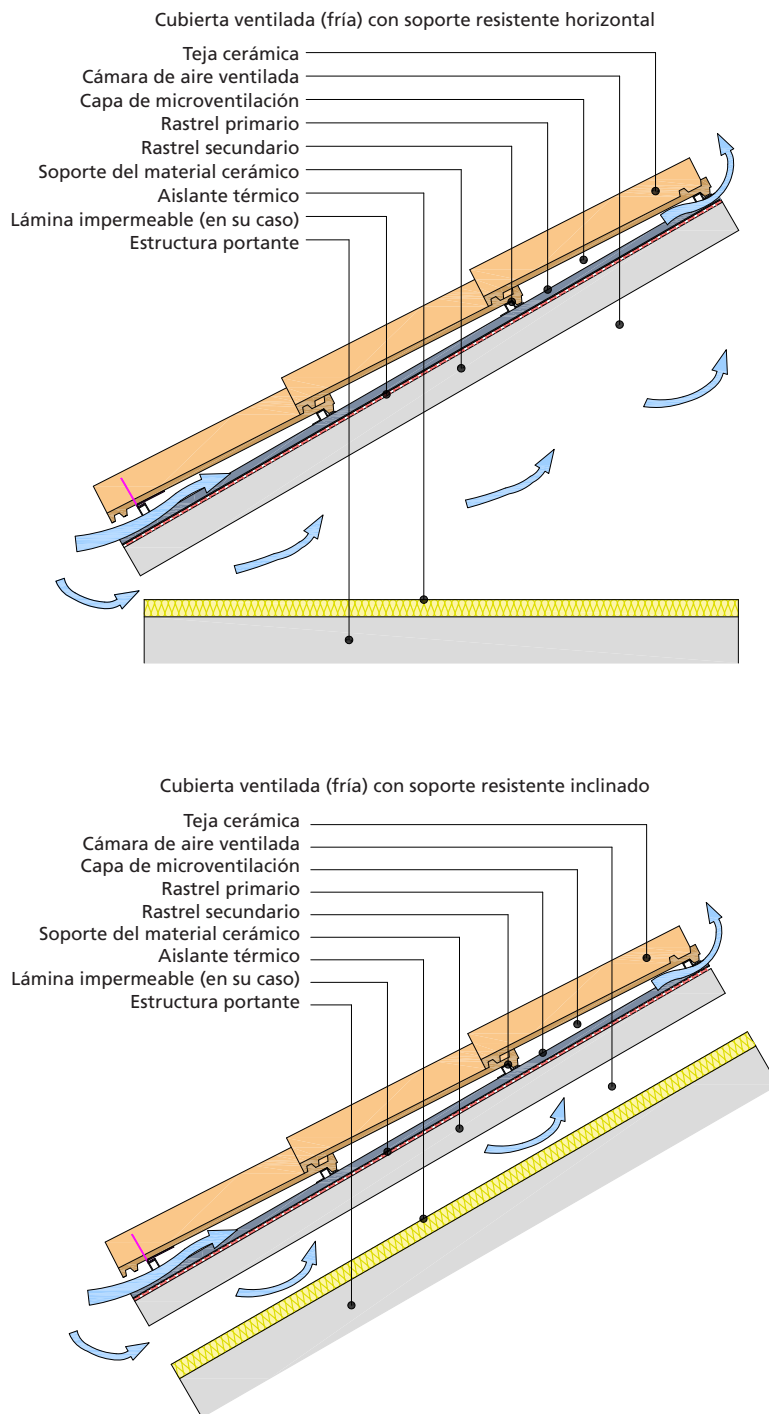
El esquema de cubierta ventilada aparece representado en la siguiente figura:

- |        |   |  |
|--------|---|--|
| Hoja 1 | { | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Material cerámico (tejas y piezas cerámicas).</li> <li>— Capa de microventilación.</li> <li>— Estructura portante (formación de pendientes).</li> </ul>   |
| Hoja 2 | { | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Aislante térmico (cuando proceda, según las necesidades interiores<sup>1</sup>).</li> <li>— Barrera de vapor (cuando proceda, según las necesidades interiores).</li> <li>— Estructura portante.</li> </ul> |

<sup>1</sup> Si el espacio interior es habitable siempre es necesario el aislante térmico.



Figura 2.6. Cubierta ventilada (fría), con microventilación bajo la cobertura de teja



### 2.1.4 En función de la microventilación y fijación de la teja

Las cubiertas las podemos clasificar en función de la microventilación y fijación de la teja en: cubiertas tradicionales con fijación de las tejas con mortero y cubiertas microventiladas con fijación de las tejas en seco.

#### **Cubiertas tradicionales**

Son aquellas que utilizan mortero para la fijación de las tejas. Este tipo de cubierta no permite la microventilación bajo las tejas, lo que puede dar lugar a la formación de condensaciones en las

piezas cerámicas, derivando en episodios de heladicidad, fundamentalmente en zonas en las que el clima es húmedo y frío.

Las piezas cerámicas en contacto con el mortero sufren una humidificación prolongada por el agua proveniente de éste. En estos puntos se crean más fácilmente condiciones favorables a la aparición de microorganismos, musgos, plantas, e incluso daños provocados por ciclos de hielo-deshielo, sobre todo en regiones con condiciones climáticas propicias a la formación de heladas, aunque éstas ocurran sólo durante la noche, al impedir el mortero en contacto con las piezas cerámicas el secado de las mismas.

Por ello, las cubiertas tradicionales con fijación de la teja cerámica con mortero no se deberían emplear en España, en particular en zonas de clima húmedo y frío y con una altitud superior a los 700 metros donde pueden dar lugar a patologías, siguiendo las indicaciones de la norma UNE 136020, para el correcto diseño y ejecución de las cubiertas con teja cerámica.

### **Cubiertas microventiladas con fijación de las tejas en seco**

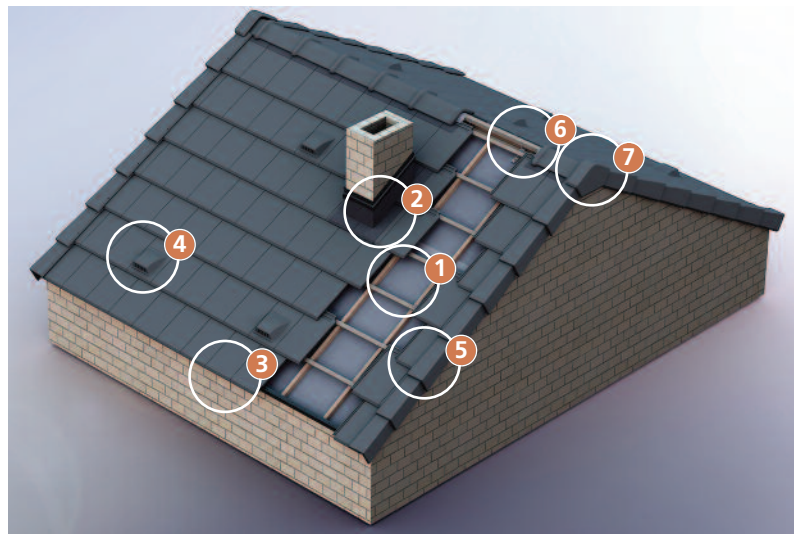
Las cubiertas microventiladas de teja cerámica son una evolución de las cubiertas tradicionales. Además de por la microventilación bajo teja, se caracterizan porque eliminan el uso de las pastas y/o morteros empleados en las cubiertas tradicionales, empleando en su lugar clavos, tornillos, clips, ganchos o grapas, para la fijación de las tejas, bien sobre un soporte discontinuo (rastreles), o bien sobre un soporte continuo (placas onduladas, etc.).

Los fabricantes españoles de teja cerámica ofrecen los elementos auxiliares y piezas especiales cerámicas imprescindibles para ejecutar correctamente la cubierta microventilada.

A continuación, a modo de ejemplo, se recoge un esquema de cubierta microventilada con soporte discontinuo señalándose algunos de sus componentes.

**Figura 2.7.** Componentes cubierta microventilada con fijación de las tejas en seco

1. Rastreles primarios y secundarios.
2. Encuentro de la cubierta con el paramento de la chimenea. Bandas impermeabilizantes.
3. Tejas de alero. Rastrel de alero. Peine de alero. Rejilla de alero.
4. Teja de ventilación.
5. Tejas de remate lateral.
6. Soporte de rastrel de cumbre.
7. Teja de caballete. Tapones laterales.



Este tipo de montaje permite la microventilación entre la teja y el soporte mediante la entrada de aire por la parte baja de la cubierta, a través del alero y las limahoyas, y su salida por la parte alta de la misma, a través de la cumbre y las limatesas.

En verano, el aire contenido entre la cobertura de teja y el soporte, al calentarse, asciende por convección hacia la salida de aire de la cumbre y limatesas permitiendo la entrada de aire frío por el alero y las limahoyas. Esta circulación interior del aire, produce la refrigeración de la cubierta.

En invierno, el aire contenido entre la cobertura de teja y el soporte se calienta, pero no lo suficiente como para favorecer la convección, conservando el calor.

La microventilación en las cubiertas de teja tiene múltiples ventajas entre las que destacan:

- Amortigua los cambios de temperatura y mejora sustancialmente el comportamiento térmico de la cubierta en climas cálidos.
- Produce el secado de las tejas, evitando que la humedad quede estancada entre las tejas y el soporte y que aparezcan condensaciones, eliminando los problemas de heladicidad y mohos.
- Prolonga la vida útil del aislante térmico y de la impermeabilización.

Las cubiertas microventiladas, al tener mejores prestaciones técnicas que las cubiertas tradicionales, son recomendables en cualquier zona de España, siendo obligatorio su uso en zonas de clima húmedo y frío y con una altitud superior a los 700 metros, según las indicaciones de la norma UNE 136020, para el correcto diseño y ejecución de las cubiertas con teja cerámica.

Además de las ventajas propias de la microventilación, la fijación en seco de la teja cerámica supone una importante reducción en los tiempos de ejecución de la cubierta, con respecto a la fijación con mortero de la teja.

Todos los detalles de cubiertas inclinadas que aparecen en este manual son microventiladas con fijación de las tejas en seco, por ser el tipo de ejecución más recomendado.

Los elementos necesarios para la ejecución de una cubierta microventilada se describen en el apartado 2.3.6 de este manual.

Es importante diferenciar entre la ventilación de la cubierta en su conjunto (ver apartado 2.1.3), y la microventilación que se produce entre la cobertura de las tejas y su soporte cuando la fijación de las tejas se realiza en seco. En algunos casos la microventilación, en función del grado de ventilación que origine, podría ser considerada una cubierta ventilada.

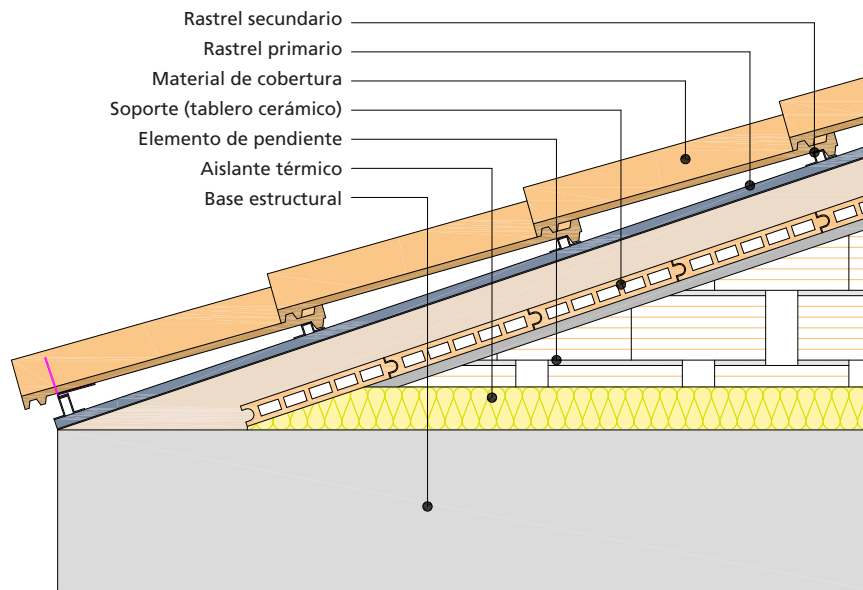
### 2.1.5 Elementos de la cubierta

A continuación se describen los **elementos más importantes de la cubierta**:

- **Cobertura:** Conjunto de elementos que están en contacto directo con el ambiente exterior y que protegen de éste al resto de componentes de la cubierta. Puede estar constituido por elementos continuos o discontinuos, los cuales deben ser compatibles con el soporte que los sustenta y con la pendiente del mismo. Esta cobertura debe combinarse con componentes que garanticen la estanqueidad de la cubierta, y a su vez la ventilación de la misma. En el apartado 2.2.1 de este manual se encuentra información ampliada sobre las tejas cerámicas y piezas especiales como elementos de cobertura.
- **Soporte de la cobertura:** Elemento que sostiene la cobertura. Debe resistir la acción del viento y la carga de nieve. Puede ser continuo o discontinuo. Los soportes continuos pueden ser placas onduladas de fibrocemento, tableros cerámicos con capa de compresión, paneles compuestos por diversos materiales, etc. Los soportes discontinuos están constituidos por rastreles, perfiles, etc.
- **Elementos de fijación de la cobertura:** Son aquellos que sujetan el material de cobertura al soporte. Dependiendo del tipo de cubierta (tradicional o microventilada) y de la pendiente de la misma, se emplearán unos u otros elementos de fijación de la cobertura al soporte, pudiendo ser morteros, clavos, tornillos, ganchos, grapas, y pastas de agarre o adhesivos específicos para esta función.
- **Complementos:** Son elementos que se emplean en la cubierta dependiendo de sus características concretas, por ejemplo, aislantes térmicos, membranas impermeables, placas de zinc, canalones, etc. En el apartado 2.3 de este manual se encuentra información ampliada sobre los complementos.
- **Base estructural:** Es la que sustenta y dota de estabilidad al conjunto de la cubierta. Los materiales que componen la base estructural deben cumplir la normativa al respecto.

En una cubierta algunos elementos pueden cumplir varias funciones al mismo tiempo. De hecho, es frecuente que la base estructural la forme también el tablero cerámico en el caso de los forjados inclinados, o que entre el elemento de cobertura y el tablero cerámico existan unos rastreles que soporten las tejas.

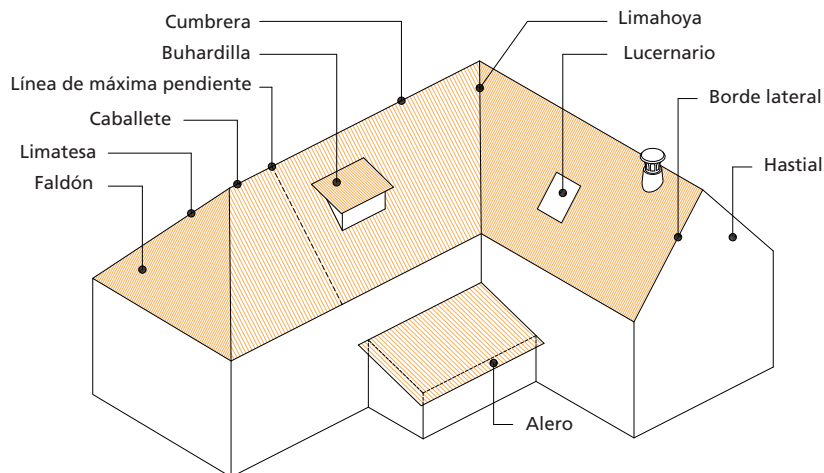
Figura 2.8. Componentes de la cubierta



A continuación se describen las **partes más importantes de la cubierta**:

- **Faldón:** Cada uno de los planos inclinados que definen la cubierta.
- **Línea de máxima pendiente:** Trayectoria que describe la caída libre del agua sobre un faldón.
- **Alero:** Extremo inferior en voladizo de la vertiente de un tejado. Evita que el agua recogida en el faldón discurra por la pared vertical.
- **Limahoya:** Línea de encuentro de dos faldones de una cubierta, hacia donde concurre el agua.
- **Limatesa:** Línea inclinada, resultante del encuentro faldón con faldón, a partir de la cual el agua es distribuida hacia los mismos.
- **Caballete:** Línea horizontal, resultado del encuentro faldón con faldón (cubierta a dos aguas), o faldón con un plano vertical (cubierta a un agua).
- **Cumbrera:** Caballete más alto de la cubierta.
- **Borde lateral:** Remate lateral del faldón de la cubierta que no se encuentra protegido por ningún elemento superior.
- **Hastial:** Muro testero delimitado superiormente por la cubierta.
- **Buhardilla:** Parte de un edificio situada inmediatamente debajo del tejado, con techo en pendiente y destinada a vivienda.
- **Lucernario:** Ventana abierta en el tejado que proporciona luz o ventilación a la buhardilla.

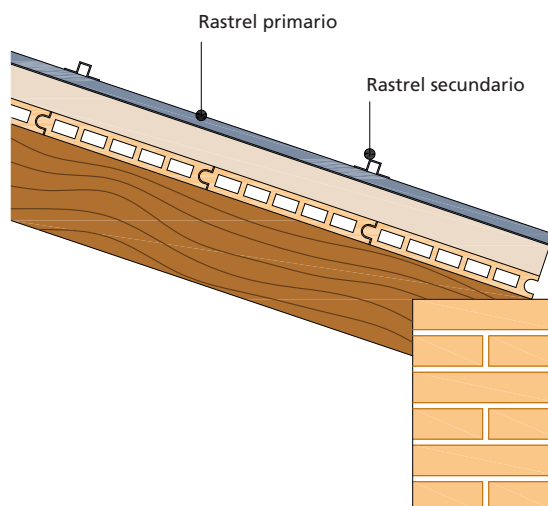
Figura 2.9. Partes de la cubierta



A continuación se describen los **elementos más importantes que sirven de soporte a las tejas**:

- **Rastrel primario o listón:** Elemento paralelo a la línea de máxima pendiente que sirve de apoyo a los rastreles secundarios.
- **Rastrel secundario:** Elemento que sirve de apoyo a las tejas.

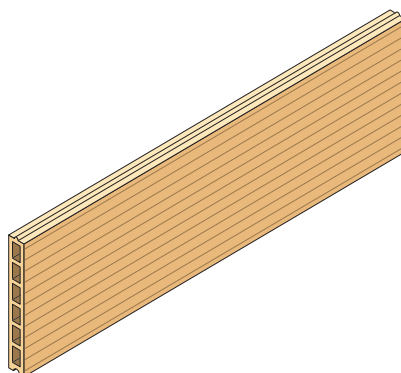
*Figura 2.10. Estructura para el soporte de las tejas*



A continuación se describe el **tablero cerámico**, que puede servir de base estructural, como en el caso de cubierta sobre vigueta autoportante, o de soporte de la cobertura, como en el caso de cubierta sobre forjado:

- **Tablero cerámico:** los tableros cerámicos son unos elementos de arcilla cocida, obtenidos por moldeo, secado y cocción de una pasta arcillosa, utilizado, entre otros, en la construcción del soporte de cubiertas. También denominados bardos, machihembrados, rasillones, encadellats, etc.

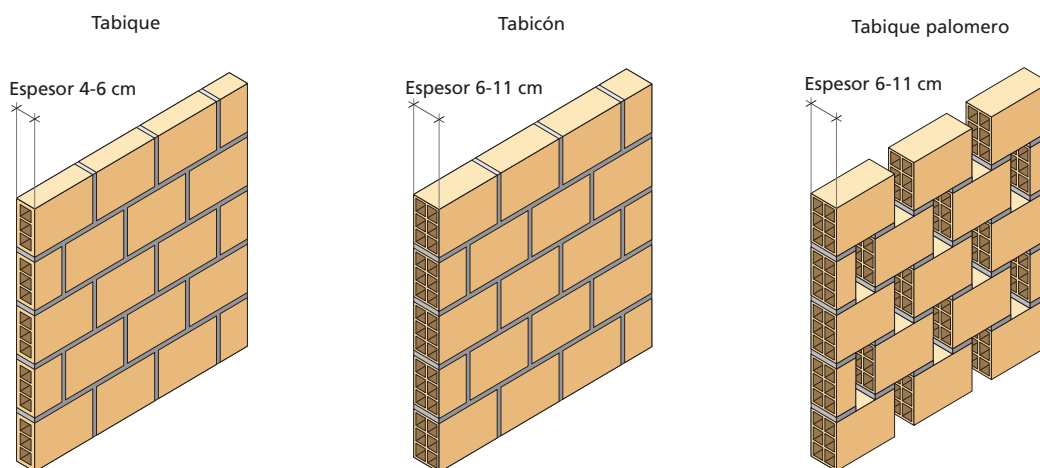
*Figura 2.11. Tablero cerámico*



A continuación se describen los **tipos de tabiques cerámicos para la formación de pendientes de la cubierta**:

- **Tabique:** fábrica de ladrillo hueco sencillo colocado a panderete. La anchura del tabique es variable, porque depende del espesor del ladrillo hueco sencillo.
- **Tabicón cerámico:** fábrica de ladrillo hueco doble o triple colocado a panderete. La anchura del tabicón es variable, porque depende del espesor del ladrillo hueco doble o triple.
- **Tabique palomero:** fábrica de ladrillo hueco, sencillo, doble o triple colocado a panderete, dejando una separación entre ladrillos de la misma hilada de  $\frac{1}{4}$  de su longitud. La anchura del tabique palomero es variable, porque depende del espesor del ladrillo hueco sencillo, doble o triple.

Figura 2.12. Tipos de tabiques cerámicos para la formación de pendientes



## 2.2 Materiales de cobertura

### 2.2.1 Tejas cerámicas

Las tejas cerámicas son elementos de cobertura discontinua para tejados de cubiertas inclinadas.

Se utilizan para la formación del elemento de estanqueidad de la cubierta. Dicha estanqueidad es proporcionada por las características del propio material, la forma de las piezas (curvas, planas o mixtas), los solapes entre ellas y su correcta colocación.

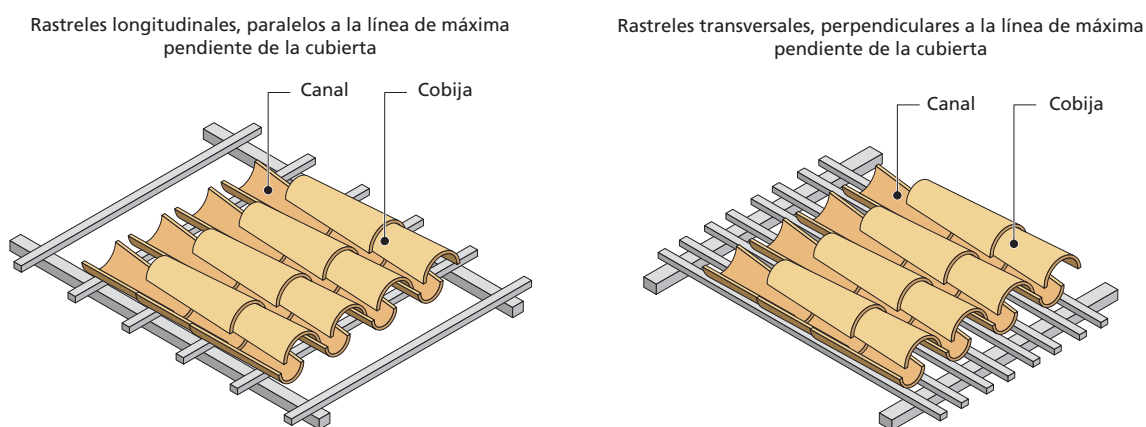
Las tejas cerámicas deberán cumplir las especificaciones de la norma UNE-EN 1304.

#### Teja cerámica curva

Son elementos de cobertura con perfil curvo en forma de canalón, cuyo diseño permite obtener valores variables de solape entre las piezas. Los bordes pueden ser paralelos o convergentes.

Las tejas curvas, en función de su colocación en la cubierta, se denominan tejas canales y cobijas. La teja canal es aquella que recoge las aguas de lluvia, llevándolas fuera del perímetro de la construcción, y la teja cobija es aquella que tapa la junta entre las canales.

Figura 2.13. Cubierta de teja curva

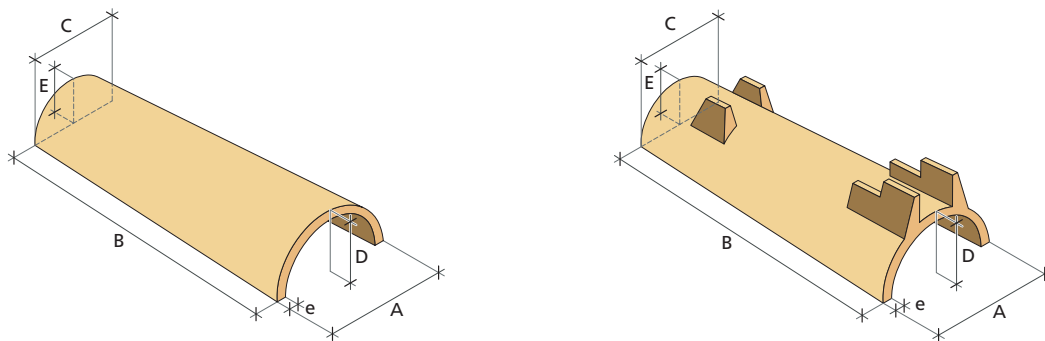


Algunas tejas curvas disponen de tetones para su colocación en seco como teja canal.

**Figura 2.14. Teja cerámica curva**

Teja cerámica curva sin tetones para uso como canal y/o cobija

Teja cerámica curva con tetones para uso como canal

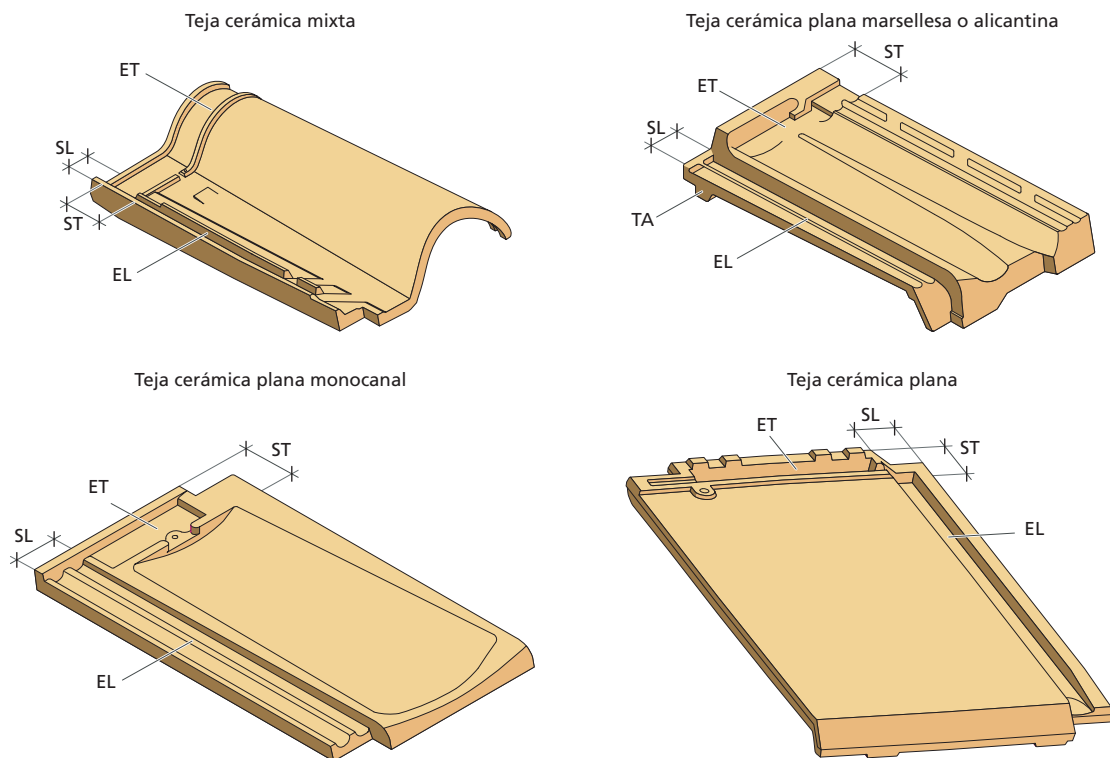


### Teja cerámica mixta y plana

Son elementos de cobertura que tienen un perfil curvo y un perfil plano (teja mixta), o con un perfil plano (teja plana), que tienen un sistema de encaje longitudinal y transversal, simple o múltiple, para el ensamblaje estanco de las piezas contiguas en filas verticales e hiladas horizontales.

En el caso de que las tejas vayan a ir clavadas, llevarán junto a su borde superior uno o varios orificios premarcados, que deberán taladrarse cuando proceda, con una broca de carburo de wolframio (widia) para evitar el deterioro de la teja.

**Figura 2.15. Tejas cerámicas mixtas y planas**



Siendo:

ET: Encaje transversal

ST: Solape transversal

EL: Encaje longitudinal

SL: Solape longitudinal

TA: Tacón de apoyo

### Piezas especiales

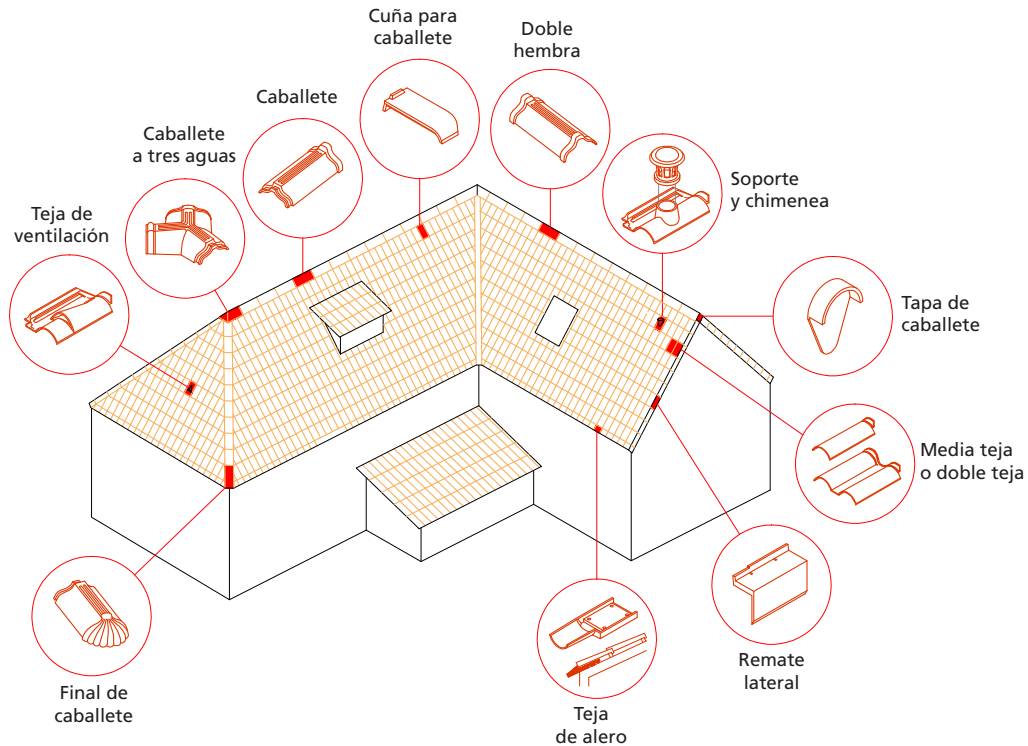
Las piezas especiales de las tejas cerámicas, están constituidas por el mismo material que la teja y tienen por objeto resolver los puntos singulares o de discontinuidad de la cubierta.

El uso de piezas especiales es imprescindible para resolver los puntos singulares, asegurando con ellas la estanqueidad, uniformidad y estética de la cubierta.

Existen piezas especiales específicas para cada tipología de teja, curva, mixta o plana.

La siguiente figura muestra un esquema general de la cubierta, con diferentes puntos singulares y las piezas especiales para resolverlos.

Figura 2.16. Piezas especiales de teja cerámica en la cubierta



Para más información sobre los tipos de tejas cerámicas, piezas especiales, y el diseño y ejecución de las cubiertas con teja cerámica, puede consultarse la norma UNE 136020 Código de buena práctica para el diseño y el montaje de cubiertas con teja cerámica.

## 2.2.2 Otros elementos de cobertura

Además de las tejas cerámicas, existen en el mercado otros elementos de cobertura como tejas de hormigón, pizarra, placas de zinc, fibrocemento, sintéticos, galvanizados y de aleaciones ligeras. También se pueden utilizar láminas asfálticas autoprotegidas con distintas terminaciones.

Todos estos materiales disponen de piezas especiales para resolver los puntos singulares de la cubierta.

Para más información sobre este tipo de elementos de cobertura se aconseja consultar los manuales de los distintos fabricantes y normas específicas de estos productos y sistemas constructivos.

## 2.3 Complementos

### 2.3.1 Aislantes térmicos

Los aislantes térmicos reducen el flujo de calor a través de la cubierta. Los aislantes deben elegirse considerando sus características, la conductividad térmica,  $\lambda$  (en W/m K) y el factor de resistencia a la difusión del vapor de agua seco,  $\mu$  (adimensional).

Para la elección del aislamiento y de su espesor es necesario realizar el cálculo térmico del edificio verificando el cumplimiento de las limitaciones de demanda y consumo energético, así como la comprobación de las condensaciones superficiales e intersticiales establecidas por el DB HE del CTE.



Como aislantes térmicos en cubiertas pueden emplearse planchas de poliestireno extruido (XPS), lanas minerales, aislantes reflexivos, etc.

En el Catálogo de Elementos Constructivos del Ministerio de Fomento se pueden consultar las tablas de las propiedades técnicas de las diferentes tipologías de materiales aislantes.

La ejecución y colocación de los materiales aislantes viene descrita en este manual en el apartado 6.1.3 para el caso de cubiertas sobre forjado y en el apartado 6.2.4 para el caso de cubiertas sobre viguetas autoportantes.

### 2.3.2 Barreras impermeables

La impermeabilización es un elemento adaptable cuya resistencia mecánica, resistencia al paso del agua y estabilidad a los cambios de temperatura, permite que funcione como membrana estanca al agua. Se deben considerar sus propiedades químicas y mecánicas en relación con los demás materiales empleados en la cubierta.

La impermeabilización se empleará en aquellos puntos de la cubierta en los que la estanqueidad no se pueda confiar a los materiales de cobertura de la cubierta, como tejas y piezas especiales.

En cuanto a los materiales utilizados como barreras impermeables, los más habituales son láminas de materiales bituminosos y bituminosos modificados, policloruro de vinilo plastificado, etileno-propileno-dieno monómero y poliolefinas.

A continuación se recogen las tablas de las propiedades técnicas de las láminas impermeables para cubiertas del Catálogo de Elementos Constructivos del Ministerio de Fomento.

#### Capa de impermeabilización para cubiertas planas

##### CUBIERTA PLANA CONVENCIONAL

##### Con capa de protección. Transitable/no transitable

Propiedades de la capa de impermeabilización	Tipo de capa de impermeabilización				
	material bituminoso		PVC	EPDM	poliolefina
	monocapa <sup>(1)(9)</sup>	bicapa <sup>(1)(9)</sup>			
Espesor efectivo (mm)	–	–	≥ 1,2	≥ 1,2	≥ 1,2
Masa nominal (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>(4)</sup>	4	6 <sup>(9)</sup>	–	–	–
Estanqueidad	pasa	pasa	pasa	pasa	pasa
Comportamiento frente a un fuego extremo	–	–	–	–	–
Resistencia a la penetración de raíces <sup>(5)</sup>	pasa	pasa	pasa	pasa	pasa
Flexibilidad a bajas temperaturas (°C)	≤ -15	≤ -15	≤ -25	≤ -45	≤ -30
Resistencia a la fluencia a elevadas temperaturas (°C)	≥ 100 <sup>(6)</sup>	≥ 100 <sup>(6)</sup>	–	–	–
Estabilidad dimensional (%)	≤ 0,6 <sup>(7)</sup>	≤ 0,6 <sup>(7)</sup>	Tipo I ≤ 2 <sup>(10)</sup> Tipo II ≤ 2 <sup>(11)</sup> Tipo III ≤ 2 <sup>(12)</sup>	≤ 0,5	Tipo I ≤ 2 <sup>(10)</sup> Tipo II ≤ 2 <sup>(11)</sup> Tipo III ≤ 2 <sup>(12)</sup>
Envejecimiento artificial por exposición prolongada a temperatura elevada:					
— flexibilidad a baja temperatura (°C)	–	–	–	–	–
— resistencia a la fluencia a elevadas temperaturas (°C)	–	–	–	–	–
Resistencia a una carga estática (kg)	≥ 15 <sup>(9)</sup>	≥ 15 <sup>(9)</sup>	MLV	MLV	MLV
Resistencia al impacto (mm)	≥ 1000 <sup>(9)</sup>	≥ 1000 <sup>(9)</sup>	MLV	MLV	MLV
Propiedades de tracción: elongación (%)	45 ± 15	45 ± 15	Tipo I ≥ 250 <sup>(10)</sup> Tipo II ≥ 200 <sup>(11)</sup> Tipo III ≥ 15 <sup>(12)</sup>	≥ 500 <sup>(10)</sup>	Tipo I ≥ 250 <sup>(10)</sup> Tipo II ≥ 200 <sup>(11)</sup> Tipo III ≥ 15 <sup>(12)</sup>
Propiedades de tracción: fuerza máxima de tracción (N/50 mm)	≥ 300 <sup>(9)</sup>	≥ 300 <sup>(9)</sup>	Tipo III ≥ 1000	–	Tipo III ≥ 1000

## CUBIERTA PLANA INVERTIDA

### Con capa de protección. Transitable/no transitable

Propiedades de la capa de impermeabilización	Tipo de capa de impermeabilización				
	material bituminoso		PVC	EPDM	poliolefina
	monocapa <sup>(1)</sup>	bicapa <sup>(2)(3)</sup>			
Espesor efectivo (mm)	-	-	≥ 1,2	≥ 1,2	≥ 1,2
Masa nominal (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>(4)</sup>	4	6 <sup>(8)</sup>	-	-	-
Estanqueidad	pasa	pasa	pasa	pasa	pasa
Comportamiento frente a un fuego extremo	-	-	-	-	-
Resistencia a la penetración de raíces <sup>(5)</sup>	pasa	pasa	pasa	pasa	pasa
Flexibilidad a bajas temperaturas (°C)	≤-15	≤-15	≤-25	≤-45	≤-30
Resistencia a la fluencia a elevadas temperaturas (°C)	≥ 100 <sup>(6)</sup>	≥ 100 <sup>(6)</sup>	-	-	-
Estabilidad dimensional (%)	≤MLV	≤0,6 <sup>(7)</sup>	Tipo I ≤2 <sup>(10)</sup> Tipo II ≤0,2 <sup>(11)</sup> Tipo III ≤0,3 <sup>(12)</sup>	≤0,5	Tipo I ≤2 <sup>(10)</sup> Tipo II ≤0,2 <sup>(11)</sup> Tipo III ≤0,3 <sup>(12)</sup>
Envejecimiento artificial por exposición prolongada a temperatura elevada:	-	-	-	-	-
— flexibilidad a baja temperatura (°C)	-	-	-	-	-
— resistencia a la fluencia a elevadas temperaturas (°C)	-	-	-	-	-
Resistencia a una carga estática (kg)	≥MLV	≥15	MLV	MLV	MLV
Resistencia al impacto (mm)	≤MLV	≥1000	MLV	MLV	MLV
Propiedades de tracción: elongación (%)	≥MDV	45±15	Tipo I ≥250 <sup>(10)</sup> Tipo II ≥200 <sup>(11)</sup> Tipo III ≥15 <sup>(12)</sup>	≥500 <sup>(10)</sup>	Tipo I ≥250 <sup>(10)</sup> Tipo II ≥200 <sup>(11)</sup> Tipo III ≥15 <sup>(12)</sup>
Propiedades de tracción: fuerza máxima de tracción (N/50 mm)	≥MDV	≥300	Tipo III ≥1000	-	Tipo III ≥1000

## CUBIERTA PLANA CONVENCIONAL

### Autoprotegida. No transitable

Propiedades de la capa de impermeabilización	Capa de impermeabilización bituminosa	
	monocapa <sup>(1)</sup>	bicapa <sup>(2)(3)</sup>
Masa nominal (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>(4)</sup>	4	6 <sup>(8)</sup>
Estanqueidad	pasa	pasa
Comportamiento frente a un fuego extremo	B <sub>ROOF</sub> (t1)	B <sub>ROOF</sub> (t1)
Resistencia a la penetración de raíces <sup>(5)</sup>	pasa	pasa
Flexibilidad a bajas temperaturas (°C)	≤-15	≤-15
Resistencia a la fluencia a elevadas temperaturas (°C)	≥ 100 <sup>(6)</sup>	≥ 100 <sup>(6)</sup>
Estabilidad dimensional (%)	≤0,5 <sup>(7)</sup>	≤0,5 <sup>(7)</sup>
Envejecimiento artificial por exposición prolongada a temperatura elevada:	-	-
— flexibilidad a baja temperatura (°C)	-5±5	-5±5
— resistencia a la fluencia a elevadas temperaturas (°C)	100±10 <sup>(8)</sup>	100±10 <sup>(8)</sup>
Resistencia a una carga estática (kg)	≥15	≥15
Resistencia al impacto (mm)	≥1000	≥1000
Propiedades de tracción: elongación (%)	45±15	45±15
Propiedades de tracción: fuerza máxima de tracción (N/50 mm)	≥300	≥300

## CUBIERTA PLANA CONVENCIONAL

### Con lámina vista. No transitable

Propiedades de la capa de impermeabilización	Tipo de capa de impermeabilización	
	PVC	poliolefina
Espesor efectivo (mm)	≥1,2	≥1,2
Masa nominal (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>(4)</sup>	-	-
Estanqueidad <sup>(1)</sup>	pasa	pasa
Comportamiento frente a un fuego extremo	B <sub>ROOF</sub> (t1)	B <sub>ROOF</sub> (t1)
Resistencia a la penetración de raíces <sup>(5)</sup>	pasa	pasa
Flexibilidad a bajas temperaturas (°C)	≤-25	≤-30
Estabilidad dimensional (%)	Tipo I ≤2 <sup>(10)</sup> Tipo II ≤0,2 <sup>(11)</sup> Tipo III ≤0,3 <sup>(12)</sup>	Tipo I ≤2 <sup>(10)</sup> Tipo II ≤0,2 <sup>(11)</sup> Tipo III ≤0,3 <sup>(12)</sup>
Exposición UV 5000 h variación alargamiento %	-	-
Resistencia a una carga estática (kg)	MLV	MLV
Resistencia al impacto (mm)	MLV	MLV
Propiedades de tracción: elongación (%)	Tipo I ≥250 <sup>(10)</sup> Tipo II ≥200 <sup>(11)</sup> Tipo III ≥15 <sup>(12)</sup>	Tipo I ≥250 <sup>(10)</sup> Tipo II ≥200 <sup>(11)</sup> Tipo III ≥15 <sup>(12)</sup>
Propiedades de tracción: fuerza máxima de tracción (N/50 mm)	Tipo III ≥1000	Tipo III ≥1000

(1) Puede realizarse una monocapa mejorada mediante la colocación adicional de una lámina de oxiasfalto de masa nominal ≥3 kg/m<sup>2</sup>.

(2) Una de las láminas debe tener al menos una armadura de fieltro de poliéster.

(3) Los valores especificados deben cumplirse por al menos una de las láminas del sistema.

(4) La masa de las láminas acabadas con gránulos minerales se incrementará en 1 kg/m<sup>2</sup> sobre la nominal indicada.

(5) Valor sólo aplicable a la lámina superior en cubiertas ajardianadas.

(6) La resistencia a la fluencia será:

Para láminas de betún modificado con APP y armadura de FP (fieltro de poliéster) o FV (fieltro de fibra de vidrio) 120.

Para láminas de betún modificado con armadura de filme de poliéster o poliolefinas ≥80 °C.

Para láminas de oxiasfalto ≥ 70 °C.

(7) Para láminas de armadura reforzada, la estabilidad dimensional debe ser ≤ 0,4%.

(8) Para láminas de betún modificado con APP la resistencia a la fluencia tras envejecimiento será 120 ± 10 °C.

(9) En el caso de cubiertas planas transitables para vehículos, la capa de impermeabilización bituminosa ha de ser bicapa y cumplirá con las siguientes propiedades:

— Cuando se utilice una membrana monocapa, ésta ha de ser mejorada.

— Cuando se utilice una membrana bicapa, ésta debe tener una masa nominal ≥ 7,0 kg/m<sup>2</sup>.

— La resistencia a una carga estática debe ser ≥ 25 kg.

— La resistencia al impacto debe ser ≥ 2000 mm.

— La resistencia a tracción debe ser ≥ 400 N/50 mm.

(10) Lámina sin armadura.

(11) Lámina con armadura de fibra de vidrio.

(12) Lámina con armadura de fibra de poliéster.

pasa: Debe cumplir con el ensayo especificado para cada caso.

MLV (valor límite del fabricante): Valor establecido por el fabricante, obtenido durante los ensayos, que podrá ser un valor mínimo o máximo.

MDV (valor declarado por el fabricante): Debe ir acompañado por la tolerancia declarada.

## Capa de impermeabilización para cubiertas inclinadas

### CUBIERTA INCLINADA CONVENCIONAL

#### Con capa de protección

Propiedades de la capa de impermeabilización	Tipo de capa de impermeabilización			
	material bituminoso	PVC	EPDM	poliolefina
	monocapa			
Espesor efectivo (mm)	-	≥ 1,2	≥ 1,2	≥ 1,2
Masa nominal (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>(1)</sup>	3 <sup>(2)</sup>	-	-	-
Estanqueidad <sup>(1)</sup>	pasa	pasa	pasa	pasa
Comportamiento frente a un fuego extremo	-	-	-	-
Resistencia a la penetración de raíces <sup>(5)</sup>	-	pasa	pasa	pasa
Flexibilidad a bajas temperaturas (°C)	≤ -15	≤ -25	≤ -45	≤ -30
Resistencia a la fluencia a elevadas temperaturas (°C)	≥ 100 <sup>(3)(4)</sup>	-	-	-
Estabilidad dimensional (%)	MLV	Tipo I ≤ 2 <sup>(7)</sup> Tipo II ≤ 0,2 <sup>(8)</sup> Tipo III ≤ 0,3 <sup>(9)</sup>	≤ 0,5	Tipo I ≤ 2 <sup>(7)</sup> Tipo II ≤ 0,2 <sup>(8)</sup> Tipo III ≤ 0,3 <sup>(9)</sup>
Envejecimiento artificial por exposición prolongada a temperatura elevada:				
— flexibilidad a baja temperatura (°C)	-	-	-	-
— resistencia a la fluencia a elevadas temperaturas (°C)	-	-	-	-
Resistencia a una carga estática (kg)	≥ MLV	MLV	MLV	MLV
Resistencia al impacto (mm)	≤ MLV	MLV	MLV	MLV
Propiedades de tracción: elongación (%)	≥ MDV	Tipo I ≤ 2 <sup>(7)</sup> Tipo II ≤ 0,2 <sup>(8)</sup> Tipo III ≤ 0,3 <sup>(9)</sup>	≥ 500 <sup>(10)</sup>	Tipo I ≤ 2 <sup>(7)</sup> Tipo II ≤ 0,2 <sup>(8)</sup> Tipo III ≤ 0,3 <sup>(9)</sup>
Propiedades de tracción: fuerza máxima detracción (N/50 mm)	≥ MDV	Tipo III ≥ 1000	-	Tipo III ≥ 1000

### CUBIERTA INCLINADA INVERTIDA

#### Con capa de protección

Propiedades de la capa de impermeabilización	Tipo de capa de impermeabilización			
	material bituminoso	PVC	EPDM	poliolefina
	monocapa			
Espesor efectivo (mm)	-	≥ 1,2	≥ 1,2	≥ 1,2
Masa nominal (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>(1)</sup>	3 <sup>(2)</sup>	-	-	-
Estanqueidad	pasa	pasa	pasa	pasa
Comportamiento frente a un fuego extremo	-	-	-	-
Resistencia a la penetración de raíces	-	pasa	pasa	pasa
Flexibilidad a bajas temperaturas (°C)	≤ -15	≤ -25	≤ -45	≤ -30
Resistencia a la fluencia a elevadas temperaturas (°C)	≥ 100 <sup>(3)(4)</sup>	-	-	-
Estabilidad dimensional (%)	MLV	Tipo I ≤ 2 <sup>(7)</sup> Tipo II ≤ 0,2 <sup>(8)</sup> Tipo III ≤ 0,3 <sup>(9)</sup>	≤ 0,5	Tipo I ≤ 2 <sup>(7)</sup> Tipo II ≤ 0,2 <sup>(8)</sup> Tipo III ≤ 0,3 <sup>(9)</sup>
Envejecimiento artificial por exposición prolongada a temperatura elevada:				
— flexibilidad a baja temperatura (°C)	-	-	-	-
— resistencia a la fluencia a elevadas temperaturas (°C)	-	-	-	-
Resistencia a una carga estática (kg)	≥ MLV	MLV	MLV	MLV
Resistencia al impacto (mm)	≤ MLV	MLV	MLV	MLV
Propiedades de tracción: elongación (%)	≥ MDV	Tipo I ≤ 2 <sup>(7)</sup> Tipo II ≤ 0,2 <sup>(8)</sup> Tipo III ≤ 0,3 <sup>(9)</sup>	≥ 500 <sup>(10)</sup>	Tipo I ≤ 2 <sup>(7)</sup> Tipo II ≤ 0,2 <sup>(8)</sup> Tipo III ≤ 0,3 <sup>(9)</sup>
Propiedades de tracción: fuerza máxima detracción (N/50 mm)	≥ MDV	Tipo III ≥ 1000	-	Tipo III ≥ 1000

- (1) La masa nominal de las láminas acabadas con gránulos minerales se incrementará en  $1 \text{ kg/m}^2$  sobre la nominal indicada.
- (2) La masa nominal de las láminas autoadhesivas será  $\geq 1,5 \text{ kg/m}^2$ .
- (3) Para láminas de betún modificado con APP con armadura de FP (fieltro de poliéster) o FV (fieltro de fibra de vidrio), la resistencia a la fluencia será  $\geq 120 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- (4) Para las láminas con armadura de filme de poliéster o poliolefinas la resistencia a la fluencia será  $\geq 80 \text{ }^\circ\text{C}$ . Para las láminas autoadhesivas será  $\geq 70 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- (7) Lámina sin armadura.
- (8) Lámina con armadura de fibra de vidrio.
- (9) Lámina con armadura de fibra de poliéster.

pasa: Debe cumplir con el ensayo especificado para cada caso.

MLV (Valor límite del fabricante): Valor establecido por el fabricante, obtenido durante los ensayos, que podrá ser un valor mínimo o máximo.

MDV (Valor declarado por el fabricante): Debe ir acompañado por la tolerancia declarada.

La ejecución y colocación de las barreras impermeables viene descrita en este manual en el apartado 6.1.7 para el caso de cubiertas sobre forjado y en el apartado 6.2.6 para el caso de cubiertas sobre viguetas autoportantes.

### 2.3.3 Barreras de vapor

La barrera de vapor es un elemento adaptable cuyas propiedades permiten que funcione como membrana estanca al vapor de agua de forma continua. Su uso está asociado al aislamiento térmico.

Las barreras de vapor son elementos que tienen una resistencia a la difusión de vapor mayor que  $10 \text{ MN s /g}$  equivalente a  $2,7 \text{ m}^2 \text{ h Pa/mg}$ .

Los materiales utilizables como barreras de vapor en las cubiertas pueden ser muy diversos, siendo válidos todos aquellos materiales cuyas propiedades garanticen la estanqueidad al vapor de agua anteriormente mencionada, y que sean resistentes a la humedad y compatibles con los otros materiales empleados en la cubierta, evitando condensaciones tanto intersticiales como superficiales. Los más comunes son láminas de polietileno, láminas bituminosas, aislantes térmicos con una baja permeabilidad al vapor, etc.

La ejecución y colocación de las barreras de vapor viene descrita en este manual en el apartado 6.1.8 para el caso de cubiertas sobre forjado y en el apartado 6.2.7 en el caso de cubiertas sobre viguetas autoportantes.

### 2.3.4 Canalones

Los canalones son los componentes del sistema de recogida y evacuación del agua que escurre a través de los faldones.

Comúnmente están fabricados con acero galvanizado, aluminio, cobre y sus aleaciones, materiales plásticos etc.

Las características de los elementos que componen los canalones, así como sus tolerancias y requisitos dimensionales, se pueden consultar en sus normas específicas de producto. A continuación se citan las normas UNE EN de producto de los canalones metálicos y de PVC-U vigentes en el momento de publicación de este manual:

- UNE-EN 612:2006 Canalones de alero con frentes rígidos con reborde y bajantes de aguas pluviales con juntas soldadas de chapa metálica.
- UNE-EN 607:2006 Canalones y accesorios de PVC-U. Definiciones, requisitos y ensayos.

### 2.3.5 Materiales para encuentros

Para rematar los encuentros de las cubiertas se recomienda emplear planchas de zinc, cobre, etc., con unas propiedades adecuadas de resistencia mecánica y durabilidad frente a los ataques atmosféricos. Cuando estos materiales se presenten en láminas o planchas, se deberán cumplir los solapes mínimos indicados por cada fabricante.

En ningún caso se recomienda rematar los encuentros empleando mortero pintado con clorocaucho, bandas impermeables orgánicas, productos bituminosos, debido a su reducida durabilidad y elevadas exigencias de mantenimiento.

**Babero**

Elemento metálico o chapa galvanizada que se utiliza para rematar los encuentros con paramentos verticales.

**Bandas impermeables moldeables**

Banda impermeable flexible que se adapta a la curvatura de las tejas para el remate de los encuentros.

**2.3.6 Elementos para favorecer la microventilación bajo teja**

Es importante diferenciar entre la ventilación de la cubierta en su conjunto (apartado 2.1.3) y la microventilación que se produce entre la cobertura de las tejas y su soporte (apartado 2.1.4) cuando la fijación de las tejas se realiza en seco.

Las cubiertas microventiladas de teja cerámica son una evolución de las cubiertas tradicionales. Además de por la microventilación bajo teja, se caracterizan porque eliminan el uso de las pastas y/o morteros empleados en las cubiertas tradicionales, empleando en su lugar clavos, tornillos, clips, ganchos o grapas, para la fijación de las tejas, bien sobre un soporte discontinuo (rastreles), o bien sobre un soporte continuo (placas onduladas, etc.).

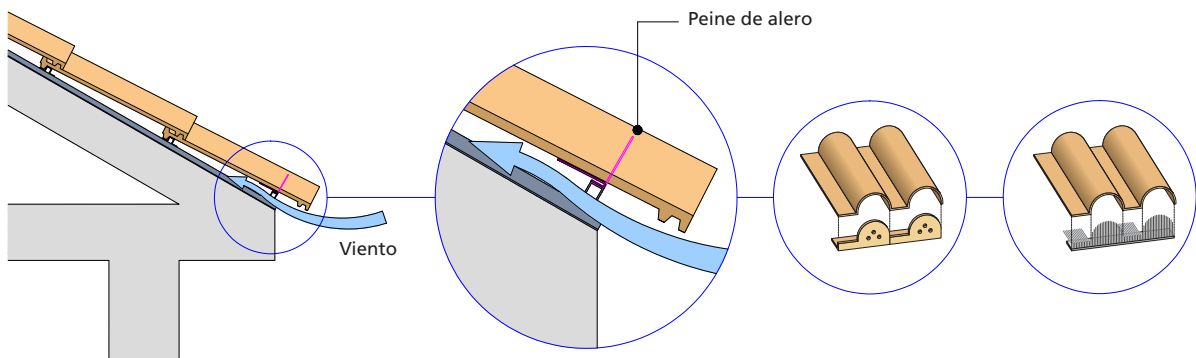
Para que la microventilación sea efectiva, se deberán cumplir las siguientes condiciones con respecto a la entrada de aire, a la circulación interior de aire y a la salida de aire:

**Entrada de aire**

La entrada de aire de la microventilación bajo las tejas se realizará por la parte más baja de la cubierta, a través de la línea de alero y limahoyas.

Para permitir la entrada de aire de la microventilación por el alero, se puede simplemente dejar el alero libre o, de forma más recomendable, utilizar piezas especiales o elementos auxiliares que permitan la entrada de aire por el alero y al mismo tiempo eviten la entrada de pájaros o roedores bajo las tejas, como son, la pieza especial de barrera de pájaros, o el rastrel de alero en forma de peine y la rejilla de alero.

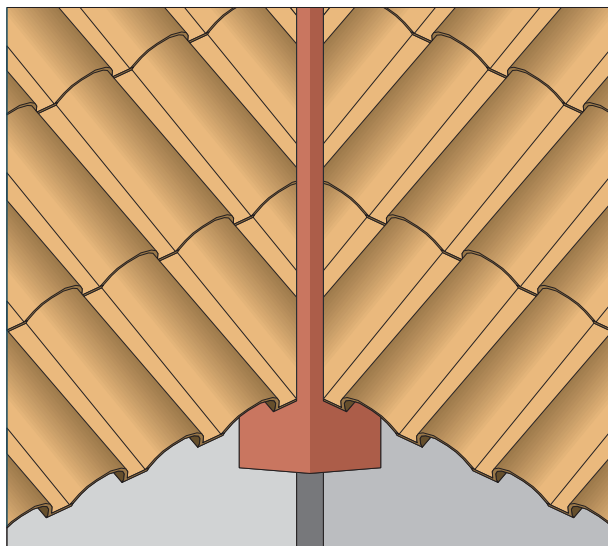
Figura 2.17. Barrera de pájaros y peine de alero



Para permitir la entrada (y salida) de aire de la microventilación por las limahoyas simplemente se debe dejar libre el espacio entre rastreles y tejas. En este caso, debido a la diferencia de nivel y presión entre la zona inferior y superior de la limahoya, el espacio libre en las limahoyas servirá tanto para la entrada de aire (parte baja) como para la salida de aire (parte alta).

Para el acabado de la limahoya, se recomienda emplear una lámina impermeable flexible o semiflexible que garantiza la correcta impermeabilización en la recogida de agua de los faldones.

*Figura 2.18. Lámina impermeable para limahoyas*



Las piezas especiales cerámicas a emplear para favorecer la entrada de aire son la teja de alero cobija y la teja de alero canal, que se pueden consultar en el apartado 2.2.1 de este manual.

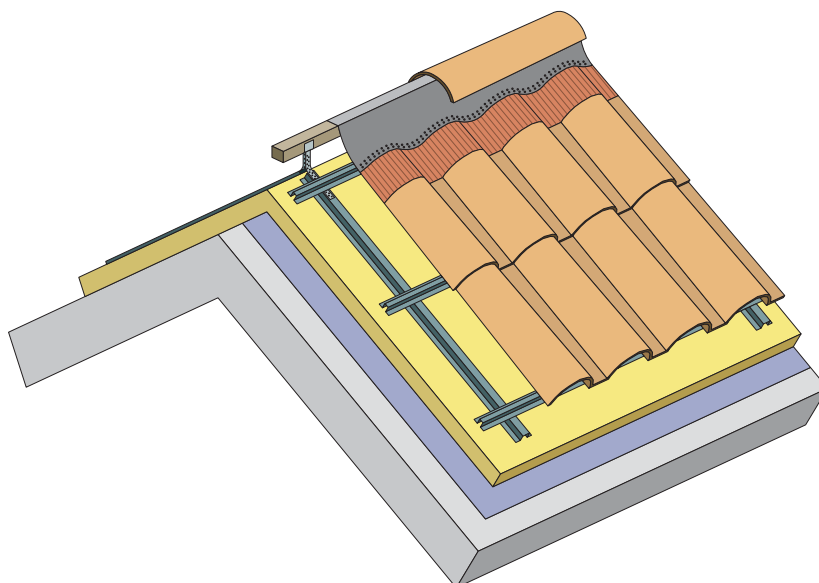
### **Circulación interior**

Debido a la diferencia de nivel y de presión entre los puntos bajos (alero) y altos (cumbre) de la cubierta inclinada, la circulación interior del aire de microventilación se producirá en sentido ascendente, desde la zona de alero hacia la cumbre. Cuanto mayor sea la diferencia de altura entre el alero y la cumbre, mejor será la circulación interior del aire.

Para posibilitar la microventilación se deberá dejar un espacio de circulación de aire mínimo de 20 a 40 mm entre la cara inferior de la teja y el soporte o aislante. Cuanto mayor sea este espacio mejor será la microventilación.

La colocación de rastreles para la fijación de las tejas permite crear ese espacio intermedio entre la teja y el soporte o aislante. Para favorecer la microventilación se recomienda el empleo de doble rastrel, rastrel primario y secundario.

Figura 2.19. Circulación del aire interior en una cubierta con doble rastrel sobre aislante rígido



Los rastreles pueden ser de distintos materiales, de madera, metálicos o de PVC. A su vez pueden ser autoportantes, o bien fijarse directamente al soporte continuo de la cubierta.

Para sellar las perforaciones ocasionadas por los tornillos o clavos empleados para la fijación de los rastreles sobre la lámina impermeable o sobre la barrera de vapor, y evitar la entrada de agua, se recomienda el empleo de cintas adhesivas bajo los listones.

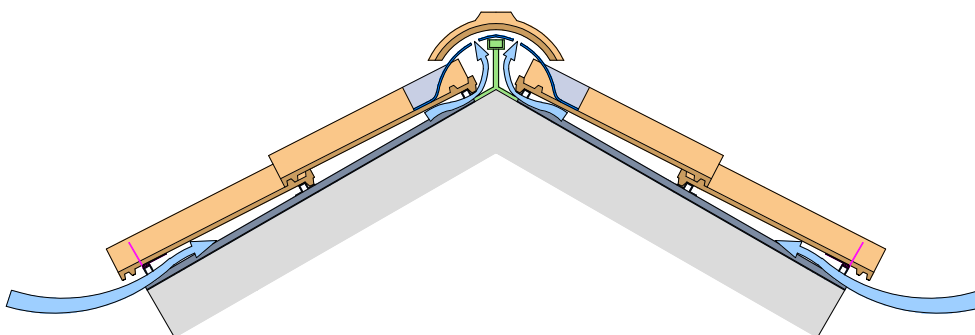
El recorrido del tiro de aire de la microventilación bajo las tejas no deberá exceder de los 12 metros. Si este recorrido fuese superior, será necesario realizar un estudio particular de la cubierta para incrementar la microventilación, disponiendo de tejas de ventilación, siguiendo las indicaciones del fabricante.

Las piezas especiales cerámicas a emplear para favorecer la circulación interior de aire son la teja de ventilación, que se pueden consultar en el apartado 2.2.1 de este manual.

### Salida de aire

La salida de aire de la microventilación bajo las tejas se realizará por la parte más alta de la cubierta, a través de cumbreras y limatesas, puesto que una mayor diferencia de altura entre la entrada y la salida del aire proporciona una mejor circulación y ventilación.

Figura 2.20. Remate de cumbrera

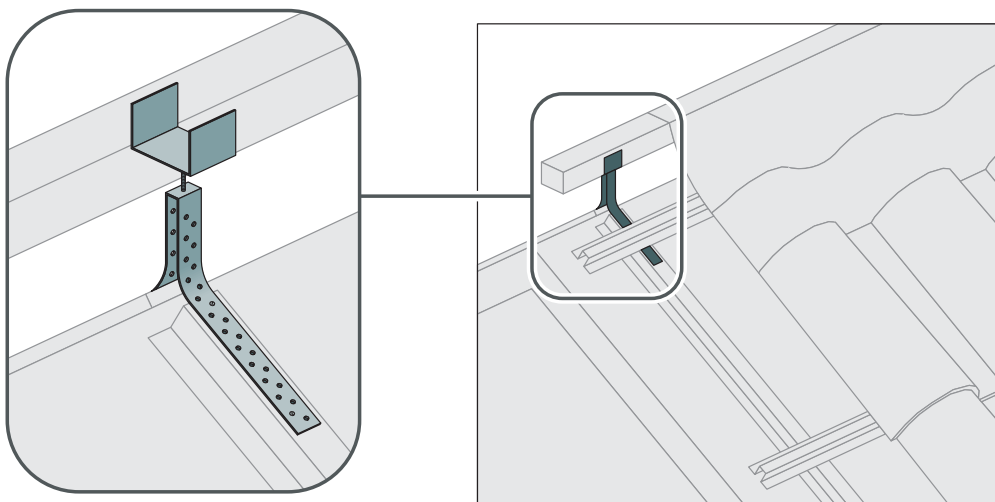




Para permitir la salida de aire de la microventilación por cumbre y limatesas se podrá utilizar cualquiera de las soluciones disponibles en el mercado. La mayor parte de los fabricantes españoles de teja cerámica comercializan también este tipo de soluciones, por lo que se recomienda consultar con ellos sobre el sistema a emplear. No obstante, a continuación se describen de forma genérica los componentes más habituales:

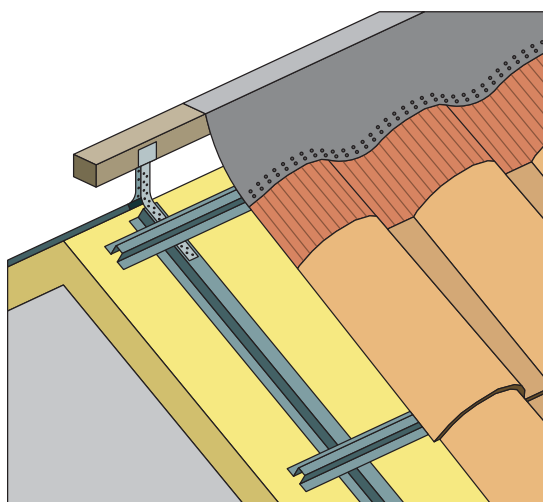
- **Soporte de caballete:** Este soporte suele ser un alzador metálico con una base para la colocación del rastrel de caballete pero también puede ser un perfil metálico con forma de rastrel.

Figura 2.21. Elemento de soporte de caballete



- **Bandas impermeables traspirables o microperforadas:** Se colocan sobre el rastrel de cumbre con el alzador metálico, y se solapan sobre los dos faldones. Estas bandas pueden ser de diferentes materiales siempre y cuando cumplan las características siguientes. Por un lado deben ser flexibles para que se puedan adaptar a las ondulaciones de la cubierta. Por otro lado deben ser impermeables para evitar la entrada de agua. Y por último deben ser traspirables o microperforadas para permitir la salida de aire a través de la línea de cumbre o de limatesa, al tiempo que se impide la entrada de pájaros, roedores o elementos extraños.

Figura 2.22. Banda impermeable microperforada para cumbres y limatesas



Las piezas especiales cerámicas para el acabado de la cumbre y limatesa de la cubierta son: caballete, final de limatesa o caballete, doble hembra, tapa de caballete, caballete a varias aguas y cuña de caballete, que se pueden consultar en el apartado 2.2.1 de este manual.

### **2.3.7 Elementos para favorecer la iluminación del interior**

Son elementos situados en el plano de la cubierta que permiten iluminar los espacios habitables bajo la misma. A continuación se describen algunos elementos:

- **Teja translúcida:** Elemento de vidrio o plástico translúcido de forma exterior y dimensiones iguales o múltiplos de las de la teja, que aseguran el paso de la luz para iluminar espacios situados debajo de la cubierta.
- **Lucernario o ventana para tejados:** Elemento constructivo que se monta para cerrar un hueco practicado en el tejado y cumple las funciones de iluminación, ventilación y acceso a la cubierta. La estanqueidad del sistema se consigue mediante baberos perimetrales impermeables de zinc, plomo o plástico, que se amoldarán a las tejas y deberán instalarse según las especificaciones de cada fabricante.
- **Claraboya o tragaluz:** Cualquier elemento que permite la entrada de la luz. Debe asegurar la estanqueidad una vez instalada.

### **2.3.8 Ganchos de servicio**

Los ganchos de servicio son elementos que posibilitan el anclaje de las sujeciones de los operarios a la estructura en la línea de cumbrera. Estos elementos deberán cumplir la norma UNE-EN 517:2006 Accesorios prefabricados para cubiertas. Ganchos de seguridad para tejados.

# 3

## Tablero cerámico

### 3.1 Descripción, tipos y formatos

Los tableros son piezas cerámicas de gran formato, obtenidas por moldeo, secado y cocción de una pasta arcillosa. También se pueden denominar bardos, machihembrados, rasillones, encadellats, etc.

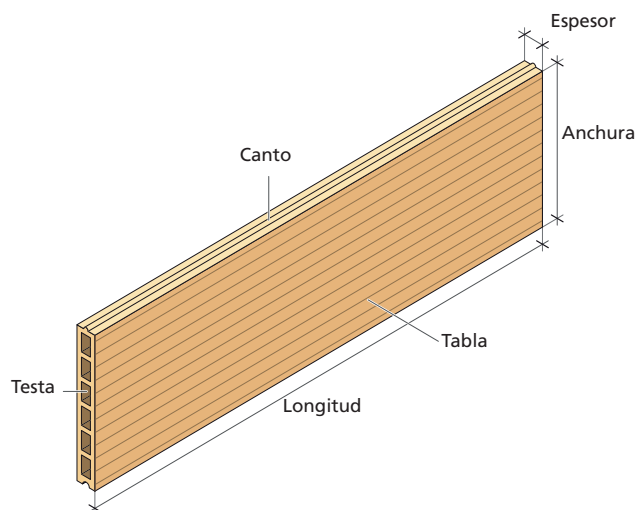
La utilización más generalizada del tablero cerámico es como elemento de soporte para cubiertas inclinadas y planas, aunque también es empleado en otras aplicaciones como formación de escaleras, revestimiento de estructuras, etc.

Los tableros cerámicos presentan todas las propiedades inherentes a los materiales cerámicos en cuanto a sostenibilidad, resistencia al fuego, aislamiento térmico, etc.

Los tableros cerámicos suelen tener una estructura de ensamblaje machihembrada.

Para su uso en cubiertas, los tableros cerámicos pueden colocarse sobre tabiques palomeros o sobre viguetas autoportantes.

*Figura 3.1. Tablero cerámico*



La longitud del tablero cerámico es muy variable. Su longitud estándar más habitual es de 1 metro, siendo el límite inferior de 0,50 m y el límite superior de 2 m.

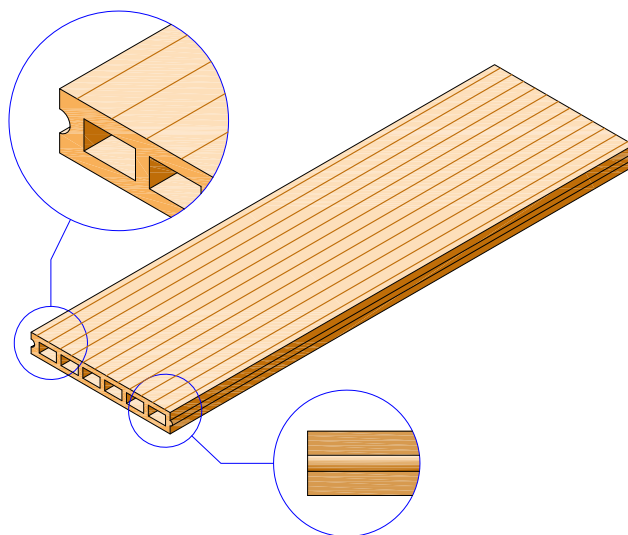
En cuanto a la anchura del tablero cerámico, se considera la anchura útil o nominal, a la anchura de la pieza descontando el saliente del machihembrado, si lo tiene. Las dimensiones más habituales de anchura son 25 cm y 30 cm, pudiendo ser algo inferior o superior en algunos casos.

El espesor del tablero cerámico varía en función de la longitud del tablero, siendo el espesor mayor, cuanto mayor es la longitud. Las dimensiones más habituales del espesor son de 3,5 cm a 4 cm, llegando a 6 cm.

Los acabados de la testa de los tableros pueden ser:

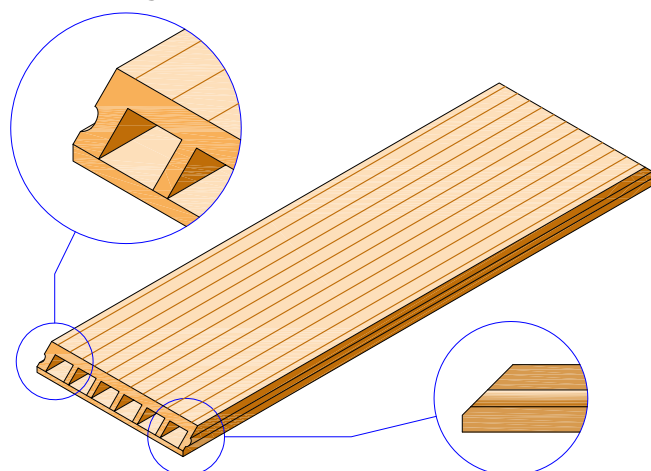
- Recto: Acabado a escuadra de la testa. Este tipo de corte es el acabado estándar.

**Figura 3.2. Tablero cerámico recto**



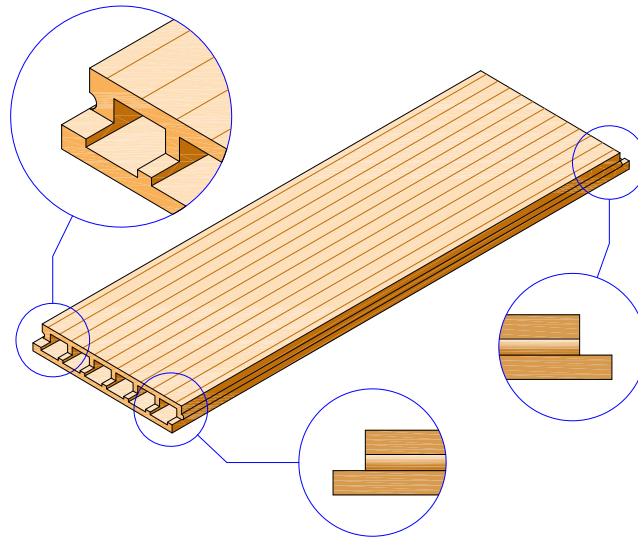
- Biselado: Acabado en bisel de la testa. El bisel puede ser recto o curvo. Este tipo de acabado permite una mayor zona de macizado de mortero u hormigón en la unión entre tableros, en caso de ser necesario.

**Figura 3.3. Tablero cerámico biselado**



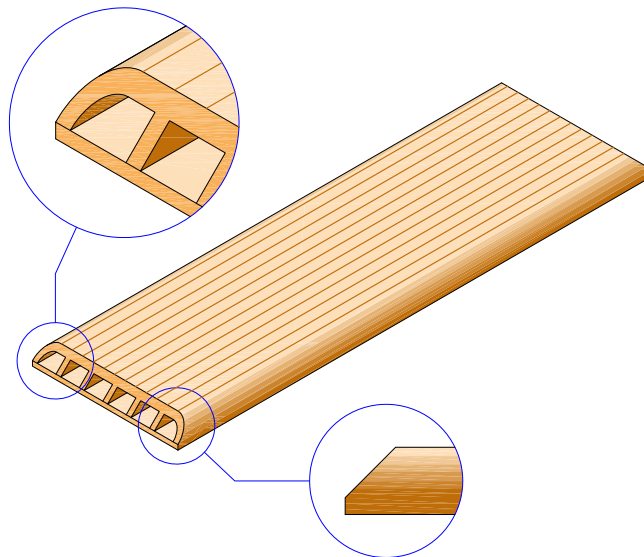
- Escalonado: Acabado en escalón de la testa. Este tipo de acabado permite una mayor zona de macizado de mortero u hormigón en la unión entre tableros, en caso de ser necesario.

**Figura 3.4. Tablero cerámico escalonado**



- Doble biselado: Acabado en bisel de la testa y el canto. Este tipo de acabado permite una mayor zona de macizado de mortero u hormigón en la unión entre tableros, en caso de ser necesario.

**Figura 3.5. Tablero cerámico con doble biselado**

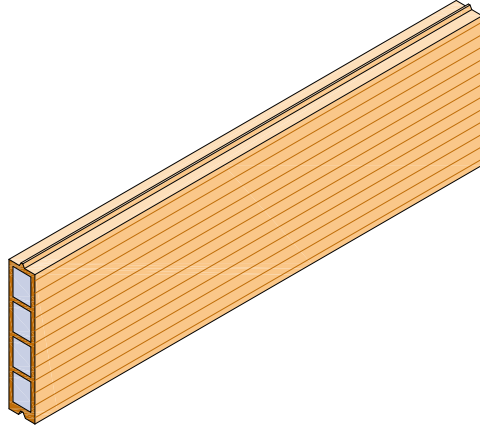


**Otros tipos de tableros cerámicos:**

**Tablero con aislamiento**

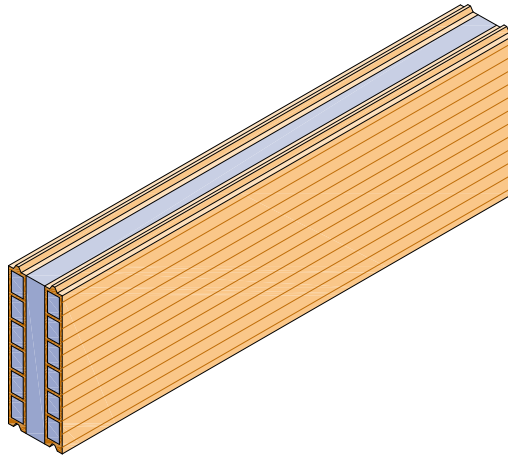
Existen en el mercado tableros cerámicos con las perforaciones horizontales rellenas de material aislante.

**Figura 3.6.** Tablero cerámico con aislante



También existen en el mercado paneles sándwiches compuestos por tres capas conformadas mecánicamente en una sola pieza mediante dos tableros machihembrados y una capa intermedia de material aislante.

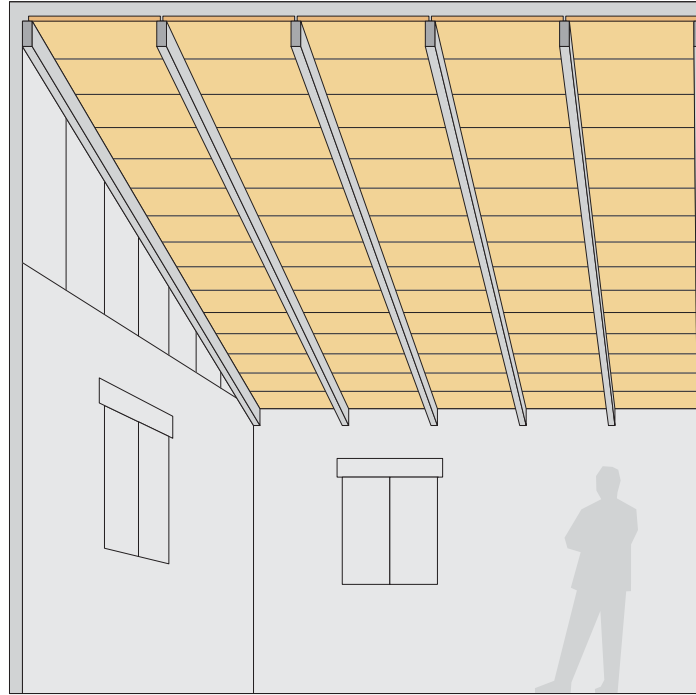
**Figura 3.7.** Panel sándwich



#### *Tablero visto*

Tablero colocado a cara vista, sin ningún tipo de revestimiento. Para este uso pueden emplearse tableros convencionales o con acabados especiales, como liso, rayado, con texturas de acabado, etc. Además, sobre estos tableros pueden emplearse distintos tipos de pintura y/o barnices.

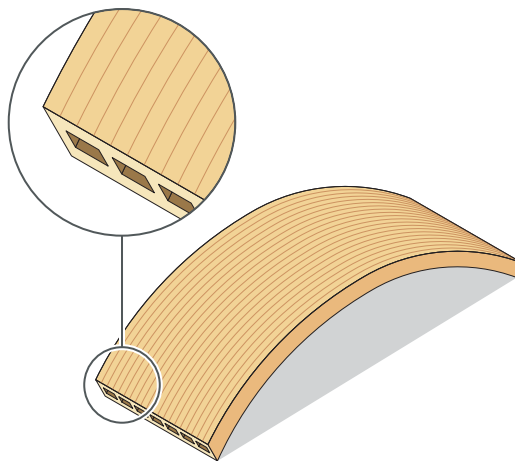
**Figura 3.8.** Cubierta de tablero cerámico visto



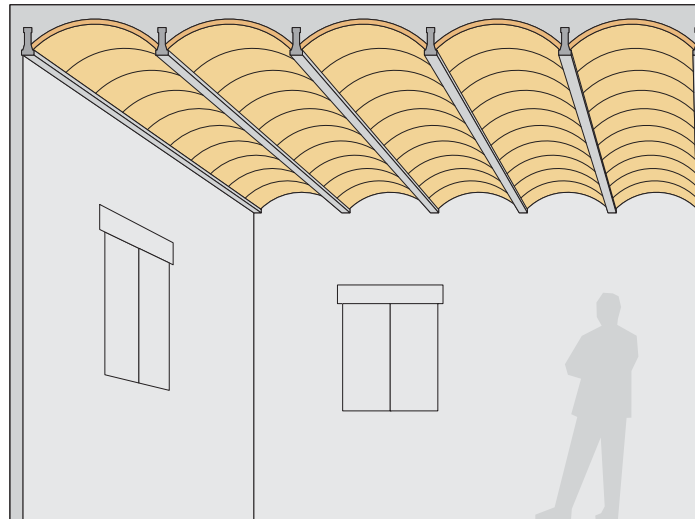
**Tablero curvo**

Tablero fabricado con una determinada curvatura que posibilita realizar superficies curvas, pudiendo quedar vistas o revestidas.

**Figura 3.9.** Tablero curvo



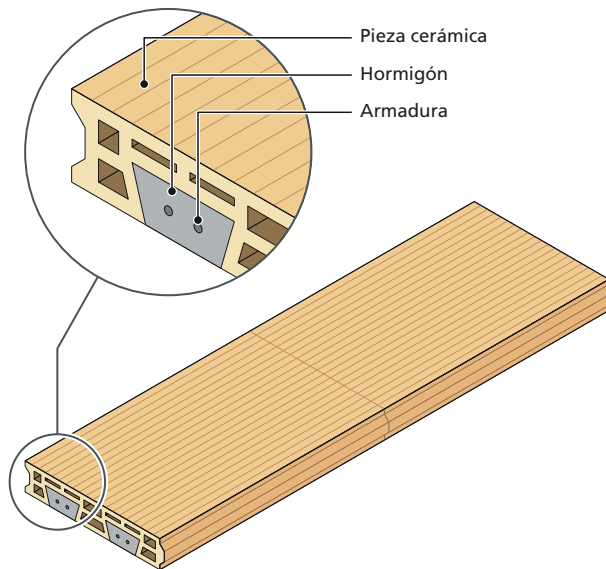
**Figura 3.10. Cubierta de tablero curvo**



**Tablero armado o pretensado**

Tablero en el que, aprovechando las acanaladuras existentes, se incorporan nervios de hormigón armado o pretensado, mediante la colocación de los tableros en prolongación. De esta manera se pueden obtener elementos prefabricados para su utilización como elementos resistentes.

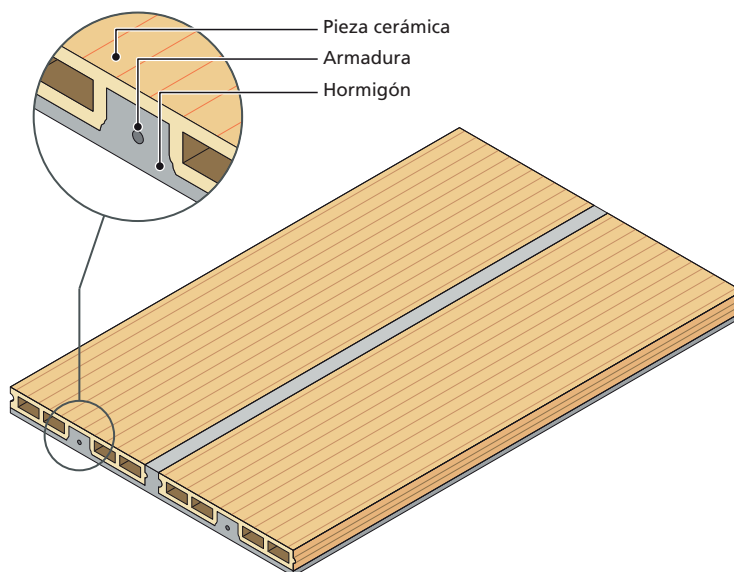
**Figura 3.11. Tablero cerámico armado o pretensado**



En los tableros convencionales se puede conseguir una solución similar realizando un corte manual en los huecos existentes, obteniendo acanaladuras que posibilitan igualmente la incorporación de nervios de hormigón armado.



**Figura 3.12. Tableros con nervios de hormigón armado**



### 3.2 Características técnicas

El Reglamento Europeo de Productos de Construcción (RPC) nº 305/2011 define las condiciones para comercializar los productos de construcción estableciendo reglas armonizadas sobre cómo expresar las prestaciones de estos productos en relación con sus características esenciales, y al mismo tiempo dando las instrucciones sobre cómo fijar el marcado CE en esos productos.

El RPC obliga a que el fabricante de un producto de construcción, amparado por una norma armonizada o conforme con una evaluación técnica europea, emita una Declaración de Prestaciones (DdP) cuando dicho producto se introduzca en el mercado de la Unión Europea (UE).

La presencia del marcado CE en la etiqueta, embalaje o albarán del producto de construcción significa que el fabricante ha emitido la DdP, y por lo tanto, el fabricante asume la responsabilidad sobre la conformidad de ese producto de construcción con las prestaciones declaradas.

Los fabricantes de tablero cerámico pertenecientes a Hispalyt disponen de un escrito del Ministerio en el que se indica que el tablero cerámico no está sujeto al RPC y por lo tanto no tiene obligación de emitir la DdP, ni de poner el etiquetado del marcado CE, debido a que la Comisión Europea no ha emitido un mandato de normalización para el tablero cerámico, por lo que el Comité Europeo de Normalización (CEN) no ha desarrollado una norma armonizada europea para este producto.

Aunque no existe una norma armonizada europea para el tablero cerámico, si hay una norma española en la que se definen las características técnicas que tiene que cumplir el tablero y en la que se basa la marca voluntaria de calidad de producto de AENOR, que es la norma UNE 67041-88 "Tableros cerámicos de arcilla cocida para cubiertas. Designación y especificaciones".

En la siguiente tabla se recogen las especificaciones técnicas de los tableros cerámicos para cubiertas según la norma UNE 67041-88:

**Tabla 3.1.** Características técnicas de los tableros cerámicos según norma UNE 67041-88

PROPIEDADES	ESPECIFICACIONES	NORMA DE ENSAYO
Aspecto: Fisuras	≤1 Piezas fisuradas	UNE 67041
Características Geométricas: — Planeidad — Tolerancias dimensionales: • Longitud • Anchura	≤ 5 mm  ± 1,5% ± 2%	UNE 67043
Resistencia a flexión	≥ 123 daN (125 Kgf)	UNE 67042

### 3.3 Controles de calidad y recepción en obra

Los tableros cerámicos que se incorporen con carácter permanente a las obras deben tener las características técnicas especificadas en el proyecto de acuerdo con la normativa vigente que sea de aplicación a ese producto.

Tal y como se ha explicado en el apartado 3.2 de este manual, no existe una norma armonizada europea para el tablero cerámico, pero sí una norma española que define las características técnicas que tiene que cumplir el tablero y en la que se basa la marca voluntaria de calidad de producto de AENOR, que es la norma UNE 67041-88 "Tableros cerámicos de arcilla cocida para cubiertas. Designación y especificaciones".

#### 3.3.1 Condiciones de suministro

A la llegada del material a obra, la Dirección Facultativa comprobará que el tablero cerámico llega en buen estado.

Los tableros se suministrarán preferentemente paletizados y empaquetados. Los paquetes no serán totalmente herméticos para permitir el intercambio de humedad con el ambiente.

#### 3.3.2 Garantías

##### **Documentación exigible al suministro y garantías adicionales de calidad**

En el artículo 7.2.1 "Control de la documentación de los suministros" de la Parte I del CTE se recoge la siguiente obligación:

*"Los suministradores entregarán al constructor, quien los facilitará al director de ejecución de la obra, los documentos de identificación del producto exigidos por la normativa de obligado cumplimiento y, en su caso, por el proyecto o por la dirección facultativa. Esta documentación comprenderá, al menos, los siguientes documentos:*

- a) los documentos de origen, hoja de suministro y etiquetado;*
- b) el certificado de garantía del fabricante, firmado por persona física; y*
- c) los documentos de conformidad o autorizaciones administrativas exigidas reglamentariamente, incluida la documentación correspondiente al mercado CE de los productos de construcción, cuando sea pertinente, de acuerdo con las disposición que sean transposición de las Directivas Europeas que afecten a los productos suministrados."*

Los fabricantes de tablero cerámico pertenecientes a Hispalyt disponen de un escrito emitido por el Ministerio, en el que se indica que los documentos que deben entregarse como certificado de garantía del fabricante de aquellos productos a los que no sea exigible el marcado CE, como es el caso del tablero cerámico, serían los siguientes:

- Presentar el certificado de garantía del fabricante en el que consten la totalidad de las características técnicas del producto suministrado a la obra.
- Cuando en el proyecto se exijan garantías adicionales de calidad, como que el producto disponga de alguna marca, sello, certificación de conformidad, evaluación técnica de idoneidad u otro distintivo de calidad voluntario, los fabricantes entregarán la documentación acreditativa de estar en posesión de dicha marca, sello, certificación o evaluación técnica de idoneidad expedida por el organismo que lo haya concedido. Igualmente, cuando el proyecto exija certificaciones de conformidad con las prestaciones finales, certificaciones medioambientales del ciclo de vida u otras certificaciones, los fabricantes deberán aportar la documentación que acredite su obtención emitida por el organismo certificador.
- En los casos del apartado anterior, cuando en el proyecto se exijan garantías adicionales de calidad, podrá aceptarse como certificado de garantía del fabricante, un certificado que recoja la totalidad de las características técnicas del suministro, emitido por el organismo de certificación que concede el distintivo de calidad, o por el organismo autorizado para realizar la evaluación técnica. No obstante el fabricante deberá entregar dicho certificado junto con la relación detallada de los suministros realizados a obra.

El proyecto establecerá, en función de las características de la obra proyectada, las garantías adicionales de calidad exigibles a los tableros cerámicos utilizados en la construcción para la aceptación del suministro.

Desde el 20 de Febrero de 2013 la Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo del Ministerio de Fomento incluyó a la Marca N de AENOR en el Registro General de Distintivos de Calidad las Marcas AENOR para el tablero cerámico según la norma UNE 67041:1988: Marca AENOR para tableros cerámicos de arcilla cocida para cubiertas.

Con la inscripción de la Marca N para tableros cerámicos en el Registro General del CTE, el Ministerio de Fomento reconoce a los certificados de AENOR como una herramienta demostrativa del cumplimiento de las exigencias básicas del Código.

La Marca N identifica a los productos certificados por AENOR y acredita que los mismos cumplen con los requisitos de calidad y seguridad recogidos en las normas técnicas, teniendo la certeza de que el producto es apto para la función para la que ha sido diseñado.

Este reconocimiento supone que sea posible realizar el control de recepción de los productos cerámicos suministrados en obra mediante distintivos de calidad. De esta manera, se facilita el acceso de los productos cerámicos a las obras sin necesidad de controles adicionales.

De igual forma, los productos cerámicos con certificado AENOR adquieren el máximo nivel de confianza dentro de las categorías de control de ejecución de la unidad de obra que se establecen en los diferentes documentos básicos del CTE, lo que puede significar una disminución de costes de ejecución del edificio.

### **Recepción mediante ensayos en obra**

Siempre que el suministro no disponga de garantías adicionales, o cuando las especiales características de la obra proyectada exijan valores declarados no obligados por la normativa vigente, la recepción en obra se hará mediante ensayos, que irán a cargo de la Dirección Facultativa.

#### *Ensayos del tablero cerámico*

Las características técnicas del tablero cerámico a ensayar y las normas de ensayo vigentes en el momento de la publicación de este manual son:

- Aspecto: UNE 67041: 1988 Tableros cerámicos de arcilla cocida para cubiertas. Designación y especificaciones.
- Tolerancias dimensionales: UNE 67043:1988 Piezas cerámicas de arcilla cocida de gran formato. Medición de las dimensiones y comprobación de la forma.
- Planeidad: UNE 67043:1988 Piezas cerámicas de arcilla cocida de gran formato. Medición de las dimensiones y comprobación de la forma.

- Resistencia a flexión: UNE 67042: 1988 Piezas cerámicas de arcilla cocida de gran formato. Determinación de la resistencia a flexión.

#### *Toma de muestras*

El suministrador entregará, si así se acuerda entre las partes debido a las características específicas del suministro o de la obra, dos muestras tomadas al azar en la fábrica con suficiente antelación al comienzo del suministro. Una de ellas se remitirá al laboratorio acordado entre ambas partes, para realizar sobre ella las verificaciones, que en su caso, establezca el proyecto o para comprobar su adecuación al uso previsto. La otra muestra, llamada de contraste, permanecerá en la obra hasta la finalización de la misma.

#### ***Criterios de muestreo para la realización de ensayos***

La formación de partidas y lotes de muestreo, la toma de muestras, etc., se realizará conforme a lo especificado en la norma de producto correspondiente.

A continuación se aportan algunas definiciones:

- Partida: es el conjunto de productos de la misma designación y procedencia, recibidos en la obra en la misma unidad de transporte. Cuando se reciban en el mismo día varias unidades de transporte con piezas de la misma designación y procedencia puede considerarse que el conjunto constituye una partida.
- Lote: es el conjunto de partidas que componen la unidad de control. Salvo que el Pliego de Condiciones o la Dirección Facultativa establezcan otras especificaciones, la unidad de control estará formada por las distintas partidas recibidas consecutivamente y aceptadas provisionalmente que se acumularán hasta alcanzar un lote de volumen no mayor a 20 m<sup>3</sup>.
- Muestra: es el conjunto de piezas extraídas al azar de un lote, por la Dirección Facultativa o persona en la que delegue, ante un representante del suministrador, si así lo solicita. El tamaño de la muestra será el indicado en la norma de ensayo correspondiente. Se deberán tomar al menos dos muestras para que una de ellas quede en reserva para realizar ensayos de contraste. El representante del suministrador puede solicitar además una muestra para el control interno.

Las muestras así obtenidas se empaquetarán de forma que puedan almacenarse y transportarse con facilidad y con garantía de que no puedan sufrir alteraciones. Cada muestra llevará una etiqueta que permita su identificación en la que figurarán al menos los siguientes datos:

- Nombre del suministrador y marca comercial.
- Designación de la pieza según la correspondiente norma de especificaciones del producto.
- Identificación de la obra.
- Fecha de la toma de muestras.
- Identificación de la partida, del lote y de la muestra.

Las muestras que deban conservarse en obra se almacenarán en un local adecuado y protegidas contra los golpes, la lluvia y las humedades.

### ***3.3.3 Control de recepción en obra***

El control de recepción en obra tiene por objeto comprobar que las características técnicas de las piezas suministradas, satisfacen las especificaciones de proyecto.

Las actuaciones de la Dirección Facultativa de la obra se desarrollan en las tres etapas sucesivas que se definen a continuación.

#### ***Control de la documentación del suministro***

El director de la ejecución de la obra comprobará que la documentación aportada por el suministrador está completa y responde a lo exigido por el proyecto y la reglamentación vigente.

La ausencia o falta de adecuación a lo exigido en el proyecto de alguna documentación contemplada en el apartado 3.3.2 de este manual relativa al artículo 7.2.1 "Control de la docu-

mentación de los suministros” de la Parte I del CTE, dará lugar al rechazo del suministro si no se completa debidamente.

#### **Control de recepción mediante distintivos de calidad**

El Director de la ejecución de la obra verificará que la documentación aportada sobre las garantías de calidad es correcta, responde a lo exigido en el proyecto y garantiza que el producto satisface las especificaciones técnicas del proyecto.

Si las garantías aportadas son suficientes y cumplen lo exigido en el proyecto, aceptará el suministro, y por tanto, no habrá control de recepción mediante ensayo.

Cuando el proyecto lo contemple, lo exija la reglamentación vigente o si no se satisfacen las condiciones del apartado anterior, se realizará el control de recepción mediante ensayos, que irán a cargo de la Dirección Facultativa.

Sin perjuicio de la aceptación del suministro, cuando no se garantice la trazabilidad del producto suministrado, se deberá hacer una toma de muestra del primer suministro que se conservará como referencia para verificaciones posteriores.

#### **Control de recepción mediante ensayos en obra**

Se llevará a cabo la distribución del suministro en partidas y lotes de acuerdo con lo indicado en la normativa vigente.

Se realizará la toma de muestras establecida en las normas de ensayo correspondientes a su recepción en obra, de forma que, cualquier discrepancia se dará a conocer al suministrador siempre antes de la colocación del tablero cerámico. Se deberá tomar más de una muestra para conservar las necesarias para futuras verificaciones.

Para la realización del ensayo, se enviarán las muestras a un laboratorio, elegido preferentemente entre los acreditados para el producto por ENAC. En caso de contraensayo, obligatoriamente se realizará en un laboratorio acreditado por ENAC. Si los resultados son diferentes, prevalecerá el resultado del laboratorio acreditado por ENAC.

Si los resultados de todos los ensayos a realizar sobre el suministro, una vez realizado el contraensayo, satisfacen las condiciones de aceptación establecidas en el proyecto o en la reglamentación exigible, se aceptará el suministro. En caso contrario se rechazará.

### **3.4 Consideraciones medioambientales**

#### **3.4.1 La sostenibilidad de los productos cerámicos**

La importancia de los materiales de construcción a la hora de crear un modelo de construcción sostenible es innegable.

Es frecuente asociar el concepto de sostenibilidad a los productos cerámicos, sin ahondar en los motivos que llevan a esta asociación de conceptos. El uso de materiales cerámicos en edificios desde la antigüedad hasta nuestros días es uno de los indicadores del equilibrio en cuanto a los aspectos medioambientales, sociales y económicos de este tipo de materiales, requisitos fundamentales para considerar “sostenible” un producto.

A la hora de evaluar la sostenibilidad en los productos de construcción, hay que tener en consideración que la sostenibilidad no sólo es una valoración ambiental, sino que tiene en cuenta tres aspectos: medioambiental, económico y social.

Para valorar la sostenibilidad de un producto debe realizarse un análisis de ciclo de vida completo que incluya todas las fases: fabricación, distribución, uso y fin de vida (“desde la cuna hasta la

tumba”). Este análisis permite tener una visión completa del sistema del producto, conociendo los impactos asociados a cada fase del ciclo de vida.

Los tableros cerámicos, al igual que el resto de los productos de arcilla cocida utilizados en construcción son sostenibles por las siguientes razones:

#### *Están fabricados a partir de materias primas naturales*

Los productos cerámicos respetan el medioambiente, al tratarse de materiales 100% naturales, que se fabrican básicamente a partir de arcilla, fuego y agua. La arcilla es una materia prima que se encuentra en la naturaleza de forma abundante y se puede extraer fácilmente. Debido al origen local de la arcilla, es habitual que las fábricas se sitúen junto a las canteras. Esto tiene dos aspectos positivos: por un lado, se minimiza el transporte de la materia prima a la fábrica, y con ello las emisiones de transporte, y por otro, se crea empleo en zonas rurales con perspectivas de empleo limitadas.

#### *La extracción de la arcilla se hace de forma responsable*

Los productos que se utilizan como materia prima para la fabricación de los materiales cerámicos se extraen directamente de la naturaleza con medios sencillos. Aunque la extracción de arcilla tiene un impacto ambiental asociado, al hacerse de forma responsable puede suponer también una oportunidad, ya que, una vez agotada la cantera, se pueden crear reservas naturales que puedan habitar los animales y plantas del entorno, dar un servicio social útil creando un lago recreativo o una zona para depositar residuos, o incluso se pueden transformar en zonas de uso agrícola o forestal.

#### *El proceso productivo de fabricación es muy eficiente en cuanto a recursos y energía utilizados*

Los mayores impactos del ciclo de vida de los productos cerámicos de construcción se dan en el proceso de producción de los mismos y, dentro de este proceso, en las etapas de secado y cocción de los productos, debido a las emisiones atmosféricas originadas en los secaderos y hornos.

A nivel general, en los últimos años se ha visto un cambio en la industria de fabricación de los productos cerámicos hacia la utilización de combustibles gaseosos, así como introducción de mejoras, en el diseño de secaderos y hornos, control por ordenador de los procesos de secado y cocción, y recuperación del calor del horno. Todo ello ha dado lugar a una reducción progresiva del consumo de energía y, en consecuencia, de las emisiones.

La utilización mayoritaria de gas natural como fuente de energía ha llevado consigo que las emisiones de partículas y SO<sub>2</sub> hayan disminuido considerablemente.

Cada vez se utilizan más residuos de otros sistemas (pasta de papel, hueso de aceituna, etc.) que a su vez, contribuyen al ahorro energético en el proceso de producción.

La eficiencia en el uso de materias primas en el proceso productivo viene dada por el bajo consumo en agua y el no tener apenas desperdicio de material cerámico, siendo posible reciclar/reutilizar la arcilla en cualquier etapa del proceso productivo.

Por otro lado, la contaminación por ruido y olores generada durante la fabricación de los productos cerámicos, tiene un carácter puntual que normalmente no traspasa los umbrales del recinto.

#### *Ayudan a conservar nuestro patrimonio arquitectónico y se han sabido adaptar a la arquitectura de nuestros días*

Durante siglos se han construido las aldeas, pueblos y ciudades de Europa con ladrillos y tejas de arcilla cocida. La versatilidad de los productos cerámicos les ha permitido adaptarse a las nuevas técnicas y métodos de construcción, a la par que se han ido mejorando sus prestaciones técnicas e introduciendo nuevos colores y formatos, ofreciendo a los arquitectos y diseñadores infinitas soluciones creativas. La innovación permite a los productos cerámicos cumplir con los requisitos de la arquitectura del siglo XXI, a la vez que conservan el patrimonio arquitectónico en toda Europa.

### *Confieren a los edificios robustez y resistencia al fuego*

Los productos cerámicos presentan una excelente resistencia al fuego. Son materiales inertes, no combustibles, no inflamables, por lo que no emiten sustancias ni gases tóxicos en caso de quemarse y no contribuyen al incendio. Además, son muy resistentes otorgando una gran robustez y capacidad portante a los edificios.

### *Proporcionan un ambiente saludable y confortable*

Los edificios construidos con materiales cerámicos gozan de un ambiente interior saludable y confortable que se debe a varias razones. Por un lado, los materiales cerámicos colaboran en la regulación de la humedad ambiente: la porosidad del material cerámico le permite absorber la humedad del aire cuando la humedad relativa es alta y liberarla cuando el aire interior se vuelve más seco. Por otro lado, los materiales cerámicos utilizados para la construcción del edificio no emiten sustancias tóxicas a la atmósfera interior del edificio.

### *Contribuyen al aislamiento de la envolvente del edificio*

Es importante que un edificio esté bien aislado térmicamente del exterior, ya que, de no estarlo, tendrá un impacto económico, social y medioambiental al estar relacionado con el confort y el consumo en calefacción o refrigeración durante la vida útil del edificio. En países mediterráneos donde el régimen de verano es más severo que el régimen de invierno, es importante destacar la inercia térmica de los productos cerámicos, que empleados en las envolventes de los edificios (fachadas o cubiertas), son capaces de absorber y almacenar el calor durante las horas de máxima temperatura, reduciendo el sobrecalentamiento del edificio. En este sentido, cabe resaltar la contribución al aislamiento de la envolvente de los muros de bloque Termoarcilla, cuya propiedad principal es su gran resistencia térmica.

### *Tienen unas elevadas prestaciones técnicas al mejor precio*

Como se ha explicado anteriormente, los productos cerámicos se caracterizan por sus altas prestaciones técnicas (resistencia mecánica, seguridad frente a incendios, etc.), y todo ello a un precio de mercado muy asequible, lo que hace que los productos cerámicos sean muy sostenibles también desde el punto de vista económico.

### *Tienen una larga vida útil sin apenas necesitar mantenimiento*

Si hay una característica que hace a los materiales cerámicos sostenibles, es su durabilidad. Los productos cerámicos tienen una propiedad única y es que embellecen con el paso del tiempo. Un edificio construido con material cerámico tiene una vida útil que supera los 100 años. Esta larga vida útil se traduce en un ahorro económico para los propietarios de las viviendas, que no se verán obligados a pagar periódicamente por el mantenimiento de los elementos constructivos de su vivienda con productos cerámicos (fachada, cubierta, tabiquería, forjados, etc.).

### *Se pueden reutilizar o reciclar después del fin de la vida útil del edificio*

Los productos cerámicos son materiales muy inertes y estables por lo que son altamente reciclables. Los materiales cerámicos pueden ser reutilizados o reciclados, para el mismo uso o para otros fines. Así, pueden tener una segunda vida después de la demolición del edificio, aumentando la sostenibilidad, al alargar el ciclo de vida de los productos.

En muchos países, entre ellos España, se reutilizan las tejas para la construcción de edificios nuevos o rehabilitaciones. Prueba de ello es el mercado existente de tejas de segunda mano. Además, después de un proceso de triturado del material cerámico resultante de la demolición, éste se puede utilizar en la construcción de carreteras como material de la capa base, como árido en los productos prefabricados de hormigón o en el hormigón in situ y en morteros, o como sustrato vegetal utilizado en las cubiertas vegetales. Así por ejemplo, la arena batida de las pistas de tenis se consigue triturando únicamente material cerámico de color rojo.

*Ofrecen el máximo respeto al medioambiente*

Para demostrar que la construcción de edificios con materiales cerámicos es totalmente respetuosa con el medio ambiente, Hispalyt ha desarrollado la etiqueta medioambiental tipo III, conocida como Declaración Ambiental de Producto (DAP), de los diferentes productos cerámicos de todo su ciclo de vida (cuna a tumba), promoviendo así la ecoinnovación y mejora medioambiental en la fabricación de estos productos.

### **3.4.2 Declaración Ambiental de Producto (DAP)**

La Declaración Ambiental de Producto (DAP), conocida como etiqueta medioambiental tipo III, proporciona información ambiental fiable, relevante, transparente y verificada sobre un determinado producto, por lo que es posible analizar si ese producto es respetuoso con el medio ambiente. La información de las DAP se estructura en diversas categorías de impacto (calentamiento global, agotamiento de la capa de ozono, etc.) junto con otra información adicional como los residuos generados.

Para ello la DAP se basa en el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) de ese producto con criterios establecidos en las normas europeas e internacionales. El ACV es un proceso objetivo de recopilación y evaluación del uso de recursos ("entradas" como energía, materias primas y agua) y emisiones ambientales ("salidas" al aire, agua y suelo) asociados al ciclo de vida de un producto con el fin de evaluar el impacto potencial sobre el ambiente del mismo.

El desarrollo de estos estudios de ACV de la DAP se debe realizar siguiendo unas determinadas Reglas de Categoría de Producto (RCP), que a su vez deben estar basadas en las normas europeas desarrolladas al efecto, como la UNE EN 15804 y la UNE EN ISO 14025.

Las etapas del ciclo de vida de un producto utilizado en la construcción que se pueden analizar en una DAP son las siguientes:

- Fabricación:
  - Extracción en cantera.
  - Transporte de la materia prima a fábrica.
  - Elaboración de los productos.
- Construcción:
  - Transporte del producto acabado para su colocación en obra.
  - Instalación del producto en obra.
- Uso:
  - Uso del producto (mantenimiento, reparación, sustitución, rehabilitación y consumos operacionales).
- Fin de vida:
  - Construcción y derribo.
  - Transporte de desechos.
  - Reutilización y reciclaje.
  - Gestión de residuos.
- Beneficios y cargas más allá del límite del sistema.

Actualmente las DAP son certificaciones voluntarias, no obligatorias. No obstante, en los considerandos del Reglamento Europeo de Productos de Construcción (UE) N° 305/2011 se indica que *"para la evaluación del uso sostenible de los recursos y el impacto medioambiental de las obras de construcción deben utilizarse, cuando estén disponibles, las declaraciones medioambientales de productos"*.

En España, en la Generalitat de Catalunya el Decret d'Ecoeficiència 21/2006 establece que al menos una familia de los productos empleados en la construcción del edificio, entendiendo como familia el conjunto de productos destinados a un mismo uso, deberá disponer de una etiqueta ecológica tipo I o tipo III. Por otra parte, algunas iniciativas privadas de certificación de edificios



sostenibles, como BREEAM y LEED, están ayudando a impulsar las DAP, al considerar positivamente los productos que disponen de las mismas.

El propósito de la DAP en el sector de construcción es proporcionar la base para evaluar la sostenibilidad de los edificios, que siempre debe tener en cuenta los tres pilares de la sostenibilidad (medioambiental, económico y social).

Por lo tanto, no cabe la comparación entre DAP fuera del marco del edificio. En todo caso, se podrán comparar DAP de sistemas constructivos. Y si el comparativo se va a hacer público, las partes interesadas deben tener acceso al estudio comparativo, para dar su visto bueno.

Además, las DAP deben estar sujetas a la gestión de un administrador de un programa, que debe asegurar que las DAP contienen la información pertinente y verificable del ACV basado en la serie de normas ISO 14040. El administrador del programa debe establecer procedimientos transparentes para:

- la revisión de las RCP.
- la verificación de los datos independientes del ACV y del Inventario del Ciclo de Vida (ICV), de los módulos de información y de la información ambiental adicional en la que se basa la DAP.
- la verificación independiente de la DAP.

### 3.4.3 DAP del tablero cerámico

El desempeño ambiental de los productos es un criterio cada vez más importante para la compra pública, privada y para la elección de los consumidores. Los fabricantes de tablero cerámico asociados a Hispalyt disponen de la Declaración Ambiental de Producto (DAP) del tablero cerámico registrada en el programa Global EPD de AENOR para acreditar y comunicar la excelencia ambiental del tablero.

Dicha DAP está realizada según la metodología de ACV con información ambiental cuantificada de todo su ciclo de vida (cuna a tumba), considerando las siguientes etapas: fabricación, construcción, uso y fin de vida.

La DAP ha sido desarrollada y verificada según las normas UNE EN 15804:2012+A1:2014 y UNE EN ISO 14025:2010, y las Reglas de Categoría de Productos de arcilla cocida utilizados en construcción RCP-008-AENOR GlobalEPD, basadas en los borradores de RCP distribuidos en los comités europeos de producto de CEN, pero tomando los datos correspondientes a los escenarios de España.

La unidad funcional de esta DAP se define como 1 tonelada de tablero cerámico producido en España por los fabricantes asociados a Hispalyt para soporte de cubierta con una vida útil media de referencia de 150 años. Los resultados del ACV de esta DAP están basados en los datos de producción del año 2015 proporcionados por el fabricante de tablero cerámico representativo de Hispalyt.

Desde Hispalyt se apoyan las DAP representativas de varios fabricantes frente a las DAP particulares de cada fabricante, ya que actualmente la mayor parte de los impactos ambientales de un edificio se producen en su fase de uso, y en mucha menor medida son debidos a la fase de construcción y a todos materiales del edificio.

No obstante, dado que la tendencia es ir hacia edificios de consumo de energía casi nula, en los cuales los impactos ambientales de la fase de uso de materiales irán en aumento debido al empleo de soluciones constructivas de mayor aislamiento, los impactos ambientales del tablero cerámico como uno de los materiales que componen el edificio serán cada vez menos relevantes.

Teniendo en cuenta esta reflexión, aunque la variación de impactos entre DAP particulares de fabricantes de un mismo producto cerámico fuera elevada, realmente esta diferencia sería totalmente despreciable al tener en cuenta la evaluación ambiental del edificio, que es el objetivo final de las DAP.



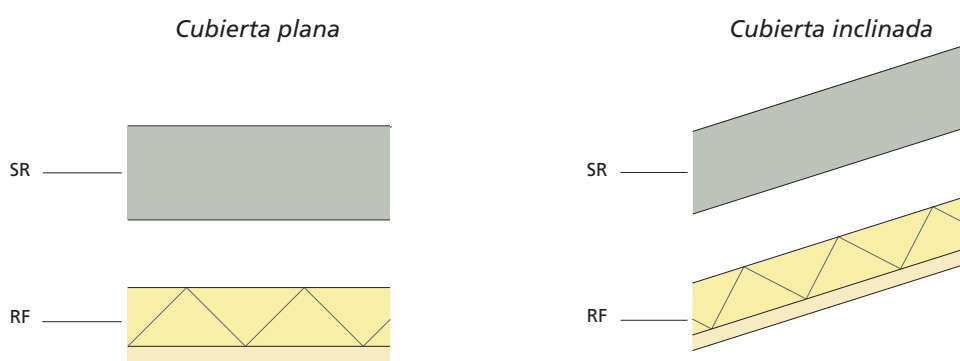
# 4

## Cubiertas con tablero cerámico

### Observaciones:

1. En este apartado se definen las soluciones de cubiertas que se contemplan en este manual, con los espesores que se consideran representativos en cuanto a la prestación que aportan.
2. Aquellos elementos con espesores que no aparezcan explícitamente recogidos en las tablas del apartado 5.2.8 de este manual para cada solución de cubierta se asemejarán al de espesor inmediatamente inferior. Por ejemplo, un forjado de cubierta de canto 32 + 6 cm se asemejará a un forjado de cubierta de canto 30 + 5 cm.
3. En todas las soluciones de cubierta definidas en este apartado se puede disponer un falso techo que incremente sus prestaciones acústicas, representado de forma genérica en la figura adjunta. Cuando se requiera un material absorbente acústico, su resistividad al flujo de aire debe ser mayor que 5 kPa/s·m<sup>2</sup> (por ejemplo lana mineral). Cuando se disponga este falso techo, puede considerarse su contribución como aislante térmico para conseguir el  $R_{AT}$  necesario.

*Figura 4.1. Tipos de cubiertas en función de la pendiente del soporte resistente*



4. Las soluciones de cubiertas de placa cerámica armada o pretensada se asemejarán a las soluciones de cubiertas de forjado unidireccional de bovedilla cerámica del mismo canto o similar.
5. Las soluciones de cubierta con tablero cerámico con aislante térmico en el interior de las perforaciones pueden considerarse equivalentes a efectos térmicos a las soluciones de cubierta con tablero cerámico y aislante térmico adicional. El espesor del aislante térmico adicional que se indica en las tablas del apartado 5.2.8 de este manual para cada solución de cubierta puede reducirse con la contribución de este aislamiento, mediante un estudio que lo justifique. En cualquier caso, debe comprobarse la limitación de condensaciones.

6. Las soluciones de cubierta con paneles cerámicos sándwiches prefabricados se asimilarán a las soluciones de cubierta de este manual formadas por dos tableros machihembrados con una capa intermedia de material aislante.

## 4.1 Componentes

Se describen a continuación los distintos componentes de las cubiertas y su codificación.

### Protección, P:

Para pavimento fijo:

- Baldosa cerámica de 15 mm de espesor sobre una capa de mortero de agarre, MA, de 4 cm de espesor. Las cubiertas con adoquín cerámico se engloban en las cubiertas con baldosa. Los cálculos se realizarán para el caso más desfavorable, es decir, para baldosa.

Para pavimento flotante:

- Piezas apoyadas sobre soportes o baldosas sueltas con aislante térmico incorporado.

Para cubiertas acabadas con grava:

- Capa de grava de espesor superior o igual a 5 cm.

Para cubiertas ajardinadas:

- Tierra vegetal de 30 cm de espesor.

### Mortero de agarre, MA:

- Capa de mortero de 4 cm de espesor.

### Tejado, T:

- Teja cerámica de 20 mm de espesor.

### Formación de pendientes, FP:

Para cubiertas planas sin ventilar:

- Tablero cerámico y capa de mortero de al menos 3 cm de espesor.

### Tablero cerámico, TC:

- Tablero cerámico de distintas dimensiones, en función de las diferentes soluciones de cubierta.

### Capa de regularización de mortero, CR:

- Capa de mortero de espesor suficiente para regularizar la superficie del faldón, no menor de 3 cm y sin carácter resistente.

### Losa de hormigón armado, LH:

- Capa de hormigón HA-25 con espesor y armadura obtenida según cálculo.

### Barrera de vapor, B:

- La barrera de vapor sólo será necesaria cuando por el cálculo del DB HE1 del CTE se deduzca que se vayan a producir condensaciones en el aislante térmico.

### Aislante térmico, AT:

- El aislante térmico de las soluciones de cubierta será necesario únicamente en aquellos casos en los que así se establezca en el apartado de diseño cuando la cubierta forme parte de la envolvente térmica del edificio.

### Impermeabilización, I:

- La impermeabilización será necesaria cuando la cubierta sea plana o su inclinación sea menor al mínimo establecido en la tabla 2.10 del DB HS 1 del CTE en función del material de protección o cuando el solapo de las piezas de la protección sea inferior al necesario para garantizar la impermeabilidad de la misma.

### Capa separadora, CS:

La capa separadora será necesaria en las siguientes situaciones:

- Siempre que deba evitarse el contacto entre materiales químicamente incompatibles.
- Bajo la impermeabilización, cuando deba evitarse la adherencia entre la impermeabilización y el elemento que sirve de soporte en sistemas no adheridos.
- Entre la capa de protección y la capa de impermeabilización cuando:
  - Deba evitarse la adherencia entre ambas capas.
  - La impermeabilización tenga una resistencia pequeña al punzonamiento estático.
  - Se utilice como capa de protección solado flotante colocado sobre soportes, grava, una capa de rodadura de hormigón, una capa de rodadura de aglomerado asfáltico dispuesta sobre una capa de mortero o tierra vegetal.
- Entre la capa de protección y el aislante térmico cuando:
  - Se utilice tierra vegetal como capa de protección.
  - La cubierta sea transitable para peatones. En este caso la capa separadora debe ser antipunzonante.
  - Se utilice grava como capa de protección. En este caso la capa separadora debe ser filtrante, capaz de impedir el paso de áridos finos y antipunzonante.

### Capa filtrante, CF:

- Capa filtrante para evitar el arrastre de finos. Será necesaria bajo la capa de protección cuando se trate de tierra vegetal.

### Capa drenante, CD:

- Será necesaria bajo la capa filtrante cuando la capa de protección sea tierra vegetal.

### Cámara, C:

- En el caso de cubiertas ventiladas, así como en el caso de cubiertas planas donde la protección se disponga sobre soportes, la cámara se ventilará mediante un conjunto de aberturas de tal forma que el cociente entre su área efectiva total  $S_s$  en  $\text{cm}^2$  y la superficie de la cubierta  $A_c$  en  $\text{m}^2$  cumpla la siguiente condición:

$$30 > S_s / A_c > 3$$

En el apartado 2.1.3 de este manual se describen los tipos de cubiertas en función del grado de ventilación de su cámara.

### Revestimiento inferior, RF:

- Elemento de acabado inferior. Puede ser tanto un enlucido como un falso techo, con propiedades aislantes acústicas o térmicas, como el indicado en las observaciones de este apartado.

### Soportes resistentes, SR:

- Forjado unidireccional con elemento de entrevigado cerámico de 20 + 5 cm, 25 + 5 cm y 30 + 5 cm.
- unidireccional con elemento de entrevigado de hormigón de 20 + 5 cm, 25 + 5 cm y 30 + 5 cm.
- unidireccional con elemento de entrevigado de hormigón aligerado de 20 + 5 cm, 25 + 5 cm y 30 + 5 cm.
- reticular con elemento de entrevigado cerámico de 20 + 5 cm, 25 + 5 cm y 30 + 5 cm.
- reticular con elemento de entrevigado de hormigón de 20 + 5 cm, 25 + 5 cm y 30 + 5 cm.

- Forjado reticular con elemento de entrevigado de hormigón aligerado de 20 + 5 cm, 25 + 5 cm y 30 + 5 cm.
- Forjado reticular sin elemento de entrevigado de 20 + 5 cm, 25 + 5 cm y 30 + 5 cm.
- Losa alveolar de hormigón armado de 20 + 5 cm, 25 + 5 cm y 30 + 5 cm.

## 4.2 Codificación

Cada cubierta concreta se ha codificado con los siguientes caracteres:

Los cuatro primeros caracteres indican que es una cubierta del tipo QBXX. Ej.: QB01 es una cubierta del tipo 1.

El siguiente indica el tipo de forjado:

- U: Forjado unidireccional.
- R: Forjado reticular.
- L: Losa.

Los siguientes caracteres señalan el tipo de elemento de entrevigado del forjado, en su caso:

- EC: Elemento de entrevigado cerámico.
- EH: Elemento de entrevigado de hormigón.
- EA: Elemento de entrevigado de hormigón aligerado.
- SE: Sin elementos de entrevigado.

El último carácter indica el espesor del forjado o losa y de la capa de compresión:

- a: 20+5 cm.
- b: 25+5 cm.
- c: 30+5 cm.

A su vez, en la definición de cada tipo de cubierta, sus componentes se codifican de la siguiente manera:

- SF: Solado fijo.
- SFL: Solado flotante.
- GR: Grava.
- TV: Tierra vegetal.
- T: Teja cerámica.
- TC: Tablero cerámico.
- CR: Capa de regularización de mortero.
- MA: Mortero de agarre.
- CS: Capa separadora.
- I: Impermeabilización.
- AT: Aislante térmico.
- B: Barrera de vapor.
- FP: Formación de pendiente.
- CD: Capa drenante.
- CF: Capa filtrante.
- C: Cámara de aire.
- U.EC: Forjado unidireccional con elementos de entrevigado cerámicos.
- U.EH: Forjado unidireccional con elementos de entrevigado de hormigón.
- U.EA: Forjado unidireccional con elementos de entrevigado de hormigón aligerado.
- R.EC: Forjado reticular con elementos de entrevigado cerámicos.
- R.EH: Forjado reticular con elementos de entrevigado de hormigón.
- R.EA: Forjado reticular con elementos de entrevigado de hormigón aligerado.
- R.SE: Forjado reticular sin elementos de entrevigado.
- L: Losa alveolar.
- RF: Revestimiento inferior.

**Ejemplo de codificación**

Una cubierta QB01.U.EC.c es una cubierta plana, no ventilada, convencional o invertida, con solado fijo, con forjado unidireccional con elementos de entrevigado cerámicos y espesor 30+5 cm.

La codificación de sus componentes es:

SF+MA+(CS)+I+(CS)+AT+(B)+FP+U30.EC+RF

- SF: solado fijo.
- MA: mortero de agarre.
- (CS): capa separadora cuando sea necesaria.
- I: impermeabilización.
- (CS): capa separadora cuando sea necesaria.
- AT: aislante térmico.
- (B): barrera de vapor cuando sea necesaria.
- FP: formación de pendiente.
- U30.EC: forjado unidireccional con elementos de entrevigado cerámicos de espesor 30+5 cm.
- RF: revestimiento inferior.

Aquellas capas que aparecen entre paréntesis sólo serán necesarias en determinadas ocasiones.

**4.3 Tipos y detalles constructivos**

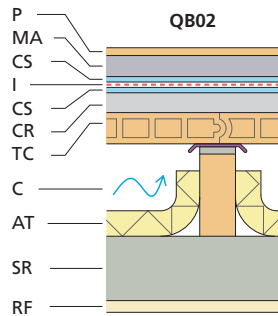
		Ventilada
		Convencional
Cubierta plana	Pavimento fijo	<p>QB02</p> <p>P MA CS I CS CR TC C AT SR RF</p>
	Autoprotegida	<p>QB08</p> <p>I MA TC C AT SR RF</p>

			No ventilada o con cámara sin ventilar		Ventilada	
			Convencional	Invertida	Convencional	
Cubierta inclinada	SopORTE resistente inclinado	Tejado				
	SopORTE resistente horizontal	Tejado				
	Con tablero cerámico apoyado en vigas o cerchas	Tejado sobre tablero sencillo				
		Tejado sobre doble tejado				
		Autoprotegida				



### 4.3.1 Cubiertas sobre forjado

#### QB02: Plana, ventilada, convencional, con pavimento fijo



Soluciones con elementos de entrevigado cerámicos:

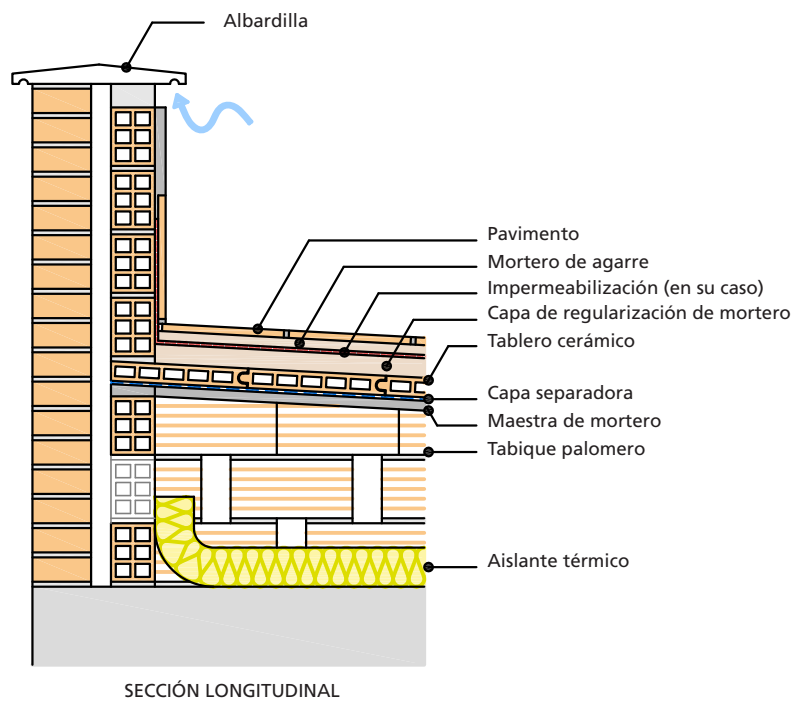
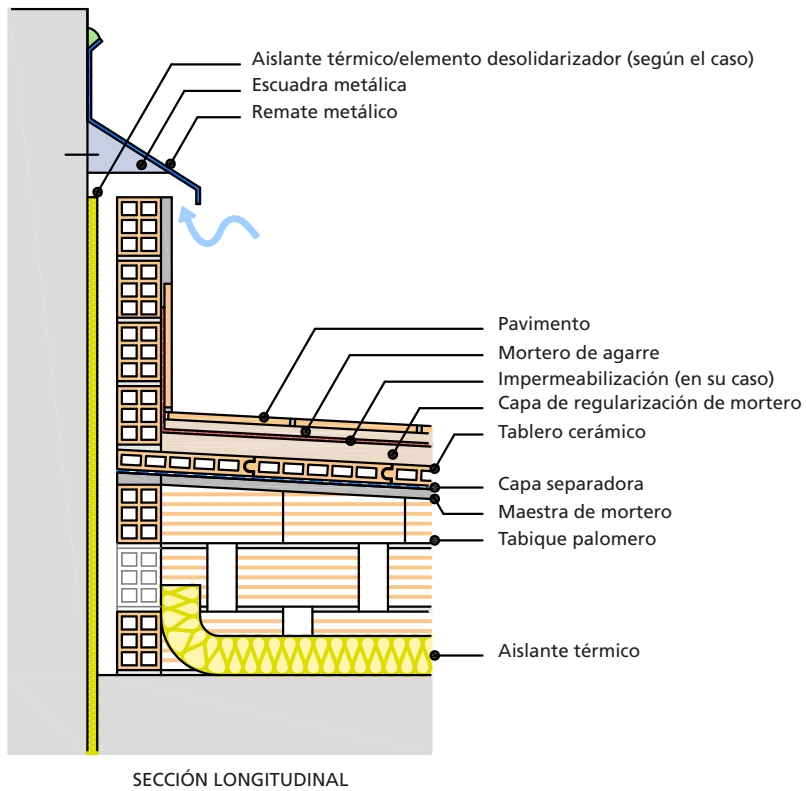
QB02.U.EC.a SF+MA+(CS)+I+(CS)+CR+TC+C+AT+U20.EC+RF  
 QB02.U.EC.b SF+MA+(CS)+I+(CS)+CR+TC+C+AT+U25.EC+RF  
 QB02.U.EC.c SF+MA+(CS)+I+(CS)+CR+TC+C+AT+U30.EC+RF  
 QB02.R.EC.a SF+MA+(CS)+I+(CS)+CR+TC+C+AT+R20.EC+RF  
 QB02.R.EC.b SF+MA+(CS)+I+(CS)+CR+TC+C+AT+R25.EC+RF  
 QB02.R.EC.c SF+MA+(CS)+I+(CS)+CR+TC+C+AT+R30.EC+RF

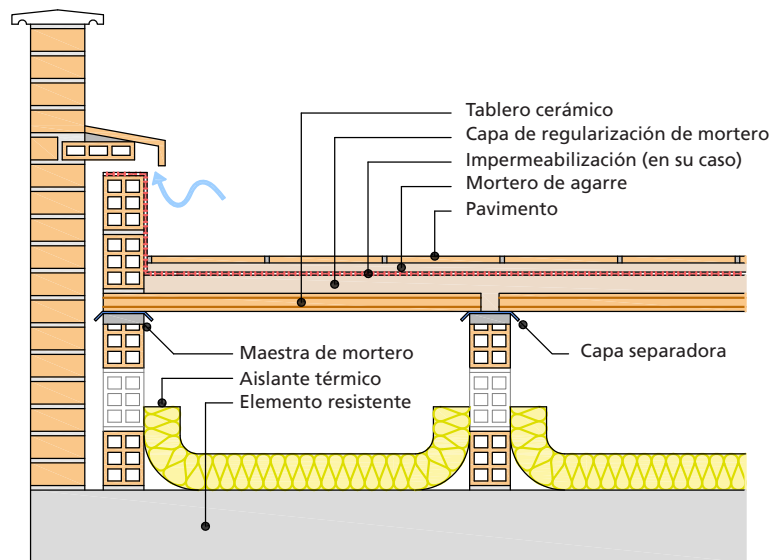
Soluciones sin elementos de entrevigado cerámicos:

QB02.U.EH.a SF+MA+(CS)+I+(CS)+CR+TC+C+AT+U20.EH+RF  
 QB02.U.EH.b SF+MA+(CS)+I+(CS)+CR+TC+C+AT+U25.EH+RF  
 QB02.U.EH.c SF+MA+(CS)+I+(CS)+CR+TC+C+AT+U30.EH+RF  
 QB02.U.EA.a SF+MA+(CS)+I+(CS)+CR+TC+C+AT+U20.EA+RF  
 QB02.U.EA.b SF+MA+(CS)+I+(CS)+CR+TC+C+AT+U25.EA+RF  
 QB02.U.EA.c SF+MA+(CS)+I+(CS)+CR+TC+C+AT+U30.EA+RF  
 QB02.R.EH.a SF+MA+(CS)+I+(CS)+CR+TC+C+AT+R20.EH+RF  
 QB02.R.EH.b SF+MA+(CS)+I+(CS)+CR+TC+C+AT+R25.EH+RF  
 QB02.R.EH.c SF+MA+(CS)+I+(CS)+CR+TC+C+AT+R30.EH+RF  
 QB02.R.EA.a SF+MA+(CS)+I+(CS)+CR+TC+C+AT+R20.EA+RF  
 QB02.R.EA.b SF+MA+(CS)+I+(CS)+CR+TC+C+AT+R25.EA+RF  
 QB02.R.EA.c SF+MA+(CS)+I+(CS)+CR+TC+C+AT+R30.EA+RF  
 QB02.R.SE.a SF+MA+(CS)+I+(CS)+CR+TC+C+AT+R20.SE+RF  
 QB02.R.SE.b SF+MA+(CS)+I+(CS)+CR+TC+C+AT+R25.SE+RF  
 QB02.R.SE.c SF+MA+(CS)+I+(CS)+CR+TC+C+AT+R30.SE+RF  
 QB02.L.a SF+MA+(CS)+I+(CS)+CR+TC+C+AT+L20+RF  
 QB02.L.b SF+MA+(CS)+I+(CS)+CR+TC+C+AT+L25+RF  
 QB02.L.c SF+MA+(CS)+I+(CS)+CR+TC+C+AT+L30+RF

Para conocer los componentes y descifrar la codificación de este tipo de cubierta ver los apartados 4.1 y 4.2 de este manual.

Figuras 4.2. Encuentros de una cubierta QB02 con un paramento vertical

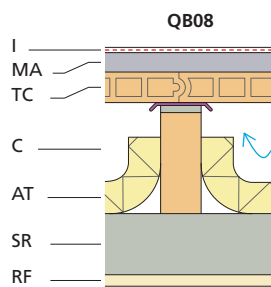




SECCIÓN TRANSVERSAL

**QB08: Plana, ventilada, convencional, autoprotegida**

Cubierta análoga a la anterior con terminación en lámina autoprotegida.



**Soluciones con elementos de entrevigado cerámicos:**

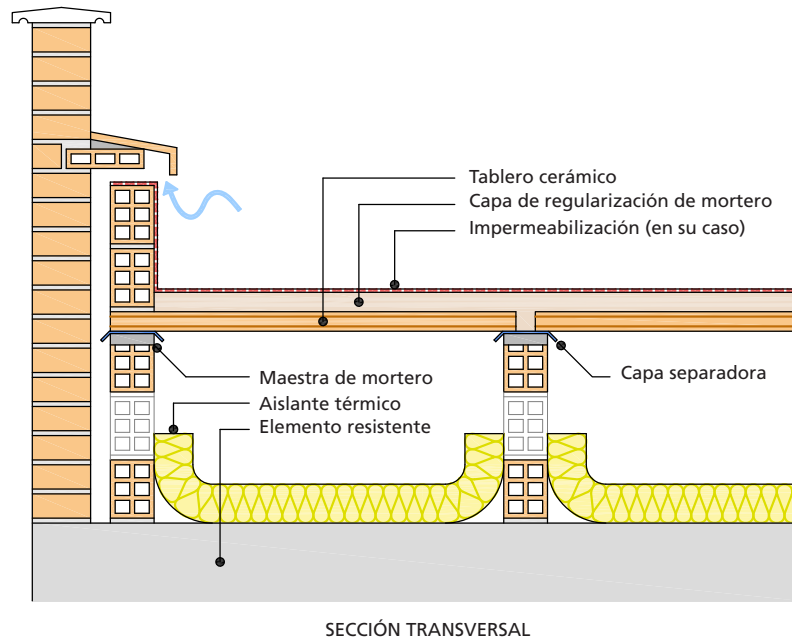
- QB08.U.EC.a I+MA+TC+C+AT+U20.EC+RF
- QB08.U.EC.b I+MA+TC+C+AT+U25.EC+RF
- QB08.U.EC.c I+MA+TC+C+AT+U30.EC+RF
- QB08.R.EC.a I+MA+TC+C+AT+R20.EC+RF
- QB08.R.EC.b I+MA+TC+C+AT+R25.EC+RF
- QB08.R.EC.c I+MA+TC+C+AT+R30.EC+RF

**Soluciones sin elementos de entrevigado cerámicos:**

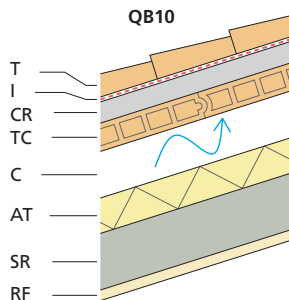
- QB08.U.EH.a I+MA+TC+C+AT+U20.EH+RF
- QB08.U.EH.b I+MA+TC+C+AT+U25.EH+RF
- QB08.U.EH.c I+MA+TC+C+AT+U30.EH+RF
- QB08.U.EA.a I+MA+TC+C+AT+U20.EA+RF
- QB08.U.EA.b I+MA+TC+C+AT+U25.EA+RF
- QB08.U.EA.c I+MA+TC+C+AT+U30.EA+RF
- QB08.R.EH.a I+MA+TC+C+AT+R20.EH+RF
- QB08.R.EH.b I+MA+TC+C+AT+R25.EH+RF
- QB08.R.EH.c I+MA+TC+C+AT+R30.EH+RF
- QB08.R.EA.a I+MA+TC+C+AT+R20.EA+RF
- QB08.R.EA.b I+MA+TC+C+AT+R25.EA+RF
- QB08.R.EA.c I+MA+TC+C+AT+R30.EA+RF
- QB08.R.SE.a I+MA+TC+C+AT+R20.SE+RF
- QB08.R.SE.b I+MA+TC+C+AT+R25.SE+RF
- QB08.R.SE.c I+MA+TC+C+AT+R30.SE+RF
- QB08.L.a I+MA+TC+C+AT+L20+RF
- QB08.L.b I+MA+TC+C+AT+L25+RF
- QB08.L.c I+MA+TC+C+AT+L30+RF

Para conocer los componentes y descifrar la codificación de este tipo de cubierta ver los apartados 4.1 y 4.2 de este manual.

**Figura 4.3.** Encuentro de una cubierta QB08 con un paramento vertical



**QB10: Inclinada, ventilada, convencional, con soporte resistente inclinado, con tejado**



**Soluciones con elementos de entrevigado cerámicos:**

**QB10.U.EC.a** T+(I)+CR+TC+C+AT+U20.EC+RF

**QB10.U.EC.b** T+(I)+CR+TC+C+AT+U25.EC+RF

**QB10.U.EC.c** T+(I)+CR+TC+C+AT+U30.EC+RF

**Soluciones sin elementos de entrevigado cerámicos:**

**QB10.U.EH.a** T+(I)+CR+TC+C+AT+U20.EH+RF

**QB10.U.EH.b** T+(I)+CR+TC+C+AT+U25.EH+RF

**QB10.U.EH.c** T+(I)+CR+TC+C+AT+U30.EH+RF

**QB10.U.EA.a** T+(I)+CR+TC+C+AT+U20.EA+RF

**QB10.U.EA.b** T+(I)+CR+TC+C+AT+U25.EA+RF

**QB10.U.EA.c** T+(I)+CR+TC+C+AT+U30.EA+RF

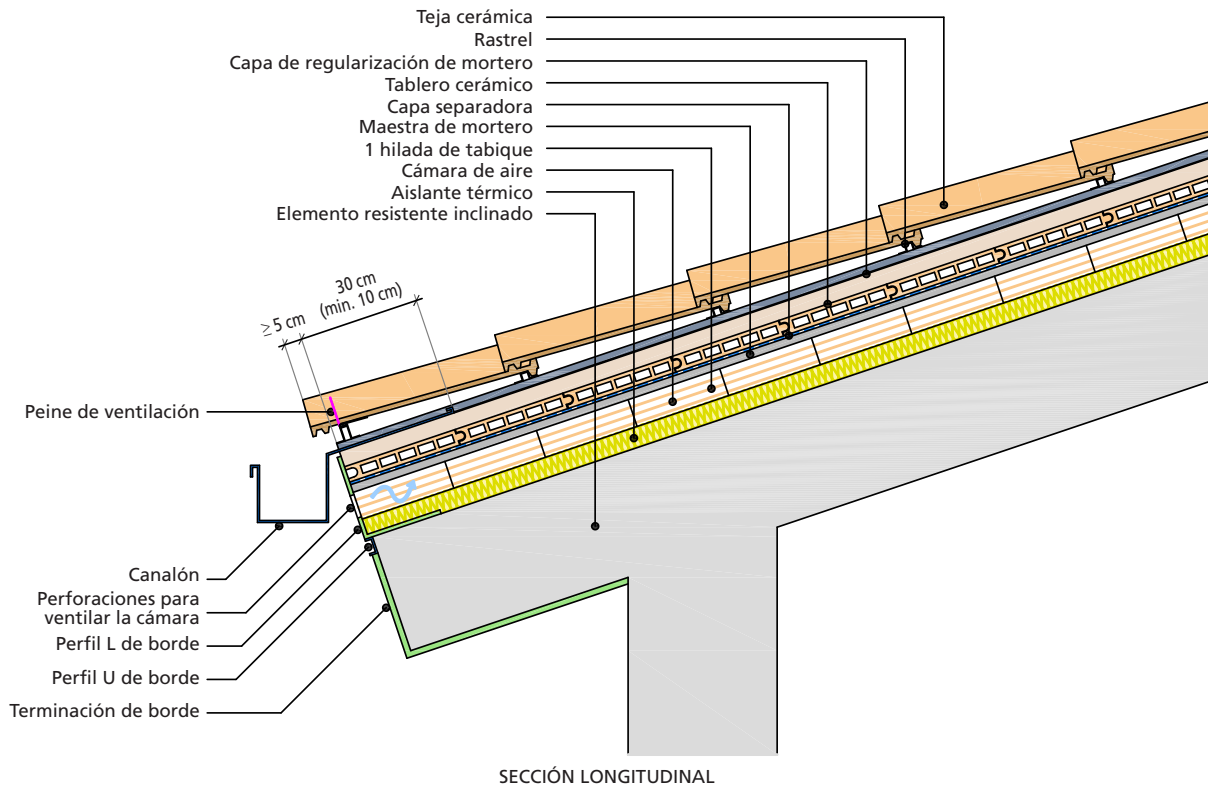
**QB10.L.a** T+(I)+CR+TC+C+AT+L20+RF

**QB10.L.b** T+(I)+CR+TC+C+AT+L25+RF

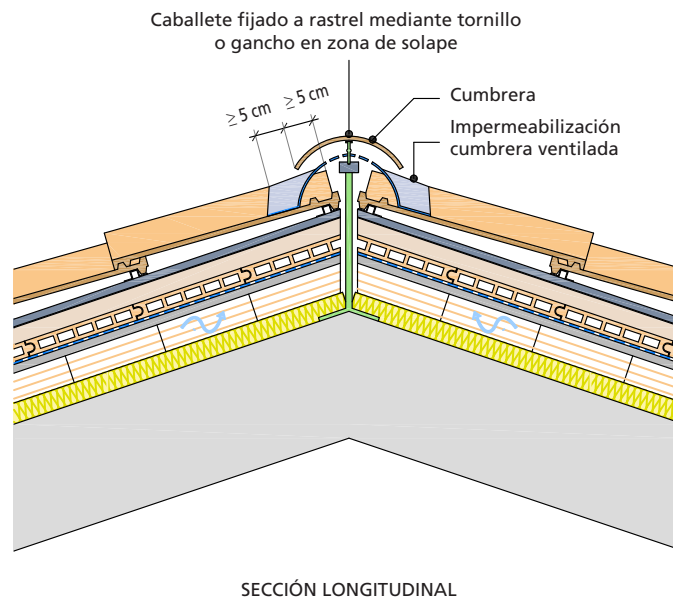
**QB10.L.c** T+(I)+CR+TC+C+AT+L30+RF

Para conocer los componentes y descifrar la codificación de este tipo de cubierta ver los apartados 4.1 y 4.2 de este manual.

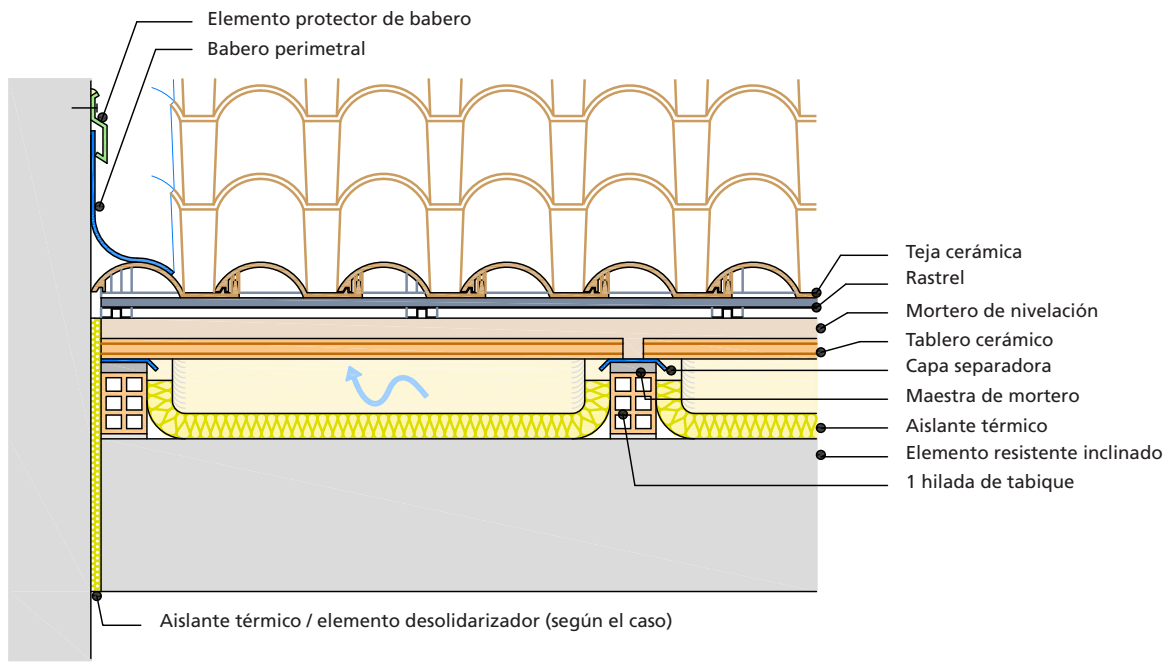
**Figura 4.4. Alero de una cubierta QB10**



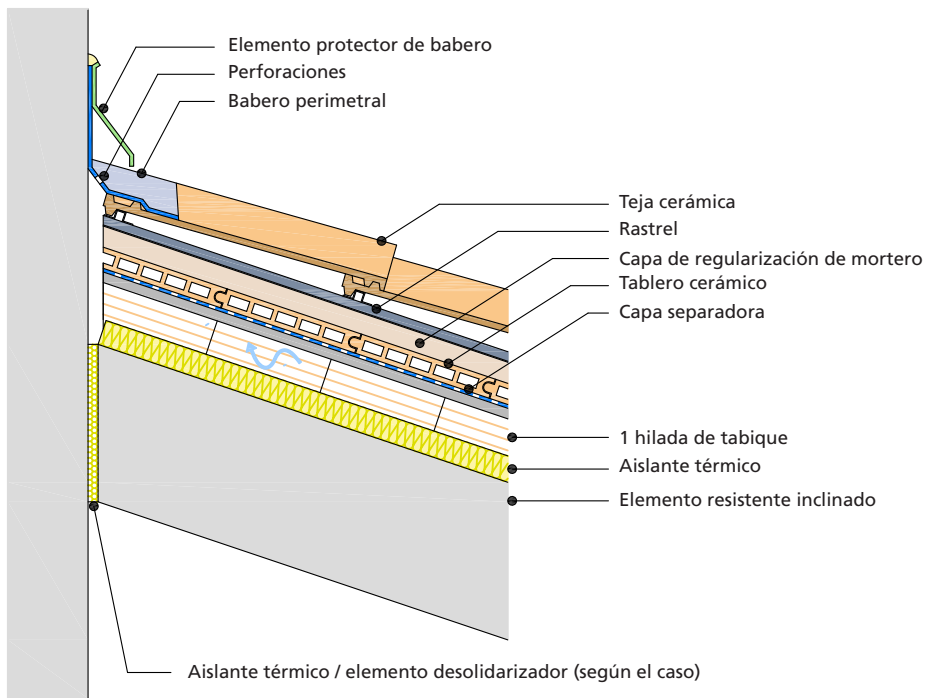
**Figura 4.5. Cumbre de una cubierta QB10**



Figuras 4.6. Encuentros de una cubierta QB10 con un paramento vertical

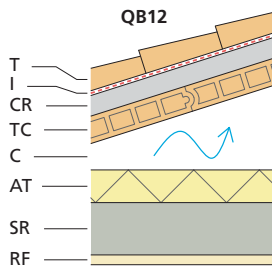


SECCIÓN TRANSVERSAL



SECCIÓN LONGITUDINAL

**QB12: Inclinada, ventilada, convencional con soporte resistente horizontal, con tejado**



**Soluciones con elementos de entrevigado cerámicos:**

- QB12.U.EC.a T+(I)+CR+TC+C+AT+U20.EC+RF
- QB12.U.EC.b T+(I)+CR+TC+C+AT+U25.EC+RF
- QB12.U.EC.c T+(I)+CR+TC+C+AT+U30.EC+RF
- QB12.R.EC.a T+(I)+CR+TC+C+AT+R20.EC+RF
- QB12.R.EC.b T+(I)+CR+TC+C+AT+R25.EC+RF
- QB12.R.EC.c T+(I)+CR+TC+C+AT+R30.EC+RF

**Soluciones sin elementos de entrevigado cerámicos:**

- QB12.U.EH.a T+(I)+CR+TC+C+AT+U20.EH+RF
- QB12.U.EH.b T+(I)+CR+TC+C+AT+U25.EH+RF
- QB12.U.EH.c T+(I)+CR+TC+C+AT+U30.EH+RF
- QB12.U.EA.a T+(I)+CR+TC+C+AT+U20.EA+RF
- QB12.U.EA.b T+(I)+CR+TC+C+AT+U25.EA+RF
- QB12.U.EA.c T+(I)+CR+TC+C+AT+U30.EA+RF
- QB12.R.EH.a T+(I)+CR+TC+C+AT+R20.EH+RF
- QB12.R.EH.b T+(I)+CR+TC+C+AT+R25.EH+RF
- QB12.R.EH.c T+(I)+CR+TC+C+AT+R30.EH+RF
- QB12.R.EA.a T+(I)+CR+TC+C+AT+R20.EA+RF
- QB12.R.EA.b T+(I)+CR+TC+C+AT+R25.EA+RF
- QB12.R.EA.c T+(I)+CR+TC+C+AT+R30.EA+RF
- QB12.R.SE.a T+(I)+CR+TC+C+AT+R20.SE+RF
- QB12.R.SE.b T+(I)+CR+TC+C+AT+R25.SE+RF
- QB12.R.SE.c T+(I)+CR+TC+C+AT+R30.SE+RF
- QB12.L.a T+(I)+CR+TC+C+AT+L20+RF
- QB12.L.b T+(I)+CR+TC+C+AT+L25+RF
- QB12.L.c T+(I)+CR+TC+C+AT+L30+RF

Para conocer los componentes y descifrar la codificación de este tipo de cubierta ver los apartados 4.1 y 4.2 de este manual.

Figura 4.7. Alero de una cubierta QB12

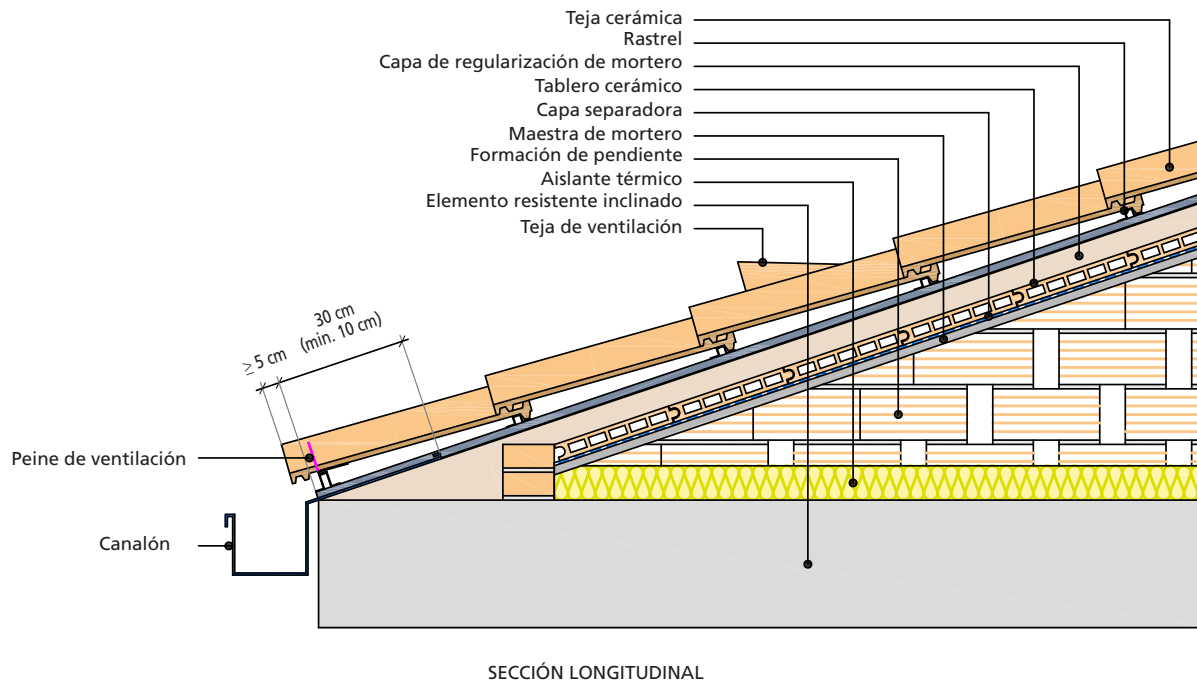
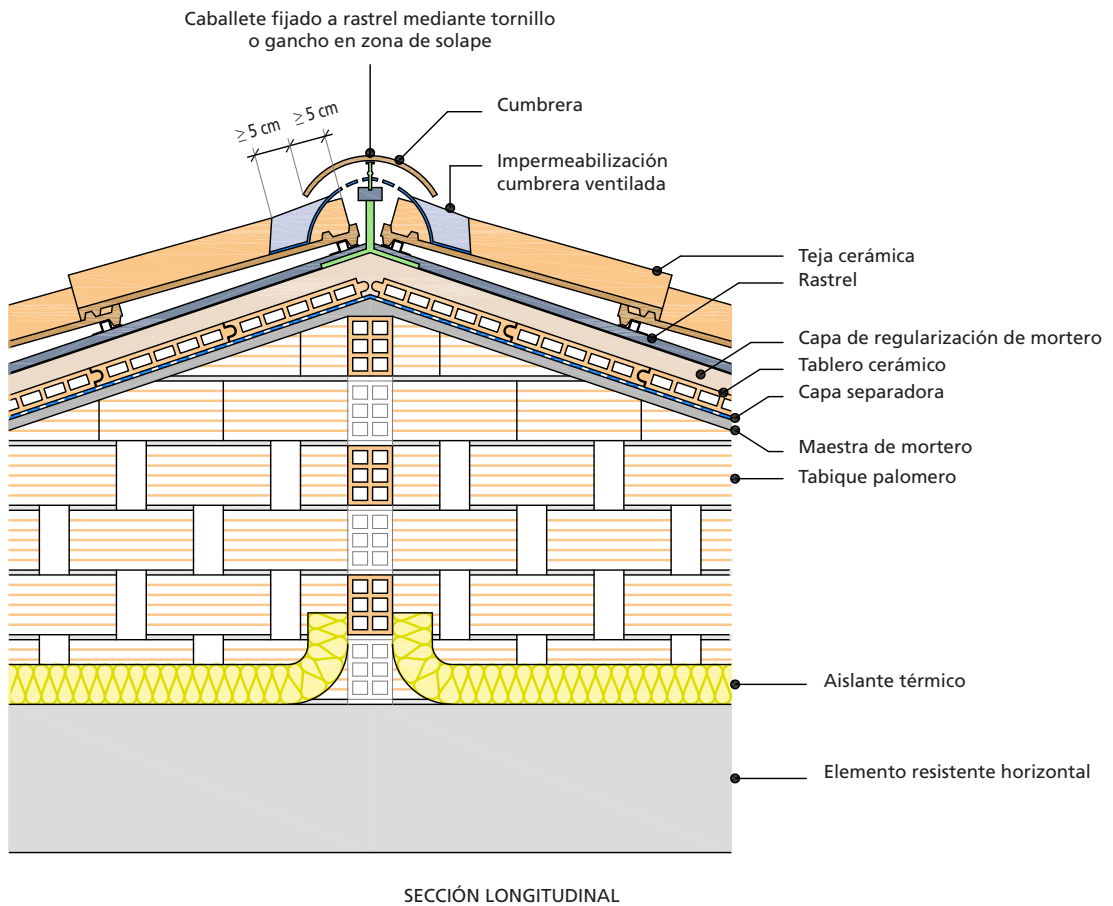
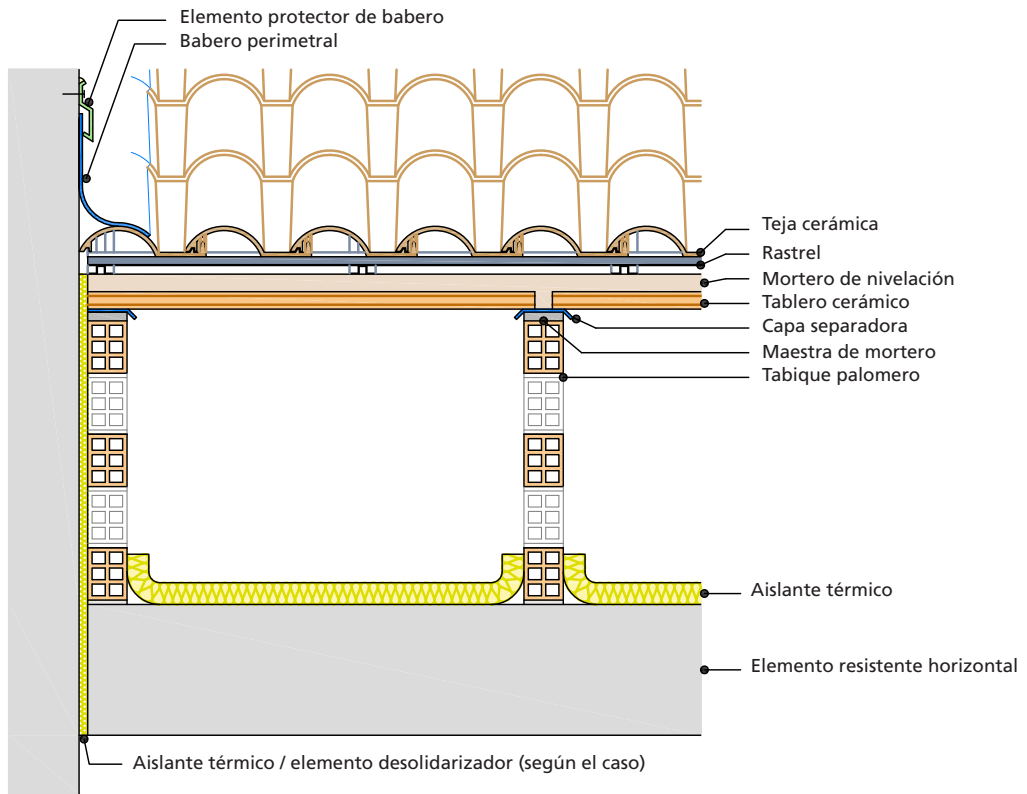


Figura 4.8. Cumbre de una cubierta QB12

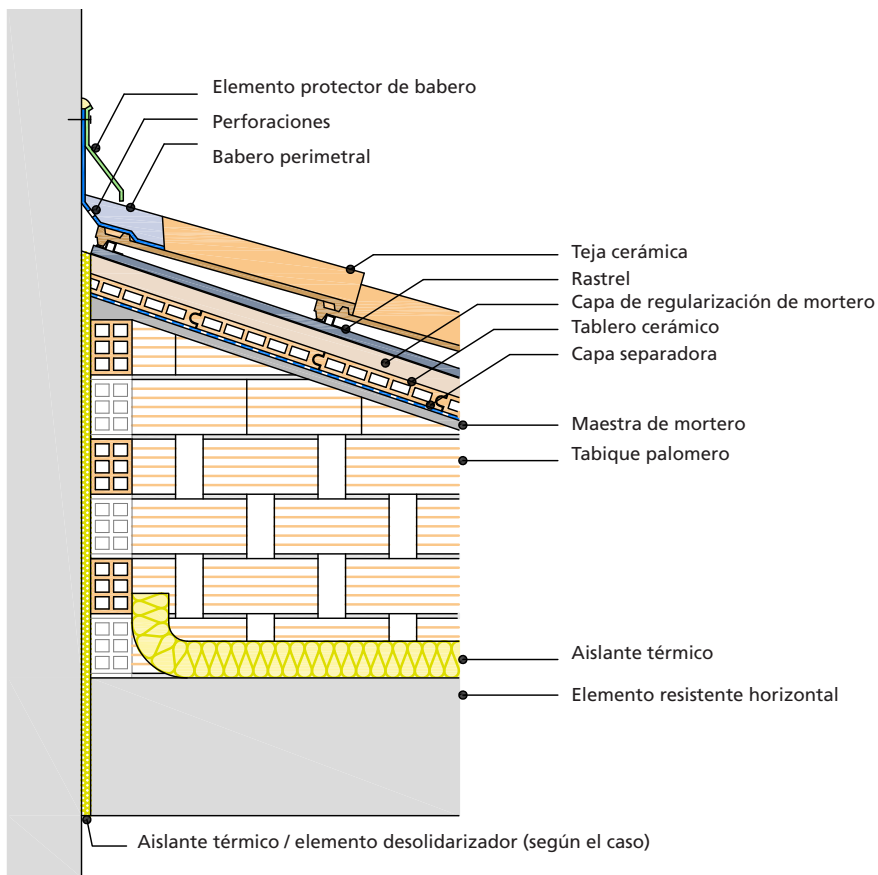




Figuras 4.9. Encuentros de una cubierta QB12 con un paramento vertical



SECCIÓN TRANSVERSAL



SECCIÓN LONGITUDINAL

### 4.3.2 Cubiertas sobre viguetas autoportantes

**QB13: Inclinada, no ventilada, convencional e invertida, con tablero cerámico sencillo sobre vigas o cerchas, con tejado**

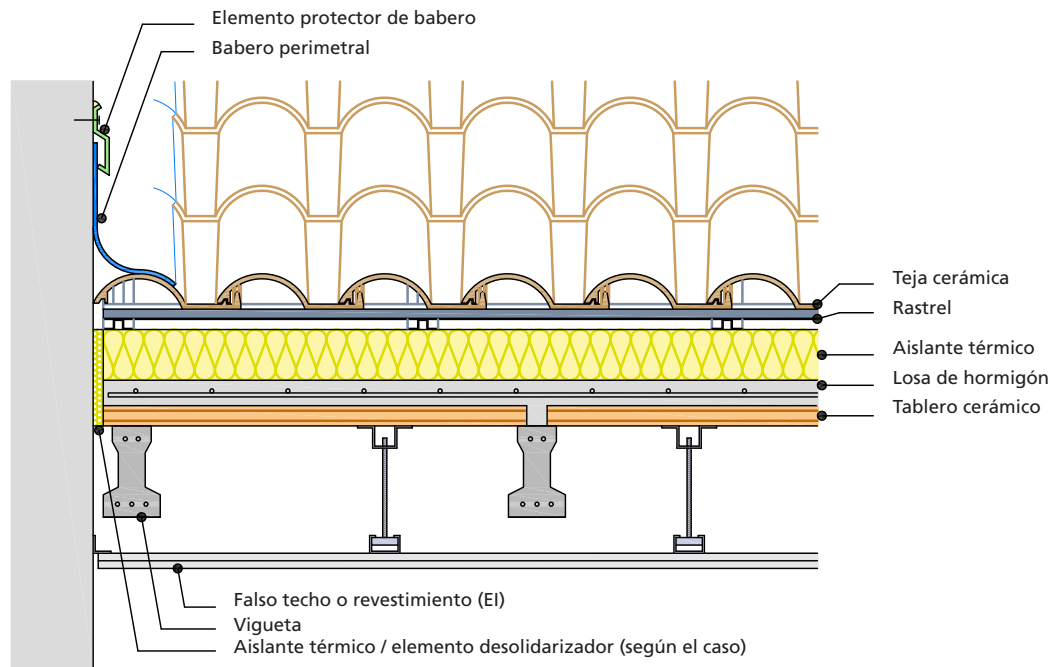


T+(CS)+(I)+(CS)+AT+(B)+CR+TC+RF

T+AT+(CS)+(I)+(CS)+CR+TC+RF

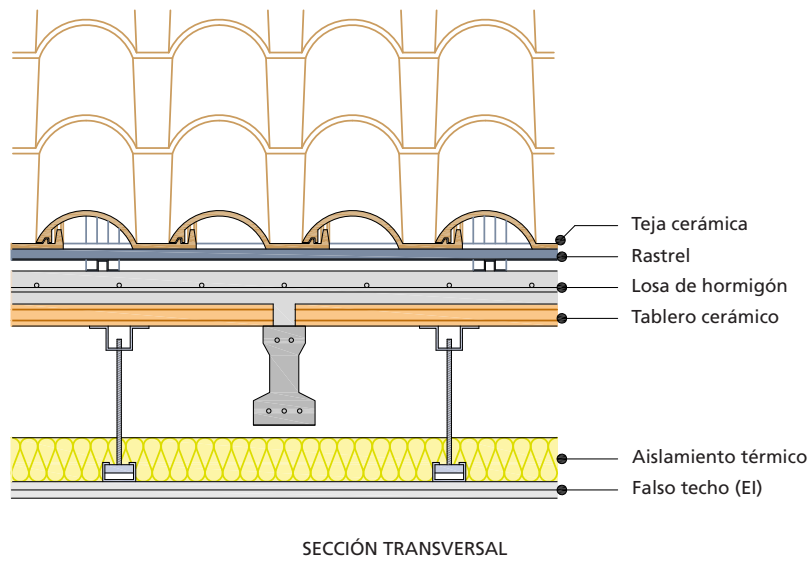
Para conocer los componentes y descifrar la codificación de este tipo de cubierta ver los apartados 4.1 y 4.2 de este manual.

**Figura 4.10. Encuentro de una cubierta QB13 con un paramento vertical**



SECCIÓN TRANSVERSAL

**Figura 4.11. Cubierta QB13 con el aislante térmico en el falso techo**



**Figura 4.12. Cumbre de una cubierta QB13**

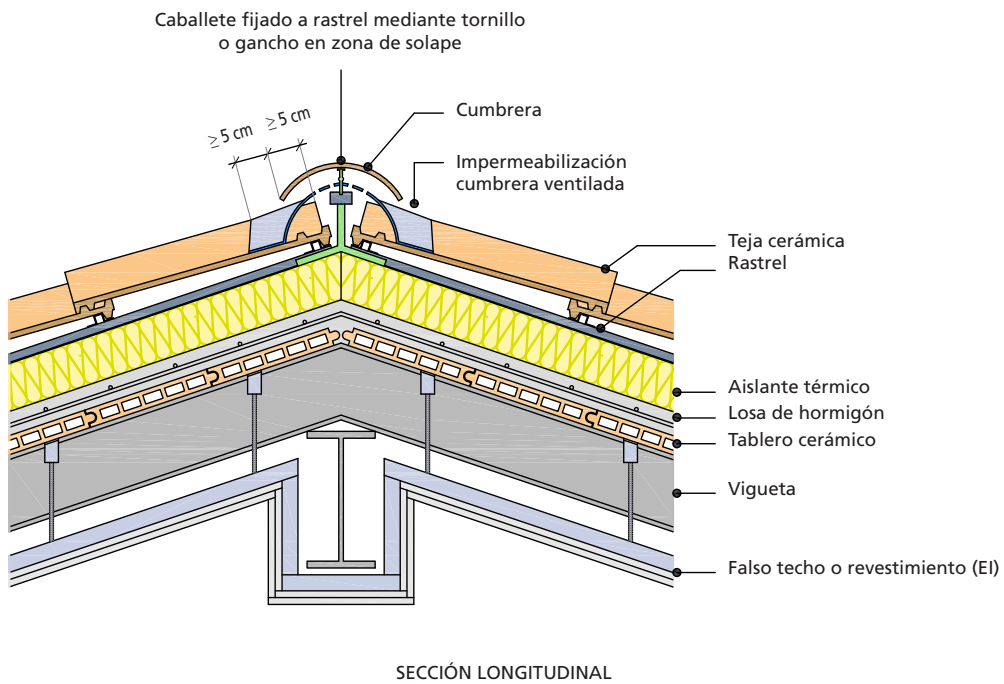


Figura 4.13. Alero de una cubierta QB13

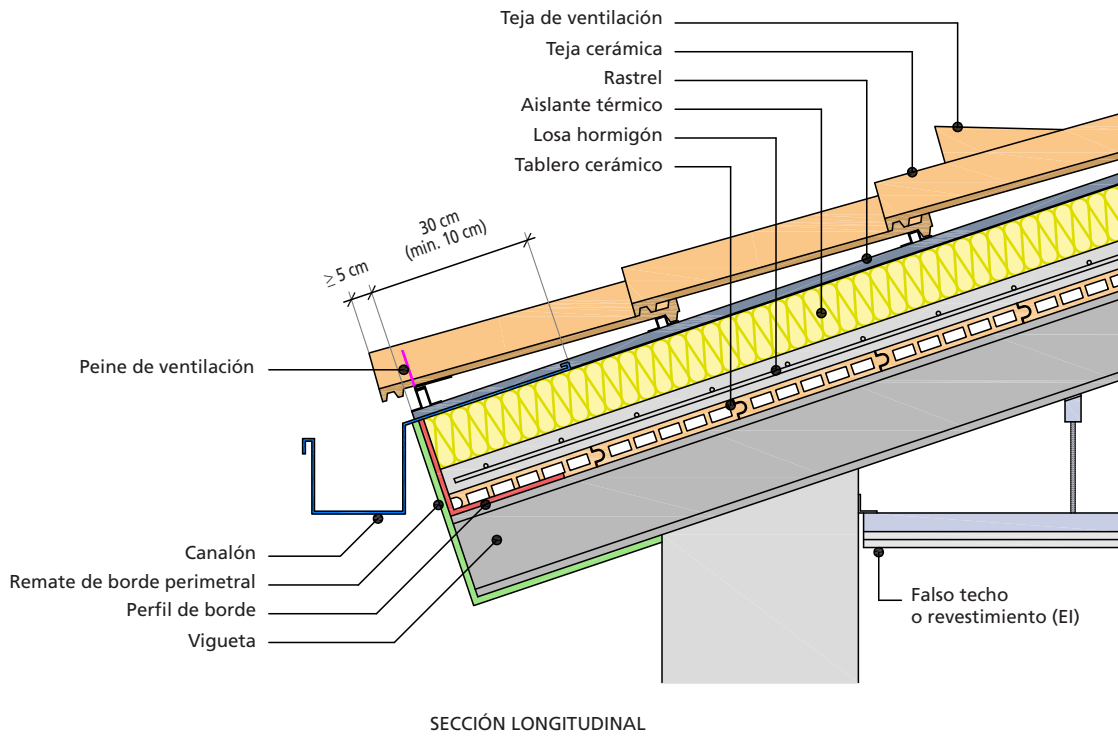
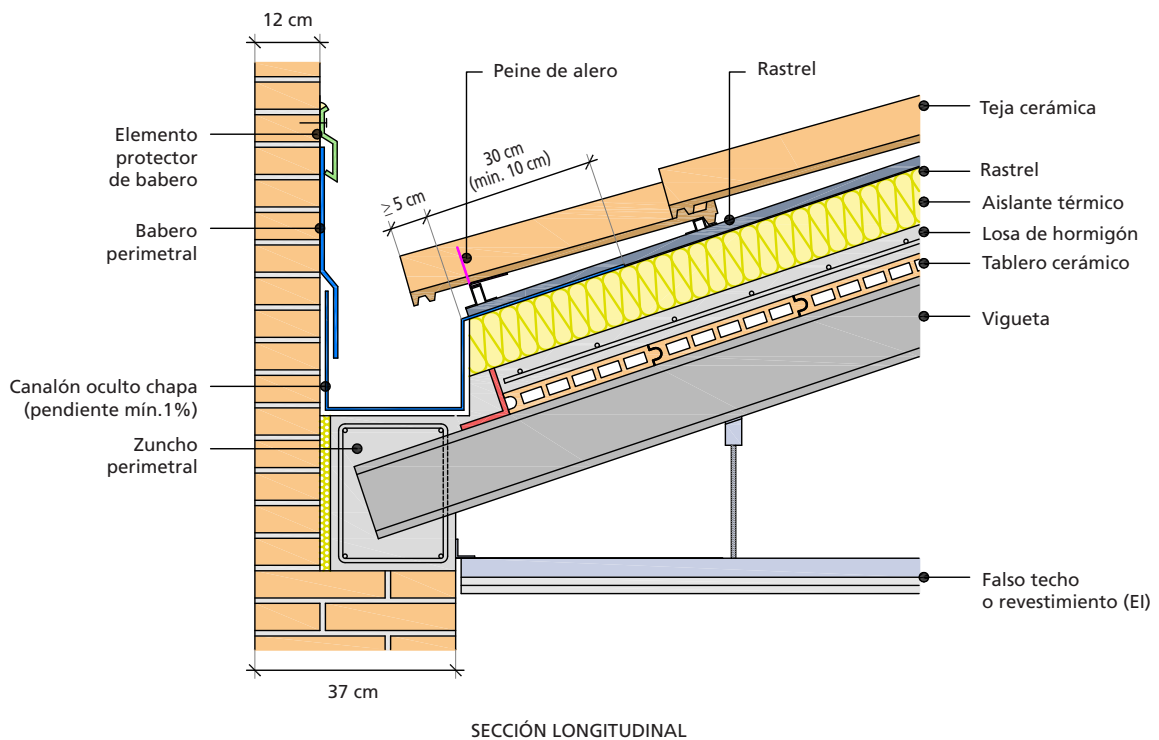
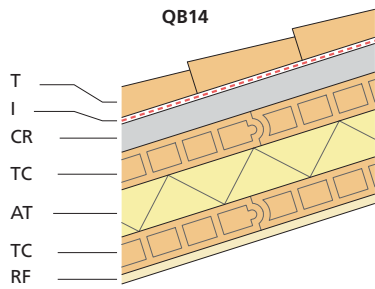


Figura 4.14. Alero de una cubierta QB13 en el encuentro con un paramento vertical



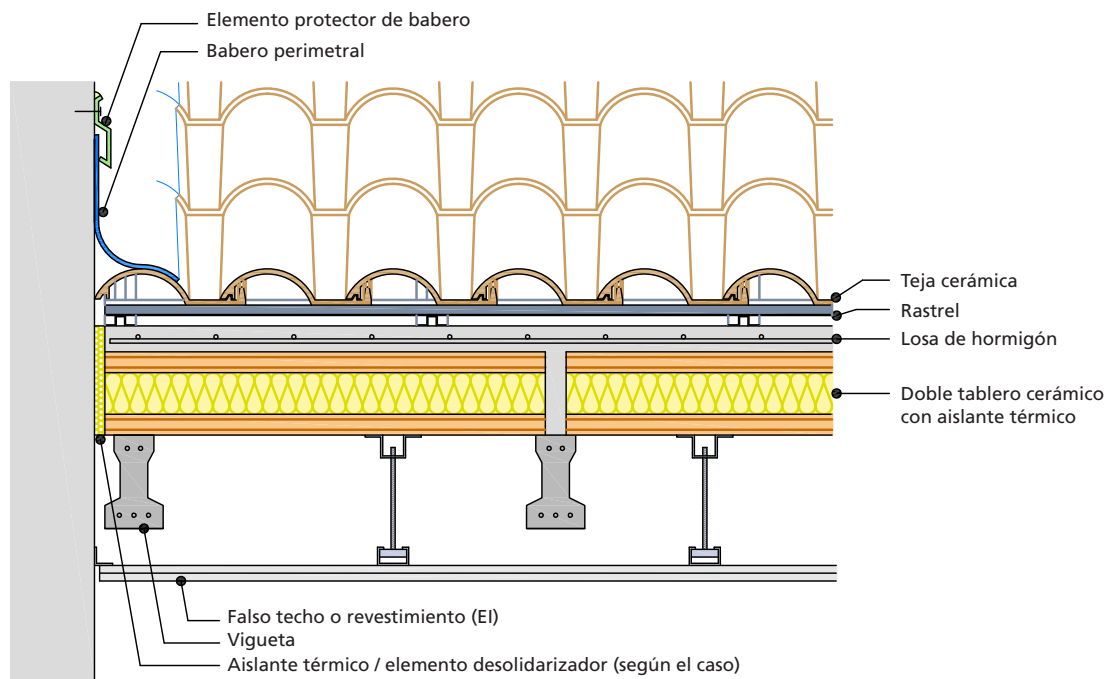
**QB14: Inclinada, no ventilada, convencional, con doble tablero cerámico sobre vigas o cerchas, con tejado**



T+(I)+CR+TC+AT+TC+RF

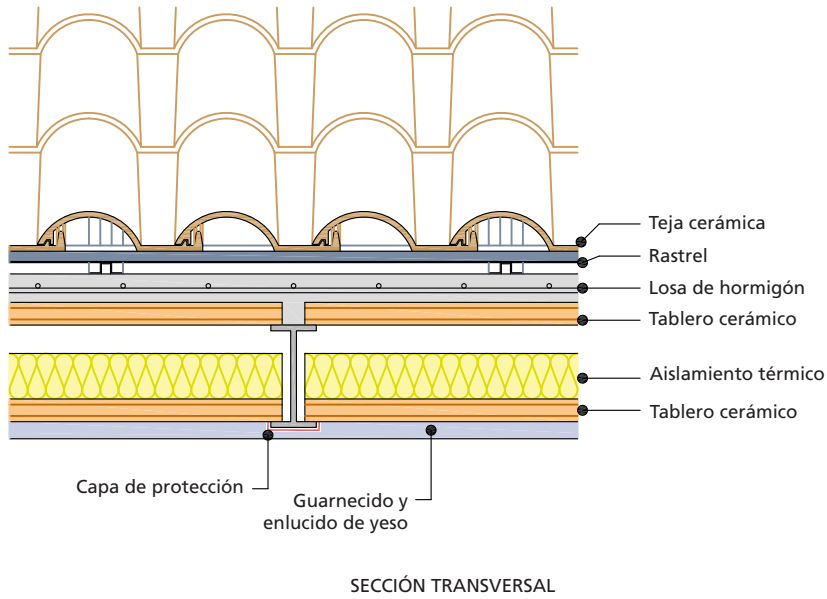
Para conocer los componentes y descifrar la codificación de este tipo de cubierta ver los apartados 4.1 y 4.2 de este manual.

**Figura 4.15. Encuentro de una cubierta QB14 con un paramento vertical**



SECCIÓN TRANSVERSAL

**Figura 4.16.** Cubierta QB14 con un tablero formando el soporte resistente de la cubierta y otro apoyado sobre el ala inferior de la vigueta metálica a modo de falso techo



**Figura 4.17.** Cumbre de una cubierta QB14

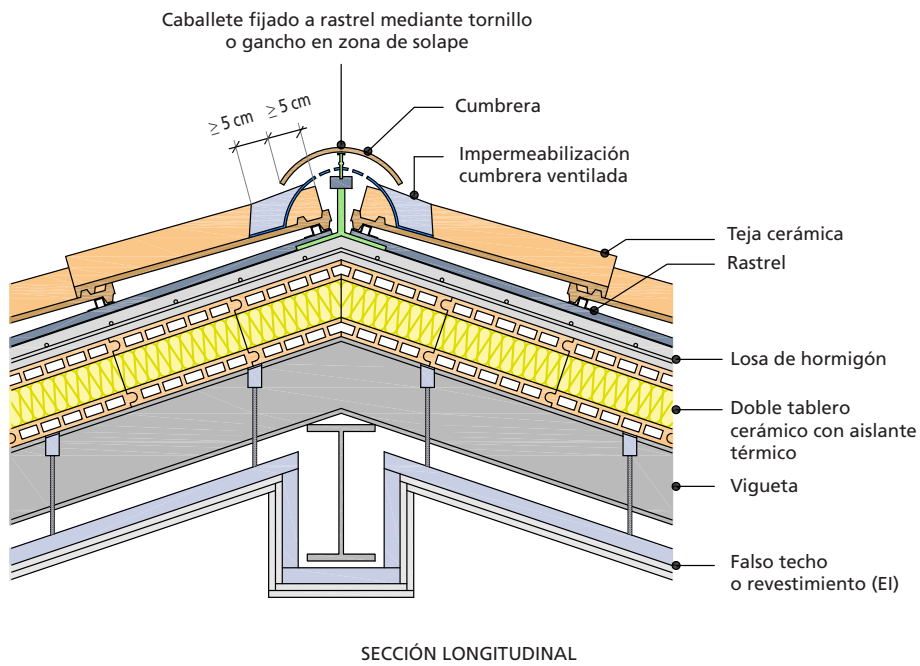


Figura 4.18. Alero de una cubierta QB14

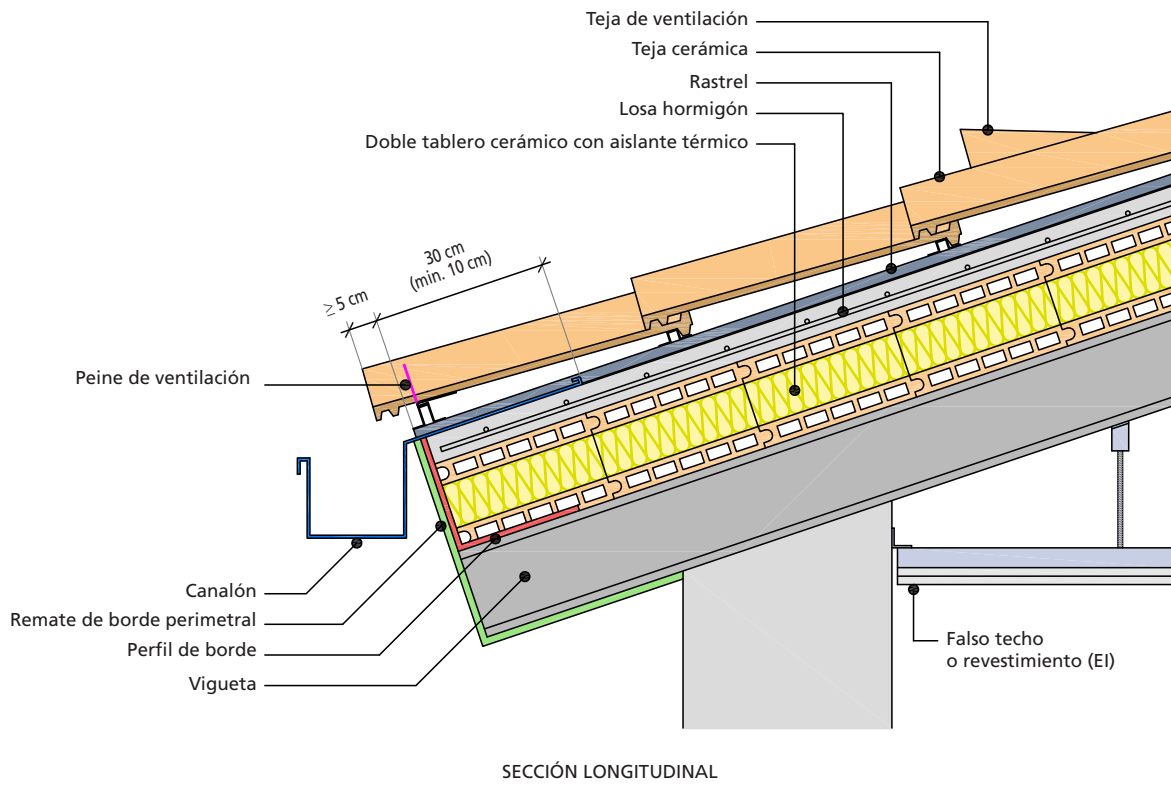
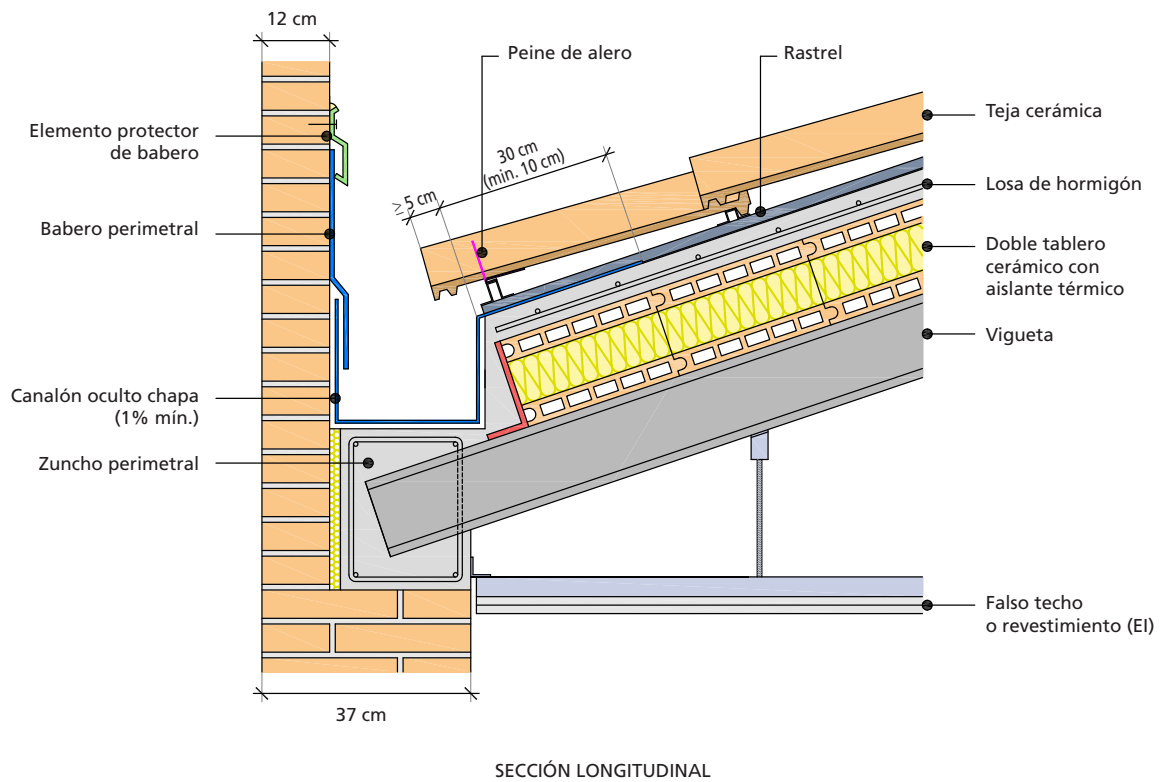
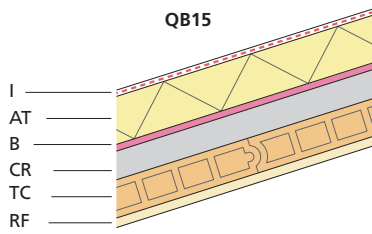


Figura 4.19. Alero de una cubierta QB14 en el encuentro con un paramento vertical



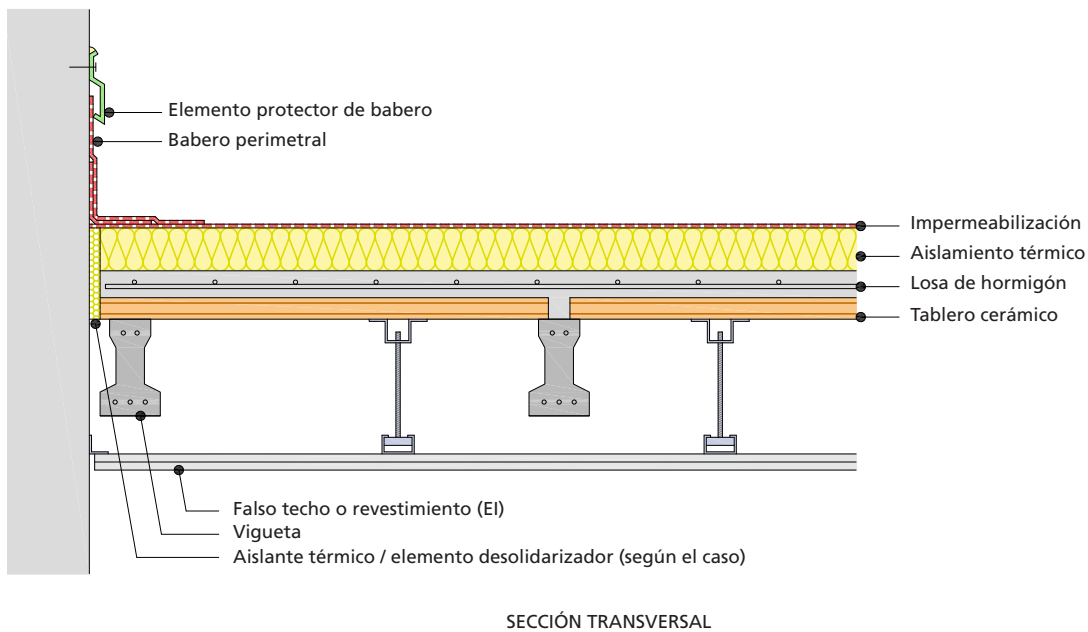
**QB15: Inclinada, no ventilada, convencional, con tablero cerámico sobre vigas o cerchas, autoprotégida**



I+AT+(B)+CR+TC+RF

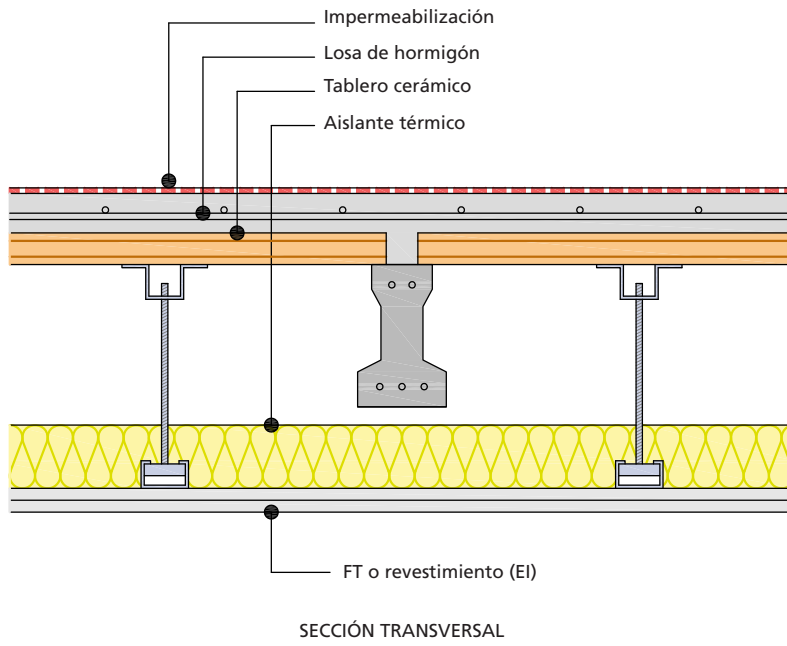
Para conocer los componentes y descifrar la codificación de este tipo de cubierta ver los apartados 4.1 y 4.2 de este manual.

**Figura 4.20. Encuentro de una cubierta QB15 con un paramento vertical**

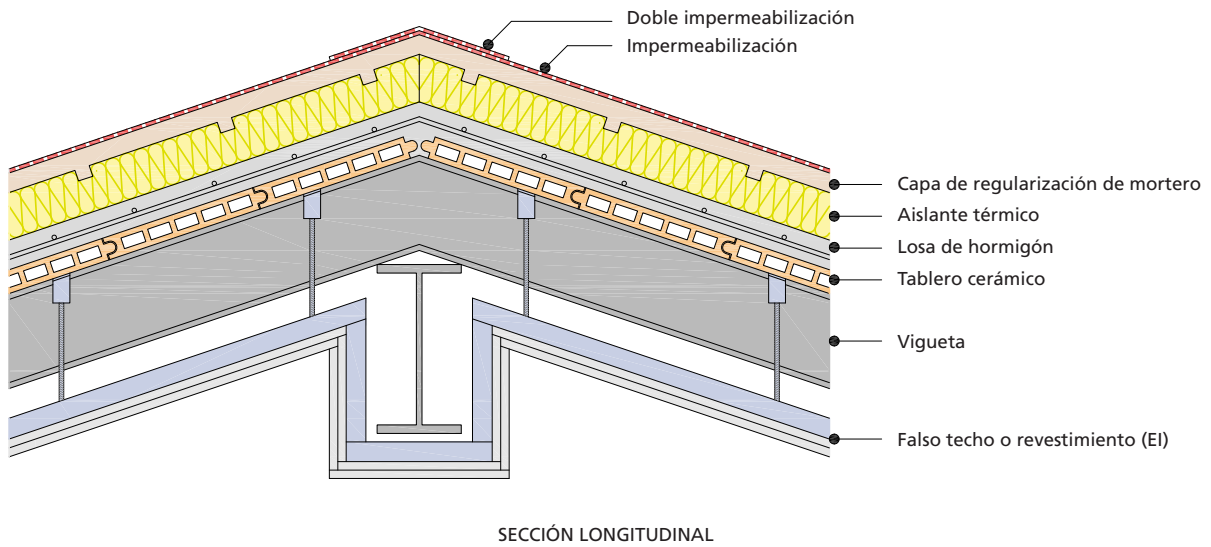




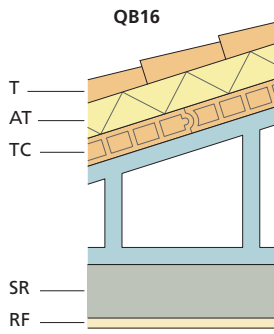
**Figura 4.21. Cubierta QB15 con aislamiento térmico en el falso techo**



**Figura 4.22. Cumbre de una cubierta QB15**



**QB16: Inclinada, ventilada, con tablero cerámico sobre perfiles, con tejado**



T+AT+(I)+TC+P+SR+RF

Para conocer los componentes y descifrar la codificación de este tipo de cubierta ver los apartados 4.1 y 4.2 de este manual.

**Figura 4.23. Alero de una cubierta QB16**

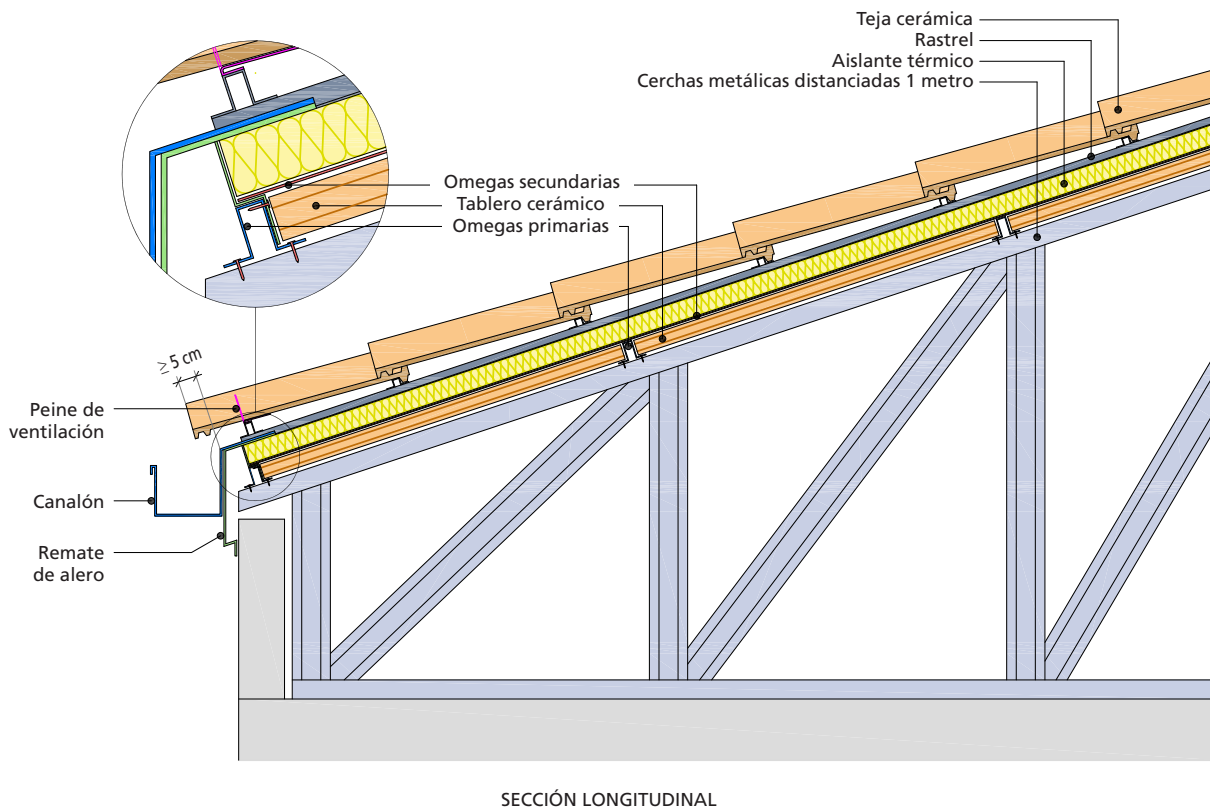
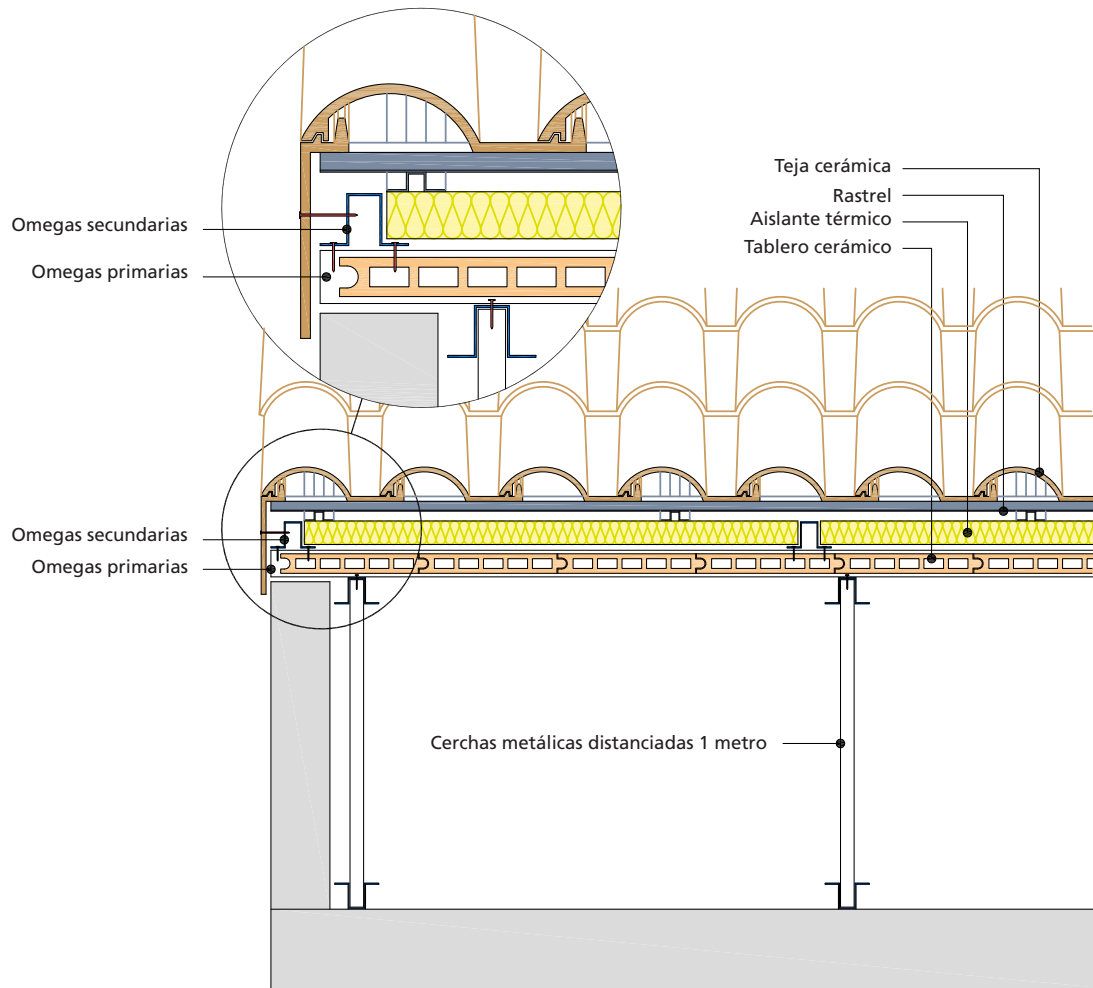


Figura 4.24. Encuentro de una cubierta QB16 con un paramento vertical



SECCIÓN TRANSVERSAL



# 5

## Diseño de cubiertas con tablero cerámico

### 5.1 EXIGENCIAS REGLAMENTARIAS DE LAS CUBIERTAS

En este apartado se detalla el ámbito de aplicación, se determinan las exigencias básicas de cada requisito del CTE que afectan al diseño de las cubiertas, así como las especificaciones y limitaciones de los Documentos Básicos correspondientes, y los datos de partida que las condicionan. Asimismo, se desarrolla el procedimiento general de diseño a seguir, en el que aparecen todos los Documentos Básicos que se deben aplicar en un secuencia lógica de verificaciones.

#### 5.1.1 DB SE: Seguridad estructural

##### ÁMBITO DE APLICACIÓN

Se aplica a cualquier cubierta.

##### EXIGENCIAS

Las exigencias que afectan a las cubiertas son las mismas que afectan a cualquier elemento estructural:

- SE 1: Resistencia y estabilidad.
- SE 2: Aptitud de servicio.

La verificación de las exigencias de seguridad estructural para los soportes resistentes de las cubiertas debe realizarse de manera global, con un cálculo estructural que tenga en cuenta todo el edificio.

#### 5.1.2 DB SI: Seguridad en caso de incendio

##### ÁMBITO DE APLICACIÓN

Se aplica generalmente a cualquier cubierta.

##### EXIGENCIAS

SI 1. Propagación interior. Se limitará el riesgo de propagación de incendio por el interior del edificio.

SI 2. Propagación exterior. Se limitará el riesgo de propagación de incendio por el exterior, tanto en el edificio considerado como a otros edificios.

SI 6. Resistencia al fuego de la estructura. La estructura portante mantendrá su resistencia al fuego durante el tiempo necesario para que puedan cumplirse las exigencias básicas de SI 1 a SI 5.

Las exigencias SI 3 “Evacuación de ocupantes”, SI 4 “Instalaciones de protección contra incendios” y SI 5 “Intervención de bomberos” no afectan directamente al elemento constructivo considerado, aunque sí de forma global al edificio.

### DATOS DE PARTIDA

- La posible utilización de la cubierta para el desarrollo de alguna actividad sobre ella.
- La utilización o no de la cubierta para la evacuación.
- La existencia o no de un encuentro de la cubierta con un elemento vertical de compartimentación de un sector de incendio o de un local de riesgo especial alto o con una medianería.
- La existencia o no de encuentros entre la cubierta y una fachada que pertenezca a un sector de incendio o edificio diferente.
- Uso del sector o la zona del edificio sobre la que se encuentra la cubierta.
- Altura de evacuación del edificio.

### ESPECIFICACIONES

#### DB SI 1 Propagación interior

En el caso de que la cubierta esté destinada a alguna actividad o esté previsto que vaya a ser utilizada en evacuación, precisa de una función de compartimentación de incendios similar a la de las particiones interiores horizontales.

Si separa sectores colindantes, se considera que su resistencia al fuego es suficiente si alcanza la clase indicada en la tabla 1.2 del DB SI 1 del CTE.

**DB SI 1 Tabla 1.2 Resistencia al fuego de los techos que delimitan sectores de incendio**

Elemento	Resistencia al fuego <sup>(1) (2)</sup>			
	Sector bajo rasante	Sector sobre rasante en edificio con altura de evacuación:		
		h ≤ 15 m	15 m < h ≤ 28 m	h > 28 m
Techos <sup>(3)</sup> que separan al sector considerado del resto del edificio, siendo su uso previsto: <sup>(4)</sup>				
— Sector de riesgo mínimo en edificio de cualquier uso	(no se admite)	EI 120	EI 120	EI 120
— Residencial Vivienda, Residencial Público, Docente, Administrativo	EI 120	EI 60	EI 90	EI 120
— Comercial, Pública Concurrencia, Hospitalario	EI 120 <sup>(5)</sup>	EI 90	EI 120	EI 180
— Aparcamiento <sup>(3)</sup>	EI 120 <sup>(6)</sup>	EI 120	EI 120	EI 120

<sup>(1)</sup> Considerando la acción del fuego en el interior del sector, excepto en el caso de los sectores de riesgo mínimo, en los que únicamente es preciso considerarla desde el exterior del mismo.

Un elemento delimitador de un sector de incendios puede precisar una resistencia al fuego diferente al considerar la acción del fuego por la cara opuesta, según cual sea la función del elemento por dicha cara: compartimentar una zona de riesgo especial, una escalera protegida, etc.

<sup>(2)</sup> Como alternativa puede adoptarse el tiempo equivalente de exposición al fuego.

<sup>(3)</sup> Cuando el techo separe de una planta superior debe tener al menos la misma resistencia al fuego que se exige en las paredes, pero con la característica REI en lugar de EI, al tratarse de un elemento portante y compartimentador de incendios. En cambio, cuando sea una cubierta no destinada a actividad alguna, ni prevista para ser utilizada en evacuación, no precisa tener una función compartimentadora de incendios, por lo que sólo debe aportar la resistencia al fuego R que le corresponda como elemento estructural, excepto en las franjas a las que hace referencia SI 2.

<sup>(4)</sup> La resistencia al fuego del suelo es función del uso al que esté destinada la zona existente en la planta inferior.

<sup>(5)</sup> El 180 si la altura de evacuación del edificio es mayor que 28 m.

<sup>(6)</sup> El 180 si es un aparcamiento robotizado.

En el caso de elementos que delimitan locales de riesgo especial integrados en los edificios, se considera que su resistencia al fuego es suficiente si alcanza la clase indicada en la tabla 2.2 del DB SI 1 del CTE.

**DB SI 1 Tabla 2.2** Condiciones de riesgo especial integradas en edificios

Característica <sup>(1)</sup>	Riesgo especial bajo	Riesgo especial medio	Riesgo especial alto
Resistencia al fuego de los techos que separan la zona del resto del edificio <sup>(2)</sup>	EI 90	EI 120	EI 180

<sup>(1)</sup> El tiempo de resistencia al fuego no debe ser menor del establecido para la estructura portante del conjunto del edificio, de acuerdo con SI 6, excepto cuando la zona se encuentre bajo una cubierta no prevista para la evacuación y cuyo fallo no suponga riesgo para la estabilidad de las otras plantas ni para la compartimentación contra incendios, en cuyo caso puede ser R 30.

<sup>(2)</sup> Considerando la acción del fuego en el interior del recinto. La resistencia al fuego del suelo es función del uso al que esté destinada la zona existente en la planta inferior.

En caso de no darse las siguientes condiciones, es decir, que la cubierta no esté destinada a actividad alguna ni esté prevista para ser utilizada en evacuación, no precisa tener una función de compartimentación de incendios, por lo que sólo debe aportar la resistencia al fuego R que le corresponda como elemento estructural, excepto en las franjas que se señalan para cumplir frente a propagación exterior.

Dependiendo del uso de la zona colindante a la cubierta considerada, la superficie de acabado interior debe tener una clase de reacción al fuego igual o mejor que la establecida en la tabla 4.1 del DB SI 1 del CTE.

**DB SI 1 Tabla 4.1** Clases de reacción al fuego de los elementos constructivos

Situación del elemento	Revestimientos <sup>(1)</sup>
	Techos <sup>(2) (3)</sup>
Zonas ocupables, excluido el interior de viviendas <sup>(4)</sup>	C-s2,d0
Pasillos y escaleras protegidos	B-s1,d0
Aparcamientos y recintos de riesgo especial	B-s1,d0
Espacios ocultos no estancos: Falsos techos, suelos elevados, etc.	B-s3,d0

<sup>(1)</sup> Siempre que superen el 5% de las superficies totales del conjunto de los techos o del conjunto de los suelos del recinto considerado.

<sup>(2)</sup> Incluye las tuberías y conductos que transcurren por las zonas que se indican sin recubrimiento resistente al fuego. Cuando se trate de tuberías con aislamiento térmico lineal, la clase de reacción al fuego será la que se indica, pero incorporando el subíndice L.

<sup>(3)</sup> Incluye a aquellos materiales que constituyan una capa contenida en el interior del techo o pared y que no esté protegida por una capa que sea EI 30 como mínimo.

<sup>(4)</sup> Incluye, tanto las de permanencia de personas, como las de circulación que no sean protegidas. En uso Hospitalario se aplicarán las mismas condiciones que en pasillos y escaleras protegidos.

## DB SI 2 Propagación exterior

Con el fin de limitar el riesgo de propagación exterior del incendio por la cubierta, ya sea entre dos edificios colindantes, ya sea en un mismo edificio, esta tendrá una resistencia al fuego REI 60, como mínimo, en una franja de 0,50 m de anchura medida desde el edificio colindante, así como en una franja de 1 m de anchura situada sobre el encuentro con la cubierta de todo elemento compartimentador de un sector de incendio o de un local de riesgo especial alto. Como alternativa a la condición anterior puede optarse por prolongar la medianería o el elemento compartimentador 0,60 m por encima del acabado de la cubierta.

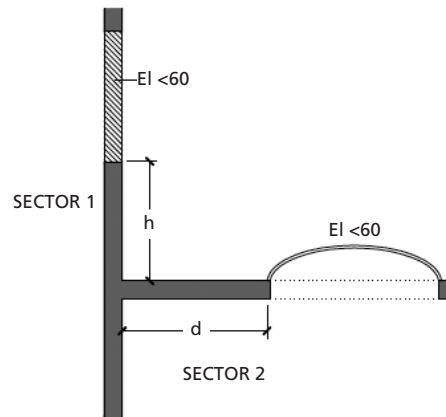
En el encuentro entre una cubierta y una fachada que pertenezcan a sectores de incendio o a edificios diferentes, la altura h sobre la cubierta a la que deberá estar cualquier zona de fachada cuya resistencia al fuego no sea al menos EI 60, será la que se indica a continuación, en función de

la distancia  $d$  de la fachada, en proyección horizontal, a la que esté cualquier zona de la cubierta cuya resistencia al fuego tampoco alcance dicho valor.

**DB SI 2 Tabla.** Distancia y altura mínima permitida para los elementos con una  $EI < 60$  en el encuentro de una cubierta con una fachada pertenecientes a diferentes sectores de incendio

$d$ (m)	$\geq 2,50$	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

**DB SI 2 Figura 2.1** Encuentro cubierta-fachada



Los materiales que ocupen más del 10% del revestimiento o acabado exterior de las zonas de cubierta situadas a menos de 5 m de distancia de la proyección vertical de cualquier zona de fachada, del mismo o de otro edificio, cuya resistencia al fuego no sea al menos EI 60, incluida la cara superior de los voladizos cuyo saliente exceda de 1 m, así como los lucernarios, claraboyas y cualquier otro elemento de iluminación o ventilación, deben pertenecer a la clase de reacción al fuego B ROOF (t1).

### DB SI 6 Resistencia al fuego de la estructura

Se considera que la resistencia al fuego de la cubierta es suficiente si:

- Alcanza la clase indicada en la tabla 3.1 o 3.2 del DB SI 6 del CTE que representa el tiempo en minutos de resistencia ante la acción representada por la curva normalizada tiempo-temperatura, o
- Soporta dicha acción durante el tiempo equivalente de exposición al fuego.



**DB SI 6 Tabla 3.1 Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales**

Uso del sector de incendio considerado <sup>(1)</sup>	Plantas de sótano	Plantas sobre rasante		
		Altura de evacuación del edificio		
		<15 m	< 28 mh	≥ 28 m
Vivienda unifamiliar <sup>(2)</sup>	R 30	R 30	—	—
Residencial Vivienda, Residencial Público, Docente, Administrativo	R 120	R 60	R 90	R 120
Comercial, Pública Concurrencia, Hospitalario	R 120 <sup>(3)</sup>	R 90	R 120	R 180
Aparcamiento (edificio de uso exclusivo o situado sobre otro uso)	R 90			
Aparcamiento (situado bajo un uso distinto)	R 120 <sup>(4)</sup>			

<sup>(1)</sup> La resistencia al fuego suficiente de un suelo es la que resulte al considerarlo como techo del sector de incendio situado bajo dicho suelo.

<sup>(2)</sup> En viviendas unifamiliares agrupadas o adosadas, los elementos que formen parte de la estructura común tendrán la resistencia al fuego exigible a edificios de uso Residencial Vivienda.

<sup>(3)</sup> R 180 si la altura de evacuación del edificio excede de 28 m.

<sup>(4)</sup> R 180 cuando se trate de aparcamientos robotizados.

**DB SI 6 Tabla 3.2 Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales de zonas de riesgo especial integradas en los edificios <sup>(1)</sup>**

Riesgo especial bajo	R 90
Riesgo especial medio	R 120
Riesgo especial alto	R 180

<sup>(1)</sup> No será inferior al de la estructura portante de la planta del edificio excepto cuando la zona se encuentre bajo una cubierta no prevista para evacuación y cuyo fallo no suponga riesgo para la estabilidad de otras plantas ni para la compartimentación contra incendios, en cuyo caso puede ser superior a R 30.

La resistencia al fuego R de los elementos estructurales de un suelo de una zona de riesgo especial es función del uso del espacio existente bajo dicho suelo.

### 5.1.3 DB SUA: Seguridad de utilización y accesibilidad

#### ÁMBITO DE APLICACIÓN

Se aplica a las cubiertas transitables, pero la exigencia de resbaladicidad afecta únicamente al pavimento.

#### EXIGENCIA

No influyen en el diseño y cálculo de las cubiertas, excepto en cuanto a la resbaladicidad de los pavimentos de cubiertas transitables.

### 5.1.4 DB HS: Salubridad

#### ÁMBITO DE APLICACIÓN

Se aplica a cualquier cubierta.

## EXIGENCIA

HS 1. Protección frente a la humedad. Se limitará el riesgo previsible de presencia inadecuada de agua o humedad en el interior de los edificios y en sus cerramientos como consecuencia del agua procedente de precipitaciones atmosféricas, de escorrentías, del terreno o de condensaciones, disponiendo medios que impidan su penetración o, en su caso permitan su evacuación sin producción de daños.

## ESPECIFICACIONES

### DB HS 1: Protección frente a la humedad

#### *Grado de impermeabilidad*

Para las cubiertas el grado de impermeabilidad exigido es único e independiente de factores climáticos. Cualquier solución constructiva alcanza este grado de impermeabilidad siempre que se cumplan las condiciones indicadas a continuación.

Las cubiertas deben disponer de los elementos siguientes:

- a) un sistema de formación de pendientes cuando la cubierta sea plana o cuando sea inclinada y su soporte resistente no tenga la pendiente adecuada al tipo de protección y de impermeabilización que se vaya a utilizar.
- b) una barrera contra el vapor inmediatamente por debajo del aislante térmico cuando, según el cálculo descrito en el DB HE 1 del CTE, se prevea que vayan a producirse condensaciones en dicho elemento.
- c) una capa separadora bajo aislante térmico, cuando deba evitarse el contacto entre materiales químicamente incompatibles.
- d) un aislante térmico, según se determine en el DB HE 1 del CTE.
- e) una capa separadora bajo la capa de impermeabilización, cuando deba evitarse el contacto entre materiales químicamente incompatibles o la adherencia entre la impermeabilización y el elemento que sirve de soporte en sistemas no adheridos.
- f) una capa de impermeabilización siempre que la cubierta sea plana o cuando sea inclinada y el sistema de formación de pendientes no tenga la pendiente exigida en la tabla 2.10 del DB HS 1 del CTE o el solapo de las piezas de la protección sea insuficiente.
- g) una capa separadora entre la capa de protección y la capa de impermeabilización, cuando:
  - i. deba evitarse la adherencia entre ambas capas.
  - ii. la impermeabilización tenga una resistencia pequeña al punzonamiento estático.
  - iii. se utilice como capa de protección solado flotante colocado entre soportes, grava, una capa de rodadura de hormigón, una capa de rodadura de aglomerado asfáltico dispuesta sobre una capa de mortero o tierra vegetal. En este último caso además debe disponerse inmediatamente por encima de la capa separadora, una capa drenante y sobre ésta una capa filtrante. En el caso de utilizarse grava la capa separadora debe ser antipunzonante.
- h) una capa separadora entre la capa de protección y el aislante térmico, cuando:
  - i. se utilice tierra vegetal como capa de protección. Además debe disponerse inmediatamente por encima de esta capa separadora, una capa drenante y sobre ésta una capa filtrante.
  - ii. la cubierta sea transitable para peatones. En este caso la capa separadora debe ser antipunzonante.
  - iii. se utilice grava como capa de protección. En este caso la capa separadora debe ser filtrante, capaz de impedir el paso de áridos finos y antipunzonante.
- i) una capa de protección, cuando la cubierta sea plana, salvo que la capa de impermeabilización sea autoprotegida.
- j) un tejado, cuando la cubierta sea inclinada, salvo que la capa de impermeabilización sea autoprotegida.
- k) un sistema de evacuación de agua, que puede constar de canalones, sumideros y rebosaderos, dimensionado según el cálculo descrito en el DB HS 1 del CTE.

#### *Pendientes mínimas*

El sistema de formación de pendientes en cubiertas planas debe tener una pendiente hacia los elementos de evacuación de agua incluida dentro de los intervalos que figuran en la tabla 2.9 del DB HS 1 del CTE en función del uso de la cubierta y del tipo de protección.

**DB HS 1 Tabla 2.9 Pendientes de cubiertas planas**

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

<sup>(1)</sup> Para rampas no se aplica la limitación de pendiente máxima.

El sistema de formación de pendientes en cubiertas inclinadas debe tener una pendiente hacia los elementos de evacuación de agua incluida dentro de los intervalos que figuran en la tabla 2.10 del DB HS 1 del CTE en función del tipo de tejado.

**DB HS 1 Tabla 2.10 Pendientes de cubiertas inclinadas**

			Pendiente mínima en %
Tejado <sup>(1)</sup>	Teja <sup>(2)</sup>	Teja curva	32
		Teja mixta y plana monocanal	30
		Teja plana marsellesa y alicantina	40
		Teja plana con encaje	50

<sup>(1)</sup> Para los sistemas y piezas de formato especial las pendientes deben establecerse de acuerdo con las correspondientes especificaciones de aplicación.

<sup>(2)</sup> Estas pendientes son para faldones menores a 6,5 m, una situación de exposición normal y una situación climática desfavorable; para condiciones diferentes a estas, se debe tomar el valor de la pendiente mínima establecida en norma UNE 136020 ("Tejas cerámicas. Código de buena práctica para el diseño y montaje de cubiertas con teja cerámica").

En caso de que no se cumplan los valores de pendientes mínimas de la tabla 2.10 del DB HS 1 del CTE será necesario disponer una lámina impermeable.

El solape de las piezas debe establecerse de acuerdo con la norma UNE 136020 "Tejas Cerámicas. Código de buena práctica para el diseño y el montaje de cubiertas con teja cerámica", en función de la pendiente del elemento que le sirve de soporte y de otros factores relacionados con la situación de la cubierta, tales como la zona climática en la que se encuentra y su grado de exposición (protegida, normal o expuesta). Asimismo, en dicha norma se establece la cantidad de piezas que debe fijarse al soporte para garantizar su estabilidad dependiendo del tipo de teja y de la pendiente de la cubierta.

## 5.1.5 DB HR: Protección frente al ruido

### ÁMBITO DE APLICACIÓN

Afecta a aquellas partes de la cubierta que delimiten recintos protegidos tales como habitaciones y estancias (dormitorios, comedores, bibliotecas, salones, etc.) en edificios residenciales; aulas, bibliotecas y despachos en edificios de uso docente; o quirófanos, habitaciones y salas de espera en edificios de uso sanitario.

No es de aplicación a edificios de uso comercial.

### EXIGENCIA

HR Protección frente al ruido. Los edificios se proyectarán, construirán y mantendrán de tal forma que los elementos constructivos que conforman sus recintos tengan unas características acústicas adecuadas para reducir la transmisión del ruido aéreo, del ruido de impactos y del ruido y vibraciones de las instalaciones propias del edificio, y para limitar el ruido reverberante de los recintos.

### DATOS DE PARTIDA

- Localización:
  - Valor del índice de ruido día,  $L_{d,r}$ , de la zona donde vaya a ubicarse el edificio o tipo de área acústica, obtenida a partir de datos oficiales.
  - Tipo de ruido predominante: Aeronaves o automóviles.
- Relativos al edificio:
  - Uso del edificio.
  - Tipo de recinto protegido receptor.

### ESPECIFICACIONES

#### Quantificación de las exigencias de aislamiento frente al ruido exterior

El aislamiento acústico a ruido aéreo,  $D_{2m,nT,Attr}$  entre un recinto protegido y el exterior no será menor que los valores indicados en la tabla 2.1 del DB HR del CTE, en función del uso del edificio y de los valores del índice de ruido día,  $L_d$  (definido en el Anexo I del Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre), de la zona donde se ubica el edificio.

El valor del índice de ruido día,  $L_{d,r}$  puede obtenerse en las administraciones competentes o mediante consulta de los mapas estratégicos de ruido. En el caso de que un recinto pueda estar expuesto a varios valores de  $L_{d,r}$  como por ejemplo un recinto en esquina, se adoptará el mayor valor.

Cuando no se disponga de datos oficiales del valor del índice de ruido día,  $L_{d,r}$  se aplicará el valor de 60 dBA para el tipo de área acústica relativo a sectores de territorio con predominio de suelo de uso residencial. Para el resto de áreas acústicas, se aplicará lo dispuesto en las normas reglamentarias de desarrollo de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

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

Uso del sector de incendio considerado <sup>(1)</sup>	Uso del edificio			
	Residencial y hospitalario		Cultural, sanitario <sup>(1)</sup> , docente, administrativo y religioso	
	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

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

Cuando en la zona donde se ubique el edificio el ruido exterior dominante sea el de aeronaves según se establezca en los mapas de ruido correspondientes, el valor de aislamiento acústico a ruido aéreo,  $D_{2m,nT,Atr}$  obtenido en la tabla 2.1 del DB HR del CTE se incrementará en 4 dBA.

### Quantificación de las exigencias de aislamiento frente al ruido interior

La cubierta también está afectada por las exigencias de aislamiento acústico interior entre dos unidades de uso diferentes. En este caso la cubierta actúa como un elemento de flanco y, por tanto, como una vía indirecta de transmisión del sonido entre los recintos. La solución constructiva de la cubierta deberá elegirse conjuntamente con el resto de elementos constructivos que conforman el recinto para satisfacer la exigencia de aislamiento entre unidades de uso.

En la siguiente tabla se recogen las exigencias de aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos exigidos por el DB HR del CTE. Para determinar los valores de aislamiento acústico a ruido interior que aplican en nuestro edificio, previamente debe zonificarse el edificio, identificarse las diferentes unidades de uso, y clasificarse los recintos, diferenciándose los recintos protegidos y los habitables.

Guía de aplicación DB HR Tabla 2.1.2.2. Exigencias de aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos

RECINTO EMISOR EXTERIOR A LA UNIDAD DE USO		RECINTOS DE UNA UNIDAD DE USO		
		Recinto receptor		
		Protegido Ruido aéreo, $D_{nT,A}$ (dBA)		Habitable Ruido aéreo, $D_{nT,A}$ (dBA)
Otros recintos del edificio (I)	Si ambos recintos no comparten puertas o ventanas	50		45
	Si ambos recintos comparten puertas o ventanas	Condiciones del cerramiento opaco y de la puerta o ventana $R_A$ (dBA)		
		Puerta o ventana en		Cerramiento opaco
		recinto protegido	recinto habitable (II)	
30	20	50		

(I) Siempre que este recinto no sea de instalaciones, de actividad o no habitable

(II) Solamente si se trata de edificios de uso residencial (público o privado) u hospitalario

**No hay exigencias de aislamiento acústico a ruido aéreo entre un recinto de una unidad de uso y un recinto no habitable.**

RECINTO EMISOR		RECINTOS RECEPTORES	
		Recinto receptor	
		Protegido Ruido aéreo, $D_{nT,A}$ (dBA)	Habitable Ruido aéreo, $D_{nT,A}$ (dBA)
De instalaciones o de actividad	Si ambos recintos no comparten puertas	55 <sup>(III)</sup>	45
	Si ambos recintos comparten puertas	Condiciones del cerramiento opaco y de la puerta $R_A$ (dBA)	
		Puerta en recinto habitable	Cerramiento opaco
30	50		

(III) Un recinto de instalaciones o de actividad no puede tener puertas que den acceso directamente a los recintos protegidos del edificio

## 5.1.6 DB HE: Ahorro de energía

### ÁMBITO DE APLICACIÓN

Las exigencias afectan sólo a aquellas partes de la cubierta que formen parte de la envolvente térmica, es decir, que estén en contacto con espacios habitables.

Se han considerado los locales con una clase de higrometría 3 o inferior.

### EXIGENCIA

El objetivo del requisito básico “Ahorro de energía” establecido en el DB HE del CTE, consiste en conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo, y conseguir que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable, todo ello como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

Se establece una limitación al consumo de energía primaria no renovable para los servicios de calefacción, refrigeración y ACS, que se recoge en el DB HE 0 del CTE, y una limitación a la demanda energética de calefacción y de refrigeración del edificio, que se recoge en el DB HE 1 del CTE. Únicamente en edificios de uso residencial privado y con el fin de evitar descompensaciones, el DB HE 1 del CTE establece unos valores límites de transmitancia térmica límite de las cubiertas y suelos que forman parte de la envolvente del edificio, en función de la zona climática en la que se encuentre el edificio.

### DATOS DE PARTIDA

A partir de la entrada en vigor del DB HE del año 2013, ya no es posible verificar el cumplimiento de las exigencias térmicas mediante el empleo de un método simplificado basado en tablas, sino que para la verificación de las exigencias, es necesario realizar el cálculo del consumo de energía primaria y de la demanda energética del edificio empleando un software con un procedimiento de cálculo acorde a las especificaciones establecidas en el apartado 5 del DB HE del CTE.

El Ministerio de Fomento ha puesto a disposición una herramienta gratuita que permite llevar a cabo la verificación de las exigencias establecidas en el DB HE 0 y el DB HE 1 del CTE. Dicha herramienta, denominada Herramienta Unificada del LIDER-CALENER (HULC), está disponible en [www.codigotecnico.org](http://www.codigotecnico.org). El Ministerio no limita la verificación de las exigencias al uso de HULC, sino que permite el uso de otros softwares similares.

Para justificar el cumplimiento de la exigencia básica de limitación de la demanda energética que se establece en el DB HE 1 del CTE, se debe disponer de la siguiente información:

- Localización del edificio. Zona climática y microclima local.
- Descripción geométrica, constructiva y de usos del edificio.
- Orientación del edificio. Soleamiento.
- Definición de los cerramientos que componen la envolvente térmica y de todos los elementos afectados por la comprobación de la limitación de descompensaciones en edificios de uso residencial privado.
- Distribución y usos de los espacios.
- Propiedades higrotérmicas de los elementos constructivos.
- Perfil de uso y, en su caso, nivel de acondicionamiento de los espacios habitables.
- Caracterización de puentes térmicos.
- Ventilación del edificio.
- Instalaciones (calefacción, refrigeración y ACS).
- Compacidad del edificio.
- Huecos (área de los huecos, transmitancia térmica de los vidrios y los marcos, factor solar, captación solar).
- Infiltración. Permeabilidad de los huecos.
- Obstáculos remotos. Sistemas de sombreado de los huecos.

## Zona climática

Las tablas B.1 y B.2 del DB HE del CTE permiten obtener la zona climática (Z.C.) de una localidad en función de su capital de provincia y su altitud respecto al nivel del mar (h). Para cada provincia, se tomará el clima correspondiente a la condición con la menor cota de comparación.

**Tabla B.1 Zonas climáticas de la península ibérica**

Capital	ZC	Altitud	A4	A3	A2	A1	B4	B3	B2	B1	C4	C3	C2	C1	D3	D2	D1	E1
Albacete	D3	677										h<450			h<950			h>950
Alicante / Alacant	B4	7					h<250					h<700			h>700			
Almería	A4	0	h<100				h<250	h<400				h<800			h>800			
Ávila	E1	1054														h<550	h<850	h>850
Badajoz	C4	168									h<400	h<450			h>450			
Barcelona	C2	1											h<250		h<450	h<750	h>750	
Bilbao	C1	214												h<250			h>250	
Burgos	E1	861														h<600	h>600	h>600
Cáceres	C4	385									h<600				h<1050			h>1050
Cádiz	A3	0		h<150				h<450				h<600	h<850		h<1050	h>850		
Castellón / Castelló	B3	18						h<50				h<500			h<600	h<1000		h>1000
Ceuta	B3	0						h<50										
Ciudad Real	D3	630									h<450	h<500			h>500			
Córdoba	B4	113					h<150				h<550				h>550			
Coruña, La / A Coruña	C1	0												h<200			h>200	
Cuenca	D2	975													h<800	h<1050		h>1050
Gerona / Girona	D2	143											h<100		h<600			h>600
Granada	C3	754	h<50				h<350				h<600	h<800			h<1300	h<600		h>1300
Guadalajara	D3	708													h<950	h<1000		h>1000
Huelva	A4	50	h<50				h<150	h<350				h<800			h<800			
Huesca	D2	432									h<200				h<400	h<700		h>700
Jaén	C4	436					h<350				h<750				h<1250			h>1250
León	E1	346																h<1250
Lérida	D3	131										h<100			h<600			h>600
Logroño	D2	379											h<200		h<700			h>700
Lugo	D1	412														h<500		h>500
Madrid	D3	589										h<500			h<950	h<1000		h>1000
Málaga	A3	0						h<300				h<700			h>700			
Melilla	A3	130																
Murcia	B3	25						h<100				h<550			h>550			
Orense	D2	327										h<150	h<300		h<800			h>800
Oviedo	D1	214												h<50			h<550	h>550
Palencia	D1	722														h<800		h>800
Palma Mallorca	B3	1						h<250				h>250						
Pamplona / Iruña	D1	456											h<100		h<300	h<600		h>600
Pontevedra	C1	77											h<350		h>350			
Salamanca	D2	770													h<800			h>800
San Sebastián / Donostia	D1	5														h<400		h>400
Santander	C1	1												h<150		h<650		h>650
Segovia	D2	1013													h<1000			h>1000
Sevilla	B4	9					h<200				h>200							
Soria	E1	984													h<750	h<800		h>800
Tarragona	B3	1						h<50				h<500			h>500			
Teruel	D2	995										h<450	h<500		h<1000			h>1000
Toledo	C4	445									h<500				h>500			
Valencia / València	B3	8						h<50				h<500			h<950			h>950
Valladolid	D2	704													h<800			h>800
Vitoria / Gasteiz	D1	512														h<500		h>500
Zamora	D2	617													h<800			h>800
Zaragoza	D3	207										h<200			h<650			h>650

**Tabla B.2 Zonas climáticas de la islas Canarias**

Capital	Z.C.	Altitud	3	A2	B2	C2
Palmas de Gran Canaria, Las	α 3	114	h<350	h<750	h<1000	h>1000
Santa Cruz de Tenerife	α 3	0	h<350	h<750	h<1000	h>1000

## ESPECIFICACIONES

### DB HE 0: Limitación del consumo energético

El consumo energético de los edificios se limita en función de la zona climática de la localidad de ubicación y del uso previsto del edificio.

El consumo energético para el acondicionamiento, en su caso, de aquellas edificaciones o partes de las mismas que, por sus características de utilización, estén abiertas de forma permanente, será satisfecho exclusivamente con energía procedente de fuentes renovables.

### Edificios nuevos o ampliaciones de edificios existentes de uso residencial privado

El consumo energético de energía primaria no renovable del edificio o la parte ampliada, en su caso, no deberá superar el valor límite  $C_{ep,lim}$  obtenido mediante la siguiente expresión:

$$C_{ep,lim} = C_{ep,base} + F_{ep,sup} / S$$

donde,

$C_{ep,lim}$  es el valor límite del consumo energético de energía primaria no renovable para los servicios de calefacción, refrigeración y ACS, expresada en kW·h/m<sup>2</sup>·año, considerada la superficie útil de los espacios habitables.

$C_{ep,base}$  es el valor base del consumo energético de energía primaria no renovable, dependiente de la zona climática de invierno correspondiente a la ubicación del edificio, que toma los valores de la tabla 2.1 del DB HE 0 del CTE.

$F_{ep,sup}$  es el factor corrector por superficie del consumo energético de energía primaria no renovable, que toma los valores de la tabla 2.1 del DB HE 0 del CTE.

S es la superficie útil de los espacios habitables del edificio, o la parte ampliada, en m<sup>2</sup>.

**DB HE 0 Tabla 2.1** Valor base y factor corrector por superficie del consumo energético

	Zona climática de invierno					
	$\alpha$	A*	B*	C*	D	E
$C_{ep,base}$ (kW·h/m <sup>2</sup> ·año)	40	40	45	50	60	70
$F_{ep,sup}$	1000	1000	1000	1500	3000	4000

\* Los valores de  $C_{ep,base}$  para las zonas climáticas de invierno A, B y C de Canarias, Baleares, Ceuta y Melilla se obtendrán multiplicando los valores de  $C_{ep,base}$  de esta tabla por 1,2.

### Edificios nuevos o ampliaciones de edificios existentes de otros usos

La calificación energética para el indicador consumo energético de energía primaria no renovable del edificio o la parte ampliada, en su caso, debe ser de una eficiencia igual o superior a la clase B, según el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios aprobado mediante el Real Decreto 235/2013, de 5 de abril.

#### DB HE 1: Limitación de la demanda energética

La demanda energética de los edificios se limita en función de la zona climática de la localidad en que se ubican y del uso previsto.

En edificios de uso residencial privado, las características de los elementos de la envolvente térmica deben ser tales que eviten las descompensaciones en la calidad térmica de los diferentes espacios habitables.

Se deben limitar los riesgos debidos a procesos que produzcan una merma significativa de las prestaciones térmicas o de la vida útil de los elementos que componen la envolvente térmica, tales como las condensaciones.

### Edificios nuevos o ampliaciones de edificios existentes

#### Limitación de la demanda energética del edificio

##### Edificios de uso residencial privado

La demanda energética de calefacción del edificio o la parte ampliada, en su caso, no debe superar el valor límite  $D_{cal,lim}$  obtenido mediante la siguiente expresión:



$$D_{cal,lim} = D_{cal,base} + F_{cal,sup} / S$$

donde,

$D_{cal,lim}$  es el valor límite de la demanda energética de calefacción, expresada en kW·h/m<sup>2</sup>·año, considerando la superficie útil de los espacios habitables.

$D_{cal,base}$  es el valor base de la demanda energética de calefacción, para cada zona climática de invierno correspondiente al edificio, que toma los valores de la tabla 2.1 del DB HE 1 del CTE.

$F_{cal,sup}$  es el factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, que toma los valores de la tabla 2.1 del DB HE 1 del CTE.

S es la superficie útil de los espacios habitables del edificio, en m<sup>2</sup>.

**DB HE 1 Tabla 2.1** Valor base y factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción

	Zona climática de invierno					
	$\alpha$	A	B	C	D	E
$D_{cal,base}$ (kW·h/m <sup>2</sup> ·año)	15	15	15	20	27	40
$F_{cal,sup}$	0	0	0	1000	2000	3000

La demanda energética de refrigeración del edificio o la parte ampliada, en su caso, no debe superar el valor límite  $D_{ref,lim} = 15$  kW·h/m<sup>2</sup>·año para las zonas climáticas de verano 1, 2 y 3, o el valor límite  $D_{ref,lim} = 20$  kW·h/m<sup>2</sup>·año para la zona climática de verano 4.

#### Edificios de otros usos

El porcentaje de ahorro de la demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración respecto al edificio de referencia, del edificio o la parte ampliada, en su caso, debe ser igual o superior al establecido en la tabla 2.2 del DB HE 1 del CTE.

**DB HE 1 Tabla 2.2** Porcentaje de ahorro mínimo de la demanda energética conjunta respecto al edificio de referencia para edificios de otros usos, en %

Zona climática de verano	Carga de fuentes internas			
	Baja	Media	Alta	Muy alta
1,2	25%	25%	25%	10%
3,4	25%	20%	15%	0%

\* No debe superar la demanda límite del edificio de referencia

Los edificios que sean asimilables al uso residencial privado, debido a su uso continuado y baja carga de las fuentes internas, pueden justificar la limitación de la demanda energética mediante los criterios aplicables al uso residencial.

#### Limitación de descompensaciones en edificios de uso residencial privado

La transmitancia térmica de las zonas opacas de las cubiertas que formen parte de la envolvente térmica del edificio y la permeabilidad al aire de los huecos, no deben superar los valores establecidos en la tabla 2.3 del DB HE 1 del CTE. De esta comprobación se excluyen los puentes térmicos.

**DB HE 1 Tabla 2.3** Transmitancia térmica máxima de las cubiertas y permeabilidad al aire máxima de los huecos

Parámetro	Zona climática					
	$\alpha$	A	B	C	D	E
Transmitancia térmica de cubiertas (W/m <sup>2</sup> K)	1,20	0,8	0,65	0,50	0,40	0,35
Permeabilidad al aire de huecos (m <sup>3</sup> /h·m <sup>2</sup> )	≤ 50	≤ 50	≤ 50	≤ 27	≤ 27	≤ 27

### Intervenciones en edificios existentes

#### Limitación de la demanda energética del edificio

Cuando la intervención produzca modificaciones en las condiciones interiores o exteriores de un elemento de la envolvente térmica que supongan un incremento de la demanda energética del edificio, las características de este elemento se adecuarán a las establecidas en este Documento Básico.

En las obras de reforma en las que se renueve más del 25% de la superficie total de la envolvente térmica final del edificio y en las destinadas a un cambio de uso característico del edificio se limitará la demanda energética conjunta del edificio objeto<sup>1</sup> de manera que sea inferior a la del edificio de referencia<sup>2</sup>.

En las obras de reforma no consideradas en el caso anterior, los elementos de la envolvente térmica que se sustituyan, incorporen, o modifiquen sustancialmente, cumplirán las limitaciones establecidas en la tabla 2.3 del DB HE 1 del CTE.

Cuando se intervenga simultáneamente en varios elementos de la envolvente térmica, se podrán superar los valores de transmitancia térmica de dicha tabla si la demanda energética conjunta resultante fuera igual o inferior a la obtenida aplicando los valores de la tabla a los elementos afectados.

#### DB HE 1: Limitación de condensaciones

Tanto en edificaciones nuevas como en edificaciones existentes, en el caso de que se produzcan condensaciones intersticiales en la envolvente térmica del edificio, estas serán tales que no produzcan una merma significativa en sus prestaciones térmicas o supongan un riesgo de degradación o pérdida de su vida útil. Además, la máxima condensación acumulada en cada periodo anual no será superior a la cantidad de evaporación posible en el mismo periodo.

#### Condensaciones superficiales

Se limitarán las condensaciones superficiales en los cerramientos que componen la envolvente térmica del edificio, de forma que se evite la formación de mohos en su superficie interior. Para ello, en aquellas superficies interiores de los cerramientos que puedan absorber agua o sean susceptibles de degradarse, y especialmente en los puentes térmicos de los mismos, la humedad relativa media mensual en dicha superficie será inferior al 80%.

La comprobación de la limitación de condensaciones superficiales se basa en la comparación del factor de temperatura de la superficie interior  $f_{Rsi}$  y el factor de temperatura de la superficie

<sup>1</sup> Edificio tal cual ha sido proyectado en geometría (forma, tamaño y orientación), construcción y condiciones de uso, del que se quiere verificar el cumplimiento de la reglamentación.

<sup>2</sup> Edificio con la misma forma, tamaño, orientación, zonificación interior, uso de cada espacio, e iguales obstáculos remotos del edificio objeto. Los parámetros de transmitancia y factor solar de los elementos de la envolvente térmica son los establecidos en el apartado D.2 del DB HE 1.

interior mínimo  $f_{Rsi,min}$  para las condiciones interiores y exteriores correspondientes al mes de enero y especificadas en el DA DB-HE/2.

Se cumplirá que:  $f_{Rsi} > f_{Rsi,min}$

El factor de temperatura de la superficie interior mínimo  $f_{Rsi,min}$  se puede obtener a partir de la tabla 1 del DA DB HE 2 "Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos", en función de la clase de higrometría de cada espacio y la zona climática de invierno donde se encuentre el edificio.

DA DB HE 2 Tabla 1 Factor de temperatura de la superficie interior mínimo  $f_{Rsi,min}$

Categoría del espacio	Zona climática de invierno					
	$\alpha$	A	B	C	D	E
Clase de higrometría 5	0,70	0,80	0,80	0,80	0,90	0,90
Clase de higrometría 4	0,56	0,66	0,66	0,69	0,75	0,78
Clase de higrometría 3 o inferior	0,42	0,50	0,52	0,56	0,61	0,64

Estableciéndose las siguientes clases de higrometría del espacio:

- clase de higrometría 5, correspondiente a espacios en los que se prevea una gran producción de humedad, tales como lavanderías, restaurantes y piscinas: 70%.
- clase de higrometría 4, correspondiente a espacios en los que se prevea una alta producción de humedad, tales como cocinas, pabellones deportivos, duchas colectivas u otros de uso similar: 62%.
- clase de higrometría 3 o inferior, correspondiente a espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad, como oficinas, tiendas, zonas de almacenamiento y todos los espacios en edificios de uso residencial: 55%.

El factor de temperatura de la superficie interior  $f_{Rsi}$  para un cerramiento se calcula a partir de su transmitancia térmica mediante la siguiente ecuación:

$$f_{Rsi} = 1 - U * 0,25$$

donde,

U es la transmitancia térmica del cerramiento, partición interior en el cerramiento [W/m<sup>2</sup>·K].

El factor de temperatura de la superficie interior  $f_{Rsi}$  para los puentes térmicos, para aplicar el método descrito en este documento, puede calcularse aplicando los métodos descritos en la norma UNE-EN ISO 10211:2012 o en el Documento de Apoyo correspondiente.

El cumplimiento de los valores de transmitancia máxima de los parámetros característicos de la envolvente establecidos en el documento DB HE 1 del CTE asegura, para los cerramientos y particiones interiores de los espacios de clase de higrometría 4 o inferior, la verificación de la condición anterior, pudiendo resultar necesario comprobarlo en los puentes térmicos.

En aquellas zonas en las que no se verifique lo anterior ni la condición de  $f_{Rsi} > f_{Rsi,min}$ , los materiales no deben de ser susceptibles de degradarse, posibilitar la formación de mohos y absorber agua, especialmente en los puentes térmicos.

### Condensaciones intersticiales

Las condensaciones intersticiales que se produzcan en los cerramientos y particiones interiores que componen la envolvente térmica del edificio, serán tales que no produzcan una merma significativa en sus prestaciones térmicas o supongan un riesgo de degradación o pérdida de su vida útil.

Además, la máxima condensación acumulada en cada periodo anual no será superior a la cantidad de evaporación posible en el mismo periodo.

El procedimiento para la comprobación de la formación de condensaciones intersticiales se basa en la comparación entre la presión de vapor y la presión de vapor de saturación, que existe en cada punto intermedio de un cerramiento formado por diferentes capas, para las condiciones interiores y exteriores correspondientes al mes de enero y especificadas en el DB HE del CTE.

Para la comprobación de las condensaciones intersticiales, para cada cerramiento objeto se calcula:

- a) la distribución de temperaturas.
- b) la distribución de presiones de vapor de saturación para las temperaturas antes calculadas.
- c) la distribución de presiones de vapor.

Para que no se produzcan condensaciones intersticiales se comprueba que la presión de vapor en la superficie de cada capa es inferior a la presión de vapor de saturación.

No es necesaria la comprobación aquellos cerramientos que dispongan de barrera contra el vapor de agua en la parte caliente del cerramiento.

El método detallado para la comprobación del riesgo de condensaciones intersticiales y, en su caso, su cuantificación para poder determinar la cantidad acumulada a lo largo de un periodo anual, se puede consultar en el DA DB HE 2 "Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos".

## 5.2 VERIFICACIÓN DE LAS EXIGENCIAS Y PRESTACIONES DE LAS CUBIERTAS CON TABLERO CERÁMICO

En este apartado se desarrolla el procedimiento general de diseño a seguir, en el que aparecen todos los Documentos Básicos que se deben aplicar en una secuencia lógica de verificaciones. Por último en el apartado 5.2.8 de este manual se incluyen las tablas que, para cada solución constructiva de cubierta, proporcionan sus prestaciones y ayudan al diseño y dimensionado de los mismos.

A efecto del cumplimiento de las exigencias de los distintos Documentos Básicos del CTE vamos a dividir las cubiertas en dos grupos:

1. Cubiertas construidas sobre un soporte resistente de carácter superficial (forjado unidireccional, forjado reticular, losa, etc.): QB02, QB08, QB10 y QB12.
2. Cubiertas construidas sobre elementos resistentes de carácter lineal (viguetas metálicas, viguetas autoportantes de hormigón, etc): QB13, QB14, QB15 y QB16.

### 5.2.1 Resumen del procedimiento de diseño

En la siguiente tabla se presenta de forma resumida el procedimiento de diseño de las cubiertas según el CTE indicándose los apartados a consultar en cada caso:

DOCUMENTO BÁSICO DEL CTE	DATOS DE PARTIDA	EXIGENCIA Y ESPECIFICACIONES	DISEÑO / RESULTADO
DB HR	Apartado 5.1.5	Apartado 5.1.5 Aislamiento acústico exigido a ruido exterior e interior en el edificio.	Apartado 5.2.6 DETERMINACIÓN del conjunto de soluciones válidas del edificio. Solución de cubierta con o sin falso techo que garantiza el $R_A$ y $R_{Atr}$ mínimo necesario para cumplir las exigencias acústicas del conjunto.
DB SE	Apartado 5.1.1	Apartado 5.1.5 Resistencia y estabilidad exigida.	Apartado 5.2.2 DETERMINACIÓN del canto del soporte resistente en cubiertas sobre forjado y de la losa de hormigón armado en cubiertas sobre viguetas autoportantes.
DB SI	Apartado 5.1.2	Apartado 5.1.5 R y/o EI exigido.	Apartado 5.2.3 y 5.2.8 ELECCIÓN de la cubierta que cumple las exigencias a fuego.
DB HS	Apartado 5.1.4	Apartado 5.1.4 Cumplimiento del GI exigido.	Apartado 5.2.5 ESPECIFICACIÓN de los elementos necesarios para garantizar la impermeabilidad de la cubierta (capas separadoras, impermeabilización, capas de protección, sistemas de evacuación del agua, solapes y fijación de las tejas). Definición de los puntos singulares.
DB HE	Apartado 5.1.6	Apartado 5.1.6 Limitación de la demanda de calefacción, demanda de refrigeración y consumo de energía primaria no renovable $U_{Descompensadores}$ Tabla 2.3 DB HE*	Apartado 5.2.7 y 5.2.8 OBTENCIÓN DEL $R_{AT}$ mínimo. Definición del tratamiento de puentes térmicos.
		Cumplimiento de las condensaciones superficiales.	Apartado 5.2.7 COMPROBACIÓN de las condensaciones superficiales.
		Cumplimiento de las condensaciones intersticiales.	Apartado 5.2.7 COMPROBACIÓN de las condensaciones intersticiales.

## 5.2.2 DB SE: Seguridad estructural

En este caso, en función de si se trata de una cubierta de tablero cerámico sobre forjado o sobre vigueta autoportante, el diseño de la cubierta para cumplir las exigencias del DB SE del CTE se realizará de distinto modo, por lo que se tratarán por separado en el manual.

### CUBIERTAS SOBRE FORJADO

En este tipo de cubiertas las exigencias requeridas las debe cumplir el soporte resistente horizontal.

Este requisito debe satisfacerse siguiendo las indicaciones del DB SE del CTE. Los métodos de verificación pueden tomarse de la EHE y/o la EFHE.

Sin perjuicio de lo anterior, se deberá garantizar una adecuada transmisión de las cargas al forjado asegurándose la adecuada resistencia a flexión del tablero con su recubrimiento.

Tanto en las cubiertas planas ventiladas como en los suelos elevados con tablero cerámico, cuando las sobrecargas aplicadas sobre las soluciones no superen las indicadas en la tabla 3.1 del CTE DB SE

AE, no será necesario realizar ningún cálculo estructural, pudiendo colocarse una capa de regularización sin o con mallazo (30x30), en función de las longitudes del tablero cerámico, de acuerdo con lo especificado en el apartado 6.1.5 de este manual.

En caso contrario, deberá ejecutarse una losa de hormigón. El espesor de la losa y el mallazo a emplear deberá definirse mediante cálculo estructural. Este cálculo se puede hacer de manera análoga a la indicada en la tabla 1 del apartado siguiente, siendo la separación entre viguetas equivalente a la distancia entre tabiques palomeros.

### CUBIERTAS SOBRE VIGUETAS AUTOPORTANTES

En este tipo de cubiertas se constituye una losa de hormigón armado superior, que forma parte como elemento estructural del forjado, funcionando el tablero como encofrado para la conformación de la losa.

El tablero se considera como parte del recubrimiento inferior de las armaduras que forman la losa a efectos de protección a fuego.

A efectos de transmisión de cargas de la losa de hormigón a las viguetas autoportantes se tendrán en cuenta las consideraciones del apartado 6.2.3 de este manual.

Se incorpora a continuación la tabla 1 de cálculo de losas de hormigón para distintas separaciones de viguetas o medidas de tableros, así como unas tablas 2 a 5, de viguetas de acero y hormigón para las cargas habituales de cubierta y distintas separaciones y luces de las mismas, para las configuraciones de cubiertas recogidas en este manual.

**TABLA 1. CÁLCULO DE LOSAS PARA DISTINTAS SEPARACIONES DE VIGUETAS O MEDIDAS DE TABLEROS**

#### Consideraciones previas

- Las losas se han calculado a flexión como apoyadas-apoyadas para el momento isostático  $ql^2/8$ , siendo "q" la suma de todas las cargas y "l" la distancia entre ejes de apoyos, coincidente con la longitud del tablero utilizado. No se ha considerado continuidad entre losas por colocarse sólo armadura en la cara inferior. El cálculo se ha realizado según el artículo 3.3.1 del anejo 7 de la EHE-08, caso primero (para las cargas, luces y mallazos utilizados).
- En las losas se ha comprobado que soportan, sin armadura específica, el cortante isostático de  $ql/2$  y que ese valor no supera la resistencia de la sección a esfuerzo cortante, según el artículo 44.2.3.2.1.2 de la EHE-08.
- Se considera hormigón H-25 y mallazo B-500-S.
- Recubrimiento: se considera 1,5 cm inferior y 2,5 cm superior, según artículo 37.2.4 y tabla 37.2.4.1.a de la EHE-08, asimilando el tablero cerámico a 1 cm de recubrimiento en la cara inferior.
- Espesor mínimo losa: 4 cm + espesor mallazo (espesores mínimos de recubrimiento más armadura).
- Colocación de mallazo más denso, en dirección longitudinal al tablero cerámico (perpendicular a apoyos) y colocado en la parte inferior.
- La carga del tablero cerámico y la losa de hormigón, están ya considerados con el coeficiente de seguridad  $\gamma=1,35$ , las acciones permanentes (G) y peso propio según apartado 3.3.2.1.1.a y tabla 4.1 de DB SE del CTE.
- En las sobrecargas se considerarán:
  - Todas las cargas de la cubierta, como impermeabilización, aislamientos, morteros de nivelación, material de acabado, etc., y equipos fijos, como instalaciones, etc., según artículo 2.1 del DB SE AE del CTE. No se sumarán las cargas del tablero cerámico y las de la losa de hormigón, al estar ya consideradas en las tablas.
  - Sobrecargas (uso, nieve, viento, etc.).
- Las sobrecargas de la tabla son útiles (sin mayorar). Para el cálculo se ha considerado un coeficiente de seguridad de  $\gamma=1,5$ , correspondiente a cargas variables (tabla 4.1 del DB SE del CTE).

- El valor de las cargas permanentes puede multiplicarse por 0,9 antes de sumarlo a las cargas variables por ser su coeficiente parcial de seguridad  $\gamma=1,35$ , y estar realizada la tabla con un  $\gamma=1,5$ .
- Si existen varias sobrecargas que pueden actuar simultáneamente, se aplicarán los coeficientes de simultaneidad de la tabla 4.2 del DB SE del CTE, eligiendo la combinación más desfavorable.

En la tabla se expresan los valores máximos de sobrecargas más las cargas permanentes (excepto tablero y losa), sin mayorar, que pueden soportar las distintas combinaciones de tablero y espesor de losa, con un tope de 20 KN/m<sup>2</sup>.

**Tabla 1** Cálculo de losas para distintas separaciones de viguetas o longitud del tablero

	SOBRECARGAS + CARGAS PERMANENTES (EXCEPTO TABLERO Y LOSA) EN KN/m <sup>2</sup>				
	Mallazo	Separación entre viguetas - Longitud del tablero (cm)			
		70	80	100	120
LOSA 5 cm	#Ø5 20x30	12,8	9,4	5,5 (1,5*)	—
	#Ø5 15x30	17,5	13,1	7,8	5 (1,5*)
LOSA 5,5 cm	#Ø6 20x30	21,7	16,2	9,8	6,3
	#Ø6 15x30	—	22,15	13,3	8,9
LOSA 6 cm	#Ø8 20x30	—	—	20,7	13,5
	#Ø8 15x30	—	—	—	18,1
	#Ø10 20x30	—	—	—	20,2
	#Ø10 15x30	—	—	—	—
LOSA 6,5 cm	#Ø12 20x30	—	—	—	—
	#Ø12 15x30	—	—	—	—

(\*) Máxima carga permanente del resto de materiales de la cubierta, salvo tablero y losa de hormigón. Por equivaler el momento de la sobrecarga uniforme, a la puntual de 2 KN/m<sup>2</sup> en el centro del vano (Art. 3.1.1.2 t tabla 3.1 del DB-SE-AE).

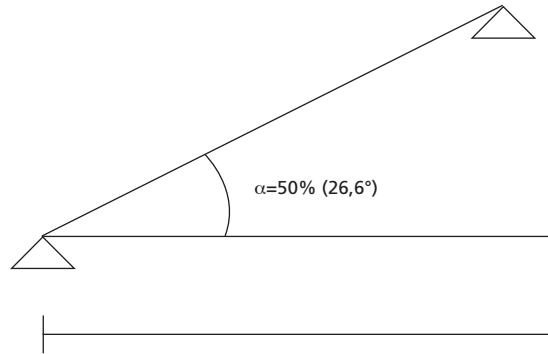
## TABLAS 2 A 5. CÁLCULO DE VIGUETAS PARA DISTINTAS MEDIDAS DE TABLEROS

### Consideraciones previas:

- Las viguetas se han calculado a flexión como apoyadas-apoyadas para el momento isostático  $ql^2/8$ , siendo "q" la suma de todas las cargas y "l" la distancia entre ejes de apoyos. El cálculo se ha realizado según el artículo 34.4 de la Instrucción de Acero Estructural (EAE), para secciones de clase 1 ó 2 (perfiles laminados).
- Para los perfiles, luces y cargas reflejadas en las tablas no se necesita reducir la resistencia de cálculo de la sección a flexión, ya que el valor del esfuerzo cortante  $V_{Ed}$  es inferior al 50% de la resistencia a cortante de la sección  $V_{pl,Rd}$  según el artículo 34.7.1 de la EAE relativo a interacción de esfuerzos de flexión y cortante.
- Se considera acero S 275JR.
- La carga del tablero cerámico y la de la losa de hormigón están ya consideradas con el coeficiente de seguridad  $\gamma=1,35$ , según apartado 3.3.2.1.1.a y tabla 4.1 del DB SE del CTE.
- En las sobrecargas se considerará:
  - Todas las cargas de la cubierta, como impermeabilización, aislamientos, morteros de nivelación, material de acabado, etc., y equipos fijos, como instalaciones, etc., según artículo 2.1 del DB SE AE del CTE. No se sumarán las cargas del tablero cerámico y las de la losa de hormigón, al estar ya consideradas en las tablas.
  - Sobrecargas (uso, nieve, viento, etc.).
- Las sobrecargas de la tabla son útiles (sin mayorar). Para el cálculo se ha considerado un coeficiente de seguridad de  $\gamma = 1,5$ , correspondiente a cargas variables (tabla 4.1 del DB SE del CTE).

- El valor de las cargas permanentes puede multiplicarse por 0,9 antes de sumarlo a las cargas variables por ser su coeficiente parcial de seguridad  $\gamma=1,35$ , y estar realizada la tabla con un  $\gamma=1,5$ .
- Si existen varias sobrecargas que pueden actuar simultáneamente, se aplicarán los coeficientes de simultaneidad de la tabla 4.2 del DB SE del CTE, eligiendo la combinación más desfavorable.

Las tablas se han realizado para una pendiente del 50% (26,6°):



- Para  $\alpha=0^\circ$  se multiplicará la carga/m<sup>2</sup> (KN) por 1,12.
- Para  $\alpha=10^\circ$  (17%) se multiplicará la carga/m<sup>2</sup> (KN) por 1,10.
- Para  $\alpha=20^\circ$  (36%) se multiplicará la carga/m<sup>2</sup> (KN) por 1,04.
- Para  $\alpha=30^\circ$  (57%) se multiplicará la carga/m<sup>2</sup> (KN) por 0,97.
- Para  $\alpha=40^\circ$  (84%) se multiplicará la carga/m<sup>2</sup> (KN) por 0,86.
- Para  $\alpha=45^\circ$  (100%) se multiplicará la carga/m<sup>2</sup> (KN) por 0,78.

En las tablas se expresan los valores máximos de sobrecargas más las cargas permanentes (excepto tablero y losa), sin mayorar, por cada m<sup>2</sup> de cubierta, que pueden soportar las distintas combinaciones de tableros y perfiles.

Tabla 2 Cálculo de viguetas para longitud del tablero de 70 cm

TABLERO de 70 cm de longitud							
SOBRECARGAS + CARGAS PERMANENTES (EXCEPTO TABLERO Y LOSA) /m <sup>2</sup> (KN)							
PERFIL	"l" (metros): DISTANCIA ENTRE EJES DE APOYO DE LAS VIGUETAS						
	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50
IPE – 100	6,0	2,8	1,1				
IPE – 120	12,3	6,6	3,4	1,8			
IPE – 140	20,4	12,1	6,8	4,3	2,6	1,4	
IPE – 160		20,3	12,0	7,7	5,0	3,3	2,0
IPE – 180			18,7	12,4	8,3	5,6	3,8
IPE – 200			26,6	19,0	13,0	9,0	6,4
IPE – 220				26,5	19,0	13,6	9,8
IPE – 240					26,9	19,5	14,4
IPE – 270						18,9	22,4
IPE – 300							

Cálculo por flecha  $\leq l/300$   
 Cálculo por resistencia



**Tabla 3** Cálculo de viguetas para longitud del tablero de 80 cm

TABLERO de 80 cm de longitud							
SOBRECARGAS + CARGAS PERMANENTES (EXCEPTO TABLERO Y LOSA) /m <sup>2</sup> (KN)							
PERFIL	"l" (metros): DISTANCIA ENTRE EJES DE APOYO DE LAS VIGUETAS						
	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50
IPE – 100	5,1	2,3					
IPE – 120	10,6	5,6	2,8	1,4			
IPE – 140	17,6	10,4	5,8	3,6	2,1	1,1	
IPE – 160	25,6	17,6	10,3	6,6	4,2	2,7	1,6
IPE – 180		23,7	16,2	10,7	7,1	4,7	3,2
IPE – 200			23,1	16,5	11,2	7,7	5,4
IPE – 220				24,2	16,5	11,7	8,4
IPE – 240					23,8	16,8	12,4
IPE – 270						25,8	19,1
IPE – 300							26,9

■ Cálculo por flecha  $\leq l/300$

■ Cálculo por resistencia

**Tabla 4** Cálculo de viguetas para longitud del tablero de 100 cm

TABLERO de 100 cm de longitud							
SOBRECARGAS + CARGAS PERMANENTES (EXCEPTO TABLERO Y LOSA) /m <sup>2</sup> (KN)							
PERFIL	"l" (metros): DISTANCIA ENTRE EJES DE APOYO DE LAS VIGUETAS						
	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50
IPE – 100	3,8	1,6					
IPE – 120	8,1	4,2	2,0				
IPE – 140	13,7	8,0	4,4	2,6	1,4		
IPE – 160	20,1	13,6	7,9	5,0	3,1	1,9	1,0
IPE – 180		18,6	12,7	8,2	5,4	3,5	2,3
IPE – 200		25,2	18,1	12,9	8,6	5,9	4,1
IPE – 220			24,0	19,0	12,9	9,0	6,5
IPE – 240				23,6	18,7	13,2	9,6
IPE – 270					24,8	20,3	14,9
IPE – 300							22,3

■ Cálculo por flecha  $\leq l/300$

■ Cálculo por resistencia

Tabla 5 Cálculo de viguetas para longitud del tablero de 120 cm

TABLERO de 120 cm de longitud							
SOBRECARGAS + CARGAS PERMANENTES (EXCEPTO TABLERO Y LOSA) /m <sup>2</sup> (KN)							
PERFIL	"l" (metros): DISTANCIA ENTRE EJES DE APOYO DE LAS VIGUETAS						
	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50
IPE – 100	2,9	1,1					
IPE – 120	6,5	3,2	1,4				
IPE – 140	11,1	6,4	3,4	1,0			
IPE – 160	16,4	10,9	6,3	3,9	2,3	1,3	
IPE – 180	22,6	15,2	10,2	6,5	4,2	2,6	1,6
IPE – 200		20,7	14,8	10,4	6,9	4,6	3,1
IPE – 220			19,7	15,5	10,4	7,2	5,0
IPE – 240			25,8	19,4	15,0	10,6	7,7
IPE – 270				26,2	20,4	16,6	12,1
IPE – 300						21,5	18,3

Cálculo por flecha  $\leq l/300$   
 Cálculo por resistencia

## EJEMPLOS DE APLICACIÓN DE LAS TABLAS ANTERIORES

### EJEMPLO 1:

Cubierta tipo QB13 sin impermeabilización a dos aguas, 30° de inclinación, situada a 12 m del suelo, con vano de 4,5 m de vigas en proyección horizontal.

Lugar: Ávila, zona rural llano sin obstáculos (altitud 1.130 m) y los siguientes materiales, excepto tablero y losa: Teja pesada, enlistonado y aislamiento de 20 cm de densidad 0,6 KN/m<sup>2</sup>.

### 1. CÁLCULO DE TABLERO Y LOSA

- Cargas permanentes: (Anexo C del DB SE AE del CTE)
    - Teja pesada (2,4 kg/pieza)            0,60 KN/m<sup>2</sup>
    - Enlistonado                                0,05 KN/m<sup>2</sup>
    - Aislamiento 0,2·0,6                    0,12 KN/m
- } 0,77 KN/m<sup>2</sup>
- Sobrecargas: (DB SE AE del CTE)
    - Uso: Uniforme            0,5 KN/m<sup>2</sup> (Valor para 30° interpolado según tabla 3.1)
    - Puntual            2,0 KN/m<sup>2</sup> (En la tabla ya se ha considerado. No es simultánea con la uniforme)
    - Viento ( $q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$ )  
(Apt. 3.3.2.1)
      - $q_b = 0,42$  KN/m<sup>2</sup> (Según anejo D, D1.4 y tabla D1 para Ávila y zona A, podría tomarse un valor más general de 0,5 KN/m<sup>2</sup> válido para todo el territorio español)
      - $c_e = 2,90$  KN/m<sup>2</sup> (tabla 3.3, aspereza entorno grado II)
      - $c_p = 0,70$  KN/m<sup>2</sup> (Anejo D, D.4)
      - $q_e = 0,42 \cdot 2,90 \cdot 0,70 = 0,85$  KN/m<sup>2</sup>
    - Nieve:
      - $q_n = \mu \cdot s_k = 1,0$  KN/m<sup>2</sup>
      - $\mu = 1$  (Factor de forma)
      - $s_k = 1,0$  KN/m<sup>2</sup> (Ávila, 1.130 m)

Simultaneidad de Sobrecargas: (apartado 4.2.2.1 del DB SE del CTE)

**COMBINACIONES**

— Uso, viento, nieve	$0,5 \cdot 1 + 0,85 \cdot 0,6 + 1 \cdot 0 \cdot 0,5 = 1,51 \text{ KN/m}^2$	} 1,63
— Uso, nieve, viento	$0,5 \cdot 1 + 1 \cdot 0,7 + 0,85 \cdot 0,5 = 1,63 \text{ KN/m}^2$	
— Nieve, uso, viento	$1 \cdot 1 + 0,5 \cdot 0 + 0,85 \cdot 0,5 = 1,43 \text{ KN/m}^2$	
— Nieve, viento, uso	$1 \cdot 1 + 0,85 \cdot 0,6 + 0,5 \cdot 0 = 1,51 \text{ KN/m}^2$	
— Viento, uso, nieve	$0,85 \cdot 1 + 0,5 \cdot 0 + 1 \cdot 0,5 = 1,35 \text{ KN/m}^2$	
— Viento, nieve, uso	$0,85 \cdot 1 + 1 \cdot 0 \cdot 0,7 + 0,5 \cdot 0 = 1,55 \text{ KN/m}^2$	

Combinación más desfavorable: 1,63 KN/m<sup>2</sup>

Carga total:  $0,77 \cdot 0,9 + 1,63 = 2,32 \text{ KN/m}^2$

Entrando en la tabla 1 de cálculo de losas de este manual obtenemos las siguientes soluciones en función de la longitud del tablero:

Tablero	100 # Ø5 20x30	} Losa 5 cm
Tablero	120 # Ø5 15x30	

**2. CÁLCULO DE PERFILES METÁLICOS:**

Añadimos un revestimiento interior como acabado más protección a fuego de perfiles con un peso total de 0,15 KN/m<sup>2</sup>.

— Carga total para cálculo de perfiles:  $2,32 + 0,15 = 2,47 \text{ KN/m}^2$ .

— Por coeficiente inclinación 30° →  $2,47 \cdot 0,97 = 2,40 \text{ KN/m}^2$

Entrando en las tablas 2 a 5 de cálculo de viguetas de este manual obtenemos las siguientes soluciones en función de la longitud del tablero:

Tablero 100 → IPE - 160

Tablero 120 → IPE - 180

En todas las soluciones, el cálculo del perfil viene condicionado por su deformación (flecha).

**EJEMPLO 2:**

Cubierta QB 13 situada en Madrid (altitud 660 m), a 15 m sobre el suelo. Zona urbana con vano de 5,0 m de vigas en proyección horizontal y los siguientes materiales (excepto tablero y losa):

— Aislamiento: 16 cm de densidad 60 kg/m<sup>3</sup>

— Impermeabilización bituminosa: 0,04 kg/m<sup>2</sup>

— Teja colocada con listones

**1. CÁLCULO DE TABLERO Y LOSA**

• Cargas permanentes: (Anexo C del DB SE AE del CTE)

— Teja corriente (1,2 kg/pieza)	0,05 KN/m <sup>2</sup>	} 0,69 KN/m <sup>2</sup>
— Enlistonado	0,05 KN/m <sup>2</sup>	
— Aislamiento 0,16-60	0,10 KN/m <sup>2</sup>	
— Impermeabilización	0,04 KN/m <sup>2</sup>	

• Sobrecargas: (DB SE AE del CTE)

— Uso:  
 Uniforme 1 KN/m<sup>2</sup> (Subcategoría cubierta G1)  
 Concentrada 2 KN/m<sup>2</sup> (Ya considerado en tablas)  
 (tabla 3.1)

— Viento ( $q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$ )  
 (Apt. 3.3.2.1)  $q_b = 0,42 \text{ KN/m}^2$  (Según anejo D, D1.4 y tabla D1 para Madrid y zona A, podría tomarse un valor más general de 0,5 KN/m<sup>2</sup> válido para todo el territorio español)  
 $c_e = 2,10 \text{ KN/m}^2$  (tabla 3.3, aspereza del entorno grado IV)  
 $c_p = 0,37 \text{ KN/m}^2$  (Anejo D, D.4, valor interpolado)  
 $q_e = 0,42 \cdot 2,1 \cdot 0,37 = 0,33 \text{ KN/m}^2$

— Nieve:  
 (Apt. 3.5.1 y 3.5.2)  $q_n = \mu \cdot s_k = 1 \cdot 0,6 = 0,6 \text{ KN/m}^2$   
 $\mu = 1$  (Factor de forma)  
 $s_k = 0,6 \text{ KN/m}^2$  (Madrid, 675 m. Tabla E.2 Anexo E)

Simultaneidad de Sobrecargas: (DB-SE 4.2.2.1)

COMBINACIONES

— Uso, viento, nieve	$1 \cdot 1 + 0,33 \cdot 0,6 \cdot 0,2 = 1,32 \text{ KN/m}^2$	} 1,47
— Uso, nieve, viento	$1 \cdot 1 + 0,6 \cdot 0,5 + 0,33 \cdot 0,5 = 1,47 \text{ KN/m}^2$	
— Nieve, uso, viento	$0,6 \cdot 1 + 1 \cdot 0 + 0,33 \cdot 0,5 = 0,67 \text{ KN/m}^2$	
— Nieve, viento, uso	$0,6 \cdot 1 + 0,33 \cdot 0,6 + 1 \cdot 0 = 0,80 \text{ KN/m}^2$	
— Viento, uso, nieve	$0,33 \cdot 1 + 0,1 \cdot 0 + 0,6 \cdot 0,2 = 0,45 \text{ KN/m}^2$	
— Viento, nieve, uso	$0,33 \cdot 1 + 0,6 \cdot 0,5 + 0,1 \cdot 0 = 0,63 \text{ KN/m}^2$	

Combinación más desfavorable:  $1,47 \text{ KN/m}^2$

Carga total:  $0,69 \cdot 0,9 + 1,47 = 2,09 \text{ KN/m}^2$

Entrando en la tabla 1 de cálculo de losas de este manual obtenemos las siguientes soluciones en función de la longitud del tablero:

Tablero	100 # Ø5 20x30	} Losa 5 cm
Tablero	120 # Ø5 15x30	

**2. CÁLCULO DE PERFILES METÁLICOS:**

Añadimos un revestimiento interior como acabado más protección a fuego de perfiles con un peso total de  $0,15 \text{ KN/m}^2$ .

— Carga total de cálculo de perfiles:  $2,09 + 0,15 = 2,24 \text{ KN/m}^2$

— Por coeficiente inclinación  $20^\circ \rightarrow 2,24 \cdot 1,04 = 2,33 \text{ KN/m}^2$

Entrando en las tablas 2 a 5 de cálculo de viguetas de este manual obtenemos las siguientes soluciones en función de la longitud del tablero:

Tablero	100 → IPE - 180
Tablero	120 → IPE - 180

En todas las soluciones, el cálculo del perfil viene condicionado por su deformación (flecha).

**5.2.3 DB SI: Seguridad en caso de incendio**

Para el cumplimiento del DB SI del CTE, en cuanto a la exigencia SI 1 Propagación interior, cuando la cubierta de tablero cerámico vaya a ser utilizada en evacuación o esté destinada a alguna actividad, la resistencia al fuego EI de la solución de cubierta elegida (tablas del apartado 5.2.8 de este manual) debe ser al menos igual a la recogida en las "Especificaciones" del apartado 5.1.2 de este manual.

Para el cumplimiento del DB SI del CTE de la cubierta de tablero cerámico, en cuanto a la exigencia SI 2 Propagación exterior, debe comprobarse que las franjas que se describen en las "Especificaciones" del apartado 5.1.2 de este manual para limitar la propagación de un incendio por el exterior, tienen al menos una resistencia al fuego REI 60.

Además, para el cumplimiento del DB SI, en cuanto a la exigencia SI 6, la resistencia al fuego R de la solución de cubierta con tablero cerámico elegida (tablas del apartado 5.2.8 de este manual) debe ser al menos igual a la recogida en las "Especificaciones" del apartado 5.1.2 de este manual. Para realizar esta comprobación no se dan herramientas en este manual, ya que depende de parámetros del diseño estructural de la cubierta, no relacionados con los productos cerámicos que son objetos del mismo. Puede comprobarse mediante la aplicación del anejo C del DB SI del CTE.

Por otro lado, debe comprobarse que el acabado del techo así como el acabado exterior de la cubierta tienen la clase de reacción al fuego exigida. Esta característica depende del material concreto que se utilice y debe certificarla el fabricante, por lo que no pueden darse herramientas en este documento para verificar su cumplimiento.

En el R.D. 312/2005 se da la clasificación de reacción al fuego de determinados materiales sin necesidad de ensayo, a la que se pueden acoger los fabricantes para su marcado, por ejemplo, el yeso y las pastas a base de yeso se clasifican como A1. Asimismo, las tejas y los tableros cerámicos con un contenido  $\leq 1$  % en masa o volumen de materia orgánica distribuida de forma homogénea se clasifican como A1. Por tanto son no combustibles ante la acción térmica normalizada del ensayo correspondiente, no emitiendo gases ni humo en contacto con la llama.

En las cubiertas con tablero cerámico sobre viguetas autoportantes, para poder garantizar el cumplimiento de las exigencias de resistencia al fuego en las viguetas metálicas o de hormigón descolgadas, deberá colocarse por el interior un falso techo, o, como mínimo, un revestimiento de los perfiles, a base de placas de yeso laminado resistentes al fuego, que garanticen la resistencia a fuego exigida.

## 5.2.4 DB SUA: Seguridad de utilización y accesibilidad

No hay que hacer ningún tipo de comprobación excepto en las cubiertas planas transitables en las que deberá comprobarse la resbaladidad de los elementos de solado.

## 5.2.5 DB HS: Salubridad

Las cubiertas planas con tablero cerámico deberán cumplir las condiciones de pendiente establecidas en la tabla 2.9 del DB HS 1 del CTE recogida en las "Especificaciones" del apartado 5.1.4 de este manual.

Las cubiertas inclinadas con tablero cerámico, en el supuesto de carecer de impermeabilización, deberán cumplir las condiciones de pendiente mínima establecidas en la tabla 2.10 del DB HS 1 del CTE recogida en las "Especificaciones" del apartado 5.1.4 de este manual. En caso de que no se cumplan los valores de pendientes mínimas de dicha tabla, será necesario disponer una lámina impermeable.

Si las condiciones de longitud del faldón o situación de exposición de la cubierta inclinada considerada no se ajustan a las consideradas para la tabla 2.10 del DB HS 1 del CTE, se deberán cumplir las condiciones de pendiente mínima establecidas en la norma UNE 136020 "Tejas Cerámicas. Código de práctica para el diseño y el montaje de cubiertas con teja cerámica".

En el caso de las cubiertas con cámara de aire ventilada, la cámara de aire deberá disponer de un conjunto de aberturas de tal forma que el cociente entre su área efectiva total  $S_s$  en  $\text{cm}^2$  y la superficie de la cubierta  $A_c$  en  $\text{m}^2$  cumpla la siguiente condición:

$$30 > S_s/A_c > 3$$

Asimismo, debe comprobarse que determinados puntos singulares de la cubierta proyectada reúnen las condiciones que se detallan en el apartado 6.3 de este manual.

## 5.2.6 DB HR: Protección frente al ruido

Las cubiertas con tablero cerámico deberán cumplir las condiciones de masa superficial y aislamiento acústico a ruido aéreo en laboratorio necesarias para satisfacer las exigencias a ruido exterior (entre el exterior y los recintos protegidos) y a ruido interior (entre dos unidades de uso diferentes) establecidos en el DB HR y recogidas en las "Especificaciones" del apartado 5.1.5 de este manual.

El comportamiento de la cubierta frente al ruido depende de la dimensión y composición de la cubierta, fundamentalmente de su elemento resistente, así como de su unión con los elementos los adyacentes verticales (fachadas, particiones, etc.) situados bajo la misma. Por tanto, la solución constructiva de la cubierta deberá elegirse conjuntamente con el resto de elementos constructivos que conforman los recintos configurados por ella.

Para verificar el cumplimiento de las exigencias acústicas a ruido exterior e interior del DB HR del CTE, se puede emplear la Herramienta Silensis, descargable gratuitamente en [www.silensis.es](http://www.silensis.es), u otros softwares para el diseño acústico de edificios, como por ejemplo la Herramienta del DB HR del Ministerio de Fomento.

Asimismo, para verificar el cumplimiento a ruido exterior de las cubiertas se puede emplear la tabla 3.4 de la Opción Simplificada del DB HR del CTE, en la que se establecen los valores mínimos que deben cumplir los elementos que forman los huecos y la parte ciega de la cubierta, en función de los valores límite de aislamiento acústico entre un recinto protegido y el exterior indicados en la tabla 2.1 del DB HR del CTE recogida en las "Especificaciones" del apartado 5.1.5 de este manual, y del porcentaje de huecos expresado como la relación entre la superficie del hueco y la superficie total de la cubierta vista desde el interior de cada recinto protegido.

**DB HR 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) $D_{2m\eta T_{Atr}}$ dBA	Parte ciega 100% $R_{Atr}$ dBA	Parte ciega $\neq$ 100% $R_{Atr}$ dBA	Huecos Porcentaje de huecos $R_{Atr}$ de los componentes del hueco <sup>(2)</sup>				
			Hasta 15%	De 16 a 30%	De 31 a 60%	De 61 a 80%	De 81 a 100%
			$D_{2m\eta T_{Atr}} = 30$	33	35	26	29
		40	25	28	30	31	
		45	25	28	30	31	
$D_{2m\eta T_{Atr}} = 32$	35	35	30	32	34	34	35
		40	27	30	32	34	
		45	26	29	32	33	
$D_{2m\eta T_{Atr}} = 34^{(1)}$	36	40	30	33	35	36	36
		45	29	32	34	36	
		50	28	31	34	35	
$D_{2m\eta T_{Atr}} = 36^{(1)}$	38	40	33	35	37	38	38
		45	31	34	36	37	
		50	30	33	36	37	
$D_{2m\eta T_{Atr}} = 37$	39	40	35	37	39	39	39
		45	32	35	37	38	
		50	31	34	37	38	
$D_{2m\eta T_{Atr}} = 41^{(1)}$	43	45	39	40	42	43	43
		50	36	39	41	42	
		55	35	38	41	42	
$D_{2m\eta T_{Atr}} = 42$	44	50	37	40	42	43	44
		55	36	39	42	43	
		60	36	39	42	43	
$D_{2m\eta T_{Atr}} = 46^{(1)}$	48	50	43	45	47	48	48
		55	41	44	46	47	
		60	40	43	46	47	
$D_{2m\eta T_{Atr}} = 47$	49	55	42	45	47	48	49
		60	41	44	47	48	
$D_{2m\eta T_{Atr}} = 51^{(1)}$	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  $R_{Atr}$  de los componentes del huecos expresado en la tabla 3.4 se aplica a las ventanas que dispongan de aireadores, sistemas de microventilación o cualquier otro sistema de abertura de admisión de aire con dispositivos de cierre en posición cerrada.

En las disposiciones constructivas aportadas aparece únicamente la cubierta, sin relación con el resto de elementos delimitadores de recinto, dada la enorme variedad de situaciones que se pueden producir y por no ser objeto de este manual.

A continuación se incluye una tabla resumen con los valores de referencia de aislamiento acústico en laboratorio y masa superficial que pueden considerarse para las soluciones de cubierta de tablero cerámico de este manual:

**Tabla** *Parámetros acústicos de referencia para las cubiertas*

Código tipo	Código subtipos <sup>(1)</sup>	Soportes resistentes <sup>(1)</sup>	m (kg/m <sup>2</sup> )	R <sub>A</sub> (dBA)	R <sub>Atr</sub> (dBA)
QB02	QB02.U.EC.a	U20.EC	305	54	50
	QB02.U.EC.b	U25.EC	333	55	50
	QB02.U.EC.c	U30.EC	360	57	52
	QB02.R.EC.a	R20.EC	319	55	50
	QB02.R.EC.b	R25.EC	365	57	52
	QB02.R.EC.c	R30.EC	409	59	54
	QB02.U.EH.a	U20.EH	332	55	50
	QB02.U.EH.b	U25.EH	372	57	52
	QB02.U.EH.c	U30.EH	413	59	54
	QB02.U.EA.a	U20.EA	307	54	50
	QB02.U.EA.b	U25.EA	342	56	51
	QB02.U.EA.c	U30.EA	378	57	52
	QB02.R.EH.a	R20.EH	335	56	51
	QB02.R.EH.b	R25.EH	385	58	53
	QB02.R.EH.c	R30.EH	433	60	55
	QB02.R.EA.a	R20.EA	323	55	50
	QB02.R.EA.b	R25.EA	369	57	52
	QB02.R.EA.c	R30.EA	417	59	54
	QB02.R.SE.a	R20.SE	289	53	49
	QB02.R.SE.b	R25.SE	344	56	51
	QB02.R.SE.c	R30.SE	388	58	53
QB02.L.a	L20	395	58	53	
QB02.L.b	L25	459	59	54	
QB02.L.c	L30	504	62	57	
QB08	QB08.U.EC.a	U20.EC	305	54	50
	QB08.U.EC.b	U25.EC	333	55	50
	QB08.U.EC.c	U30.EC	360	57	52
	QB08.R.EC.a	R20.EC	319	55	50
	QB08.R.EC.b	R25.EC	365	57	52
	QB08.R.EC.c	R30.EC	409	59	54

Código tipo	Código subtipos <sup>(1)</sup>	Soportes resistentes <sup>(1)</sup>	m (kg/m <sup>2</sup> )	R <sub>A</sub> (dBA)	R <sub>Atr</sub> (dBA)
QB08	QB08.U.EH.a	U20.EH	332	55	50
	QB08.U.EH.b	U25.EH	372	57	52
	QB08.U.EH.c	U30.EH	413	59	54
	QB08.U.EA.a	U20.EA	307	54	50
	QB08.U.EA.b	U25.EA	342	56	51
	QB08.U.EA.c	U30.EA	378	57	52
	QB08.R.EH.a	R20.EH	335	56	51
	QB08.R.EH.b	R25.EH	385	58	53
	QB08.R.EH.c	R30.EH	433	60	55
	QB08.R.EA.a	R20.EA	323	55	50
	QB08.R.EA.b	R25.EA	369	57	52
	QB08.R.EA.c	R30.EA	417	59	54
	QB08.R.SE.a	R20.SE	289	53	49
	QB08.R.SE.b	R25.SE	344	56	51
	QB08.R.SE.c	R30.SE	388	58	53
	QB08.L.a	L20	395	58	53
	QB08.L.b	L25	459	59	54
	QB08.L.c	L30	504	62	57
QB10	QB010.U.EC.a	U20.EC	305	54	50
	QB010.U.EC.b	U25.EC	333	55	50
	QB010.U.EC.c	U30.EC	360	57	52
	QB010.U.EH.a	U20.EH	332	55	50
	QB010.U.EH.b	U25.EH	372	57	52
	QB010.U.EH.c	U30.EH	413	59	54
	QB010.U.EA.a	U20.EA	307	54	50
	QB010.U.EA.b	U25.EA	342	56	51
	QB010.U.EA.c	U30.EA	378	57	52
	QB010.L.a	L20	395	58	53
	QB010.L.b	L25	459	59	54
	QB010.L.c	L30	504	62	57
QB12	QB012.U.EC.a	U20.EC	305	54	50
	QB012.U.EC.b	U25.EC	333	55	50
	QB012.U.EC.c	U30.EC	360	57	52
	QB012.R.EC.a	R20.EC	319	55	50
	QB012.R.EC.b	R25.EC	365	57	52
	QB012.R.EC.c	R30.EC	409	59	54

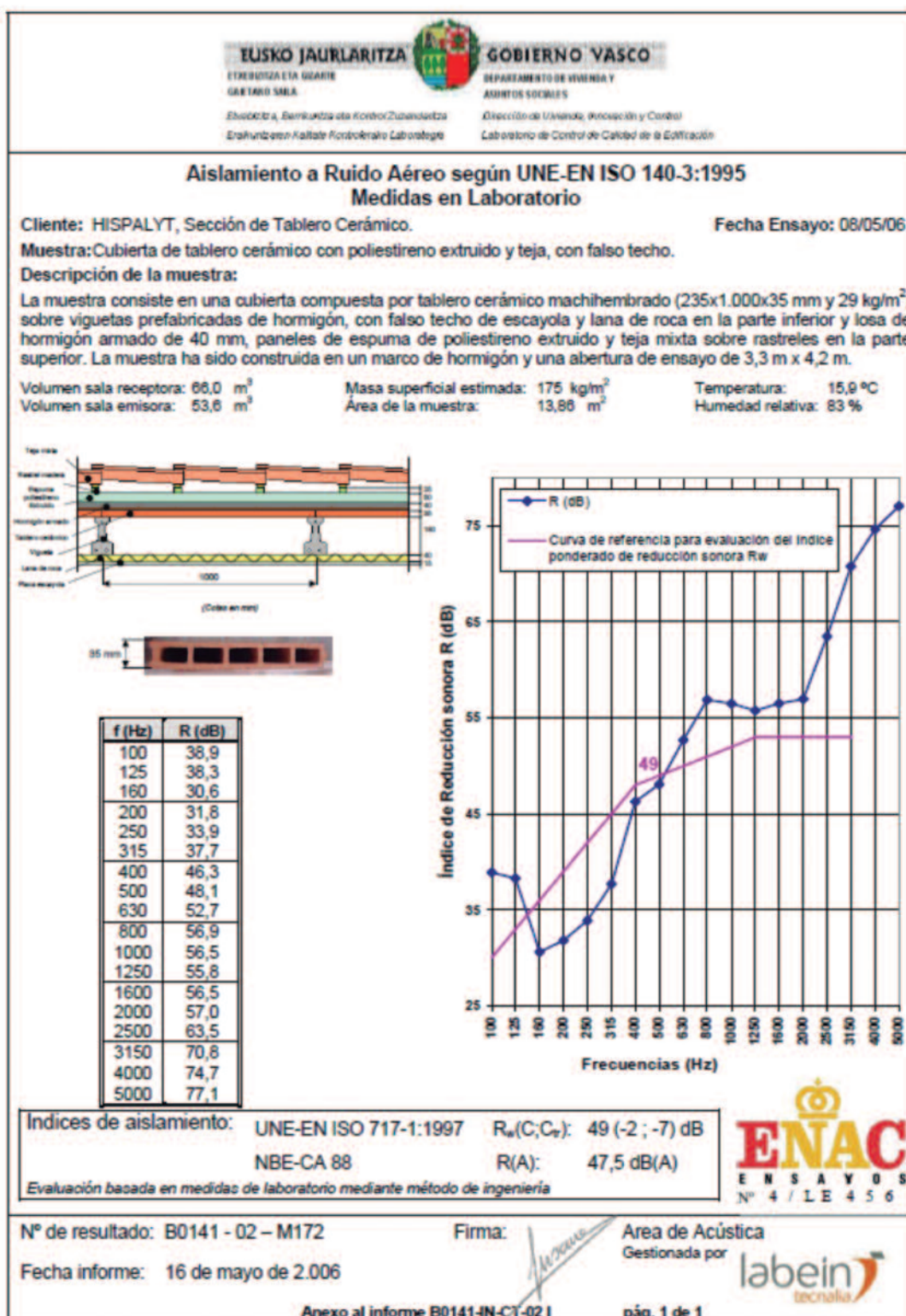



Código tipo	Código subtipos <sup>(1)</sup>	Soportes resistentes <sup>(1)</sup>	m (kg/m <sup>2</sup> )	R <sub>A</sub> (dBA)	R <sub>Atr</sub> (dBA)
QB12	QB012.U.EH.a	U20.EH	332	55	50
	QB012.U.EH.b	U25.EH	372	57	52
	QB012.U.EH.c	U30.EH	413	59	54
	QB012.U.EA.a	U20.EA	307	54	50
	QB012.U.EA.b	U25.EA	342	56	51
	QB012.U.EA.c	U30.EA	378	57	52
	QB012.R.EH.a	R20.EH	335	56	51
	QB012.R.EH.b	R25.EH	385	58	53
	QB012.R.EH.c	R30.EH	433	60	55
	QB012.R.EA.a	R20.EA	323	55	50
	QB012.R.EA.b	R25.EA	369	57	52
	QB012.R.EA.c	R30.EA	417	59	54
	QB012.R.SE.a	R20.SE	289	53	49
	QB012.R.SE.b	R25.SE	344	56	51
	QB012.R.SE.c	R30.SE	388	58	53
	QB012.L.a	L20	395	58	53
	QB012.L.b	L25	459	59	54
	QB012.L.c	L30	504	62	57
QB13	QB013 Convencional	TC	178	44	40
	QB013 Invertida	TC	178	44	40
QB14	QB014	TC	207	47	42
QB15	QB15	TC	147	41	39

(1) Para conocer los componentes y descifrar la codificación de las soluciones de cubierta incluidas en esta tabla consultar los apartados 4.1 y 4.2 de este manual.

Estos valores de referencia de aislamiento acústico han sido establecidos en base a datos procedentes del Catálogo de Elementos Constructivos del Ministerio de Fomento y datos de ensayos de aislamiento acústico en laboratorio realizados por Hispalyt.

Se incorporan a continuación resultados de ensayos en laboratorio de algunas soluciones de cubierta de tablero cerámico con viguetas autoportantes. Los informes de ensayos pueden ser solicitados a los fabricantes de tablero cerámico de Hispalyt, que aparecen publicados en la web [www.hispalyt.es](http://www.hispalyt.es).





**EUSKO JAURLARITZA**      **GOBIERNO VASCO**  
 ETxeberritza eta Garapenaren Saila      DEPARTAMENTO DE VIVIENDA Y ASUNTOS SOCIALES  
 Etxeberritza, Berrikuntza eta Aurrerazuzenitate      Zuzendaritza de Inbentzio, Inbentzio eta Kontrola  
 Enkuntzearen Kataloa / Inbentzioaren Laborategia      Laborategia de Kontrola de Kalitatea de la Edifikazioa

### Aislamiento a Ruido Aéreo según UNE-EN ISO 140-3:1995 Medidas en Laboratorio

**Cliente:** HISPALYT, Sección de Tablero Cerámico. **Fecha Ensayo:** 12/07/06

**Muestra:** Cubierta de tablero cerámico, con poliestireno extruido y teja.

**Descripción de la muestra:**  
 La muestra consiste en una cubierta compuesta por tablero cerámico machihembrado (235x1.000x35 mm y 29 kg/m<sup>2</sup>) sobre viguetas prefabricadas de hormigón, con losa de hormigón armado de 40 mm, paneles de espuma de poliestireno extruido (90 mm) y teja mixta sobre rastreles en la parte superior y 15 mm de yeso en la parte inferior. La muestra ha sido construida en un marco de hormigón y una abertura de ensayo de 3,3 m x 4,2 m.

Volumen sala receptora: 68,7 m<sup>3</sup>      Masa superficial estimada: 178 kg/m<sup>2</sup>      Temperatura: 20,2 °C  
 Volumen sala emisora: 53,6 m<sup>3</sup>      Área de la muestra: 13,86 m<sup>2</sup>      Humedad relativa: 80 %

f (Hz)	R (dB)
100	32,5
125	31,6
160	29,2
200	29,4
250	31,8
315	36,1
400	40,7
500	42,5
630	45,6
800	48,8
1000	47,4
1250	48,1
1600	49,6
2000	54,1
2500	59,2
3150	62,9
4000	66,1
5000	68,5


Indices de aislamiento: UNE-EN ISO 717-1:1997      R<sub>w</sub>(C;C<sub>tr</sub>): 45 (-2 ; -5) dB  
 NBE-CA 88      R(A): 44,4 dB(A)  
*Evaluación basada en medidas de laboratorio mediante método de ingeniería*

Nº de resultado: B0141 - 02 - M196  
 Fecha informe: 10 de agosto de 2.006

Firma:   
 Área de Acústica  
 Gestionada por

Anexo al informe B0141-IN-CT-02 III      pág. 1 de 1

Este documento es una copia en PDF del Informe original, por solicitud de nuestro cliente.



**EUSKO JAURLARITZA** **GOBIERNO VASCO**  
 EREKIDETZA ETA GIZARTE GAETARO SAILA DEPARTAMENTO DE VIVIENDA Y ASUNTOS SOCIALES  
 Ebasoketza, Berruntza eta Kontroizuzendaritza Dirección de Urbanismo, Innovación y Control  
 Erakuntzen Kalitate Kontrolerako Laborategia Laboratorio de Control de Calidad de la Edificación

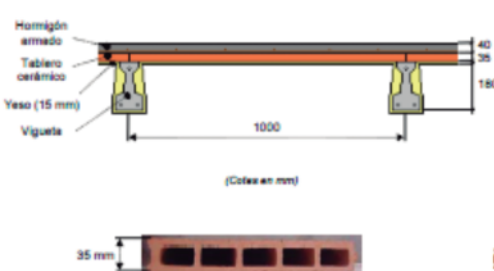
### Aislamiento a Ruido Aéreo según UNE-EN ISO 140-3:1995 Medidas en Laboratorio

**Cliente:** HISPALYT, Sección de Tablero Cerámico. **Fecha Ensayo:** 07/07/06

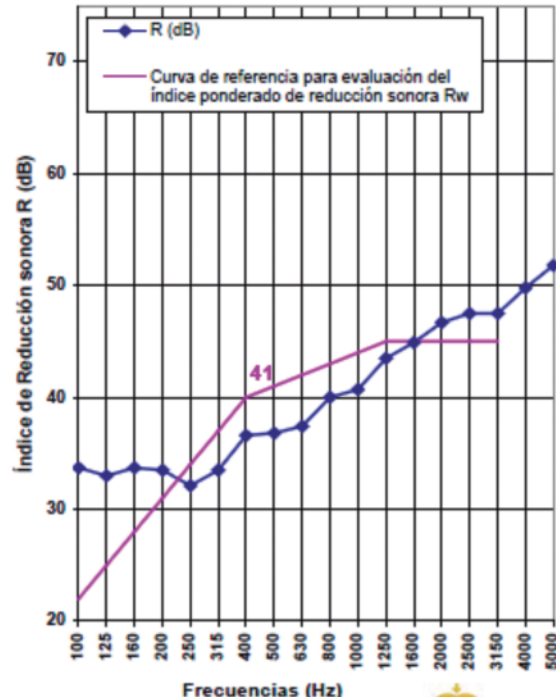
**Muestra:** Cubierta de tablero cerámico.

**Descripción de la muestra:**  
 La muestra consiste en una cubierta compuesta por tablero cerámico machihembrado (235x1.000x35 mm y 29 kg/m<sup>2</sup>) sobre viguetas prefabricadas de hormigón, con losa de hormigón armado de 40 mm y 15 mm de yeso en la parte inferior. La muestra ha sido construida en un marco de hormigón y una abertura de ensayo de 3,3 m x 4,2 m.

Volumen sala receptora: 68,7 m<sup>3</sup>      Masa superficial estimada: 147 kg/m<sup>2</sup>      Temperatura: 19,9 °C  
 Volumen sala emisora: 53,6 m<sup>3</sup>      Área de la muestra: 13,86 m<sup>2</sup>      Humedad relativa: 85 %




(Colores en mm)



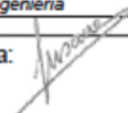
f (Hz)	R (dB)
100	33,7
125	33,0
160	33,7
200	33,5
250	32,1
315	33,5
400	36,6
500	36,8
630	37,4
800	40,0
1000	40,7
1250	43,5
1600	44,9
2000	46,7
2500	47,5
3150	47,5
4000	49,8
5000	51,8

Indices de aislamiento: UNE-EN ISO 717-1:1997      R<sub>w</sub>(C;C<sub>tr</sub>): 41 (0; -2) dB  
 NBE-CA 88      R(A): 41,4 dB(A)  
*Evaluación basada en medidas de laboratorio mediante método de ingeniería*




**ENAC**  
ENSAYOS  
Nº 4 / LE 4 5 6

Nº de resultado: B0141 - 02 – M195

Firma: 

Area de Acústica  
Gestionada por

Fecha informe: 21 de julio de 2.006



**Anexo al informe B0141-IN-CT-02 II**      pág. 1 de 1

Este documento es una copia en PDF del Informe original, por solicitud de nuestro cliente.

## 5.2.7 DB HE: Ahorro de energía

Las cubiertas de tablero cerámico deberán cumplir las condiciones necesarias para satisfacer las exigencias establecidas en el DB HE del CTE recogidas en las “Especificaciones” del apartado 5.1.6 de este manual.

Para la correcta verificación y justificación del cumplimiento de las exigencias recogidas en el DB HE del CTE deben realizarse las siguientes comprobaciones:

- Verificación de las exigencias relativas a la limitación de la demanda energética, limitación de las descompensaciones en edificios de uso residencial privado y limitación del daño por condensaciones, con los datos y solicitaciones definidos, utilizando un procedimiento de cálculo acorde a las especificaciones establecidas en el DB HE del CTE.
- Cumplimiento de las características especificadas en el DB HE del CTE relacionadas con las propiedades higrotérmicas de los productos de construcción y sistemas técnicos.
- Cumplimiento de las condiciones especificadas en el DB HE del CTE relativas a la construcción (proceso de ejecución, control de la ejecución y el control de la obra terminada) de los sistemas técnicos expuestas.

Se dimensionará el espesor de la capa de aislamiento térmico para cumplir las exigencias del DB HE 0 y DB HE 1 del CTE de la zona climática correspondiente, incorporando barrera de vapor en la cara inferior del aislamiento, en el supuesto de que se prevean condensaciones intersticiales que produzcan una merma significativa de las prestaciones térmicas del aislante.

Si bien la justificación del cumplimiento de las exigencias térmicas del DB HE del CTE debe realizarse empleando la Herramienta Unificada LIDER-CALENER (HULC) o cualquier procedimiento de cálculo similar que cumpla las especificaciones del apartado 5.1.1 del DB HE, en el Apéndice E de dicho documento se recogen unos valores orientativos de los parámetros característicos de la envolvente térmica para el predimensionado de soluciones constructivas en uso residencial.

El uso de soluciones constructivas con parámetros característicos iguales a los indicados en el Apéndice E no garantiza el cumplimiento de la exigencia pero debería conducir a soluciones próximas a su cumplimiento. Dichos valores se han obtenido considerando unos puentes térmicos equivalentes a los del edificio de referencia y un edificio de una compacidad media.

**DB HE 1 Extracto Tabla E.1. Transmitancia del elemento ( $W/m^2 K$ )**

Transmitancia del elemento ( $W/m^2K$ )	Zona climática					
	$\alpha$	A	B	C	D	E
<b>Uc</b>	0,5	0,47	0,33	0,23	0,22	0,19

Uc: Transmitancia térmica de cubiertas

Por tanto, para realizar un predimensionado de la cubierta, se recomienda partir inicialmente de los valores de transmitancia de cubierta recogidos en el Apéndice E del DB HE del CTE, y a continuación, al realizar la verificación del cumplimiento de las exigencias con la Herramienta Unificada LIDER-CALENER (HULC) o el software de cálculo térmico que se esté empleando, dependiendo del diseño del edificio objeto, reducir o incrementar la resistencia térmica mínima del aislante térmico ( $R_{AT}$ ) de la cubierta para el cumplimiento de las exigencias.

En tablas del apartado 5.2.8 de este manual, para cada solución de cubierta considerada, se establecen los valores de resistencia térmica mínima del aislante térmico  $R_{AT}$  ( $m^2K/W$ ), necesaria para cumplir un determinado valor de transmitancia térmica  $U_{lim}$ . En las tablas deberá tomarse el valor inmediatamente inferior al de la  $U_{lim}$  requerida, o interpolarse linealmente.

El cumplimiento del DB HE 1 del CTE de las cubiertas con tablero cerámico en cuanto a condensaciones superficiales de los puentes térmicos, se considera que se garantiza al adoptarse las soluciones sombreadas de las siguientes tablas:

**Tablas CSC (Catálogo de Soluciones Cerámicas) Apartado 3.11.10 Comprobación frente a condensaciones superficiales. Encuentro fachada – cubierta**

**FACHADA DE DOBLE HOJA SIN CÁMARA DE AIRE O CON CÁMARA NO VENTILADA**

HOJA EXTERIOR Y AISLANTE PASANDO POR DELANTE DEL FORJADO		HOJA EXTERIOR PASANTE POR DELANTE DEL FORJADO		FRENTES DE FORJADO CHAPADO		ENRASADO CON CARA EXTERIOR DE FACHADA	
Cubierta ventilada	Cubierta sin ventilar	Cubierta ventilada	Cubierta sin ventilar	Cubierta ventilada	Cubierta sin ventilar	Cubierta ventilada	Cubierta sin ventilar

Zona climática

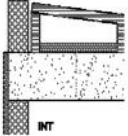
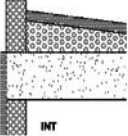
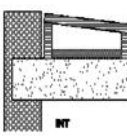
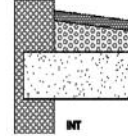
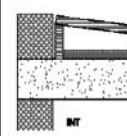
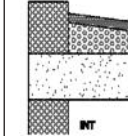
A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
							D										D	D				D	D																

**FACHADA DE DOBLE HOJA CON CÁMARA DE AIRE VENTILADA**

HOJA EXTERIOR Y AISLANTE PASANDO POR DELANTE DEL FORJADO		HOJA EXTERIOR PASANTE POR DELANTE DEL FORJADO		FRENTES DE FORJADO CHAPADO		ENRASADO CON CARA EXTERIOR DE FACHADA	
Cubierta ventilada	Cubierta sin ventilar	Cubierta ventilada	Cubierta sin ventilar	Cubierta ventilada	Cubierta sin ventilar	Cubierta ventilada	Cubierta sin ventilar

Zona climática


A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E

UNA HOJA CON AISLAMIENTO EXTERIOR		FACHADA UNA HOJA SIN AISLAMIENTO			
AISLANTE PASANDO POR DELANTE DEL FORJADO		FRENTE DE FORJADO CHAPADO		FORJADO ENRASADO CON CARA EXTERIOR DE FACHADA	
Cubierta ventilada	Cubierta sin ventilar	Cubierta ventilada	Cubierta sin ventilar	Cubierta ventilada	Cubierta sin ventilar
					


Zona climática

A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
								D	D				D	D				D										D	

**NOTAS**

  $f_{Rsi} \geq f_{Rsi,min}$ . Cumple la comprobación de la limitación de condensaciones superficiales según el apartado 3.2.3 del DB HE1 en caso de forjados con viga plana o descolgada

  $f_{Rsi} \geq f_{Rsi,min}$ . Cumple la comprobación de la limitación de condensaciones superficiales según el apartado 3.2.3 del DB HE1 en caso de forjados con viga descolgada

  $f_{Rsi} < f_{Rsi,min}$

(1) En los casos de incumplimiento, se puede optar por colocar una banda de aislante de ancho mínimo 1m por debajo del forjado de forma que se una al aislante en fachada, con un  $R_{AT} \geq 0,30 \text{ m}^2\text{K/W}$

En el resto de la cubierta (paños continuos) se considera que, con un aislante térmico de  $R_{AT}$  superior al exigido por la transmitancia límite de la cubierta para cumplir las limitaciones de la demanda energética, se considera que no existe riesgo de condensaciones superficiales.

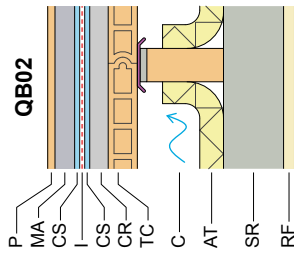
En cuanto a las condensaciones intersticiales, debe realizarse una comprobación según el procedimiento indicado en el DB HE 1 del CTE, que dependerá, entre otras cosas, de las propiedades del tipo de aislante utilizado.

## 5.2.8 Tablas de prestaciones de las cubiertas con tablero cerámico

### CUBIERTAS SOBRE FORJADO

Cubiertas sobre un soporte resistente de carácter superficial (forjado unidireccional, forjado reticular, losa, etc): QB02, QB08, QB10 y QB12.

**QB02: Plana, ventilada, convencional, con pavimento fijo**



Para conocer los componentes y descifrar la codificación de este tipo de cubierta consultar los apartados 4.1 y 4.2 de este manual. Para conocer los tipos y detalles constructivos de esta cubierta sobre forjado consultar el apartado 4.3.1 de este manual.

Código	Composición	Canto (cm)	SI <sup>(1)</sup>	HE																				
				U (W/m²K)																				
				E	D	C	B	E	D	A	αC	B	A	α										
				Resistencia térmica mínima del aislante R <sub>At</sub> (m²K/W)																				
				0,15	0,19	0,2	0,22	0,23	0,25	0,3	0,33	0,35	0,4	0,45	0,47	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	1	1,2
QB02.U.EC.a	SF+MA+(CS)+I+(CS)+CR+TC+C+AT+U20.EC+RF	20+5		6,21	4,81	4,54	4,09	3,89	3,54	2,88	2,57	2,40	2,04	1,76	1,67	1,54	1,36	1,21	1,08	0,97	0,88	0,79	0,54	0,38
QB02.U.EC.b	SF+MA+(CS)+I+(CS)+CR+TC+C+AT+U25.EC+RF	25+5	EI180	6,17	4,77	4,50	4,05	3,85	3,50	2,84	2,53	2,36	2,00	1,72	1,63	1,50	1,32	1,17	1,04	0,93	0,84	0,75	0,50	0,34
QB02.U.EC.c	SF+MA+(CS)+I+(CS)+CR+TC+C+AT+U30.EC+RF	30+5		6,14	4,74	4,47	4,02	3,82	3,47	2,81	2,50	2,33	1,97	1,69	1,60	1,47	1,29	1,14	1,01	0,90	0,81	0,72	0,47	0,31
QB02.R.EC.a	SF+MA+(CS)+I+(CS)+CR+TC+C+AT+R20.EC+RF	20+5		6,34	4,94	4,67	4,22	4,02	3,67	3,01	2,70	2,53	2,17	1,89	1,80	1,67	1,49	1,34	1,21	1,10	1,01	0,92	0,67	0,51
QB02.R.EC.b	SF+MA+(CS)+I+(CS)+CR+TC+C+AT+R25.EC+RF	25+5	EI240	6,31	4,91	4,64	4,19	3,99	3,64	2,98	2,67	2,50	2,14	1,86	1,77	1,64	1,46	1,31	1,18	1,07	0,98	0,89	0,64	0,48
QB02.R.EC.c	SF+MA+(CS)+I+(CS)+CR+TC+C+AT+R30.EC+RF	30+5		6,29	4,89	4,62	4,17	3,97	3,62	2,96	2,65	2,48	2,12	1,84	1,75	1,62	1,44	1,29	1,16	1,05	0,96	0,87	0,62	0,46

DB HE Septiembre 2013. Valores Tablas 2.3. para evitar descompensaciones

DB HE Septiembre 2013. Valores Tablas E.1. valores orientativos Anejo E

(1) Se dan valores mínimos de resistencia EI considerando los espesores de capa de compresión del forjado y de mortero de agarre, capa de regularización y/o tablero cerámico, según el caso. No se tiene en cuenta el espesor de la capa de formación de pendientes, porque depende de su situación.

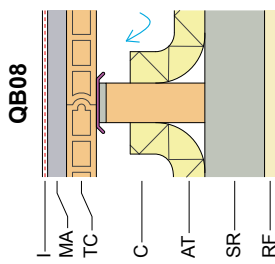
Pueden obtenerse resistencias mayores teniendo en cuenta el espesor de otros elementos que mantengan su función aislante durante todo el periodo de resistencia al fuego (por ejemplo un guarnecido de yeso, un falso techo resistente al fuego, pavimento, etc.).

Por otro lado, debe comprobarse la resistencia R del forjado, según anejo C del espacio DBSI, en función de parámetros como el coeficiente de sobredimensionado, el recubrimiento mecánico de las armaduras o la dimensión mínima de nervio.



**QB08: Plana, ventilada, convencional, autoprotegida**

Para conocer los componentes y descifrar la codificación de este tipo de cubierta consultar los apartados 4.1 y 4.2 de este manual. Para conocer los tipos y detalles constructivos de esta cubierta sobre forjado consultar el apartado 4.3.1 de este manual.



Código	Composición	Canto (cm)	SI <sup>(1)</sup>	HE																				
				U (W/m²K)																				
				E	D	C	B	E	D	A	αC	B	A	α										
				0,15	0,19	0,2	0,22	0,23	0,25	0,3	0,33	0,35	0,4	0,45	0,47	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	1	1,2
Resistencia térmica mínima del aislante R <sub>At</sub> (m²K/W)																								
QB08.U.EC.a	I+MA+TC+C+AT+U20.EC+RF	20+5		6,21	4,81	4,54	4,09	3,89	3,54	2,88	2,57	2,40	2,04	1,76	1,67	1,54	1,36	1,21	1,08	0,97	0,88	0,79	0,54	0,38
QB08.U.EC.b	I+MA+TC+C+AT+U25.EC+RF	25+5	EI 120	6,17	4,77	4,50	4,05	3,85	3,50	2,84	2,53	2,36	2,00	1,72	1,63	1,50	1,32	1,17	1,04	0,93	0,84	0,75	0,50	0,34
QB08.U.EC.c	I+MA+TC+C+AT+U30.EC+RF	30+5		6,14	4,74	4,47	4,02	3,82	3,47	2,81	2,50	2,33	1,97	1,69	1,60	1,47	1,29	1,14	1,01	0,90	0,81	0,72	0,47	0,31
QB08.R.EC.a	I+MA+TC+C+AT+R20.EC+RF	20+5		6,34	4,94	4,67	4,22	4,02	3,67	3,01	2,70	2,53	2,17	1,89	1,80	1,67	1,49	1,34	1,21	1,10	1,01	0,92	0,67	0,51
QB08.R.EC.b	I+MA+TC+C+AT+R25.EC+RF	25+5	EI 180	6,31	4,91	4,64	4,19	3,99	3,64	2,98	2,67	2,50	2,14	1,86	1,77	1,64	1,46	1,31	1,18	1,07	0,98	0,89	0,64	0,48
QB08.R.EC.c	I+MA+TC+C+AT+R30.EC+RF	30+5		6,29	4,89	4,62	4,17	3,97	3,62	2,96	2,65	2,48	2,12	1,84	1,75	1,62	1,44	1,29	1,16	1,05	0,96	0,87	0,62	0,46

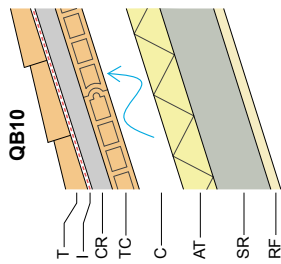
DB HE Septiembre 2013. Valores Tablas 2.3. para evitar descompensaciones

DB HE Septiembre 2013. Valores Tablas E.1. valores orientativos Anejo E

(1) Se dan valores mínimos de resistencia El considerando los espesores de capa de compresión del forjado y de mortero de agarre, capa de regularización y/o tablero cerámico, según el caso. No se tiene en cuenta el espesor de la capa de formación de pendientes, porque depende de su situación. Pueden obtenerse resistencias mayores teniendo en cuenta el espesor de otros elementos que mantengan su función aislante durante todo el periodo de resistencia al fuego (por ejemplo un guarnecido de yeso, un falso techo resistente al fuego, pavimento, etc.). Por otro lado, debe comprobarse la resistencia R del forjado, según anejo C del DB SI, en función de parámetros como el coeficiente de sobredimensionado, el recubrimiento mecánico de las armaduras o la dimensión mínima de nervio.

**QB10: Inclinada, con soporte resistente inclinado, ventilada, convencional, con tejado**

Para conocer los componentes y descifrar la codificación de este tipo de cubierta consultar los apartados 4.1 y 4.2 de este manual. Para conocer los tipos y detalles constructivos de esta cubierta sobre forjado consultar el apartado 4.3.1 de este manual.

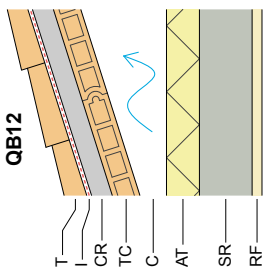


Código	Composición	Canto (cm)	SI <sup>(1)</sup>	HE																				
				U (W/m <sup>2</sup> K)																				
				E	D	C	B	E	D	A	αC	B	A	α										
Resistencia térmica mínima del aislante R <sub>at</sub> (m <sup>2</sup> K/W)																								
QB10.U.EC.a	T+(I)+CR+TC+C+AT+U20.EC+RF	20+5		6,21	4,81	4,54	4,09	3,89	3,54	2,88	2,57	2,40	2,04	1,76	1,67	1,54	1,36	1,21	1,08	0,97	0,88	0,79	0,54	0,38
QB10.U.EC.b	T+(I)+CR+TC+C+AT+U25.EC+RF	25+5	EI 120	6,17	4,77	4,50	4,05	3,85	3,50	2,84	2,53	2,36	2,00	1,72	1,63	1,50	1,32	1,17	1,04	0,93	0,84	0,75	0,50	0,34
QB10.U.EC.c	T+(I)+CR+TC+C+AT+U30.EC+RF	30+5		6,14	4,74	4,47	4,02	3,82	3,47	2,81	2,50	2,33	1,97	1,69	1,60	1,47	1,29	1,14	1,01	0,90	0,81	0,72	0,47	0,31

DB HE Septiembre 2013. Valores Tablas 2.3. para evitar descompensaciones  
 DB HE Septiembre 2013. Valores Tablas E.1. valores orientativos Anejo E

(1) Se dan valores mínimos de resistencia El considerando los espesores de capa de compresión del forjado y de mortero de agarre, capa de regularización y/o tablero cerámico, según el caso. No se tiene en cuenta el espesor de la capa de formación de pendientes, porque depende de su situación. Pueden obtenerse resistencias mayores teniendo en cuenta el espesor de otros elementos que mantengan su función aislante durante todo el periodo de resistencia al fuego (por ejemplo un guarnecido de yeso, un falso techo resistente al fuego, pavimento, etc.). Por otro lado, debe comprobarse la resistencia R del forjado, según anejo C del DB S1, en función de parámetros como el coeficiente de sobredimensionado, el recubrimiento mecánico de las armaduras o la dimensión mínima de nervio.

**QB12: Inclinada, con soporte resistente horizontal, ventilada, convencional, con tejado**



Para conocer los componentes y descifrar la codificación de este tipo de cubierta consultar los apartados 4.1 y 4.2 de este manual. Para conocer los tipos y detalles constructivos de esta cubierta sobre forjado consultar el apartado 4.3.1 de este manual.

Código	Composición	Canto (cm)	SI <sup>(1)</sup>	HE																				
				U (W/m²K)																				
				E	D	C	B	E	D	A	αC	A	B	α										
Resistencia térmica mínima del aislante R <sub>At</sub> (m²K/W)																								
QB12.U.EC.a	T+(I)+CR+TC+C+AT+U20.EC+RF	20+5		6,15	4,75	4,48	4,03	3,83	3,48	2,82	2,51	2,34	1,98	1,70	1,61	1,48	1,30	1,15	1,02	0,91	0,82	0,73	0,48	0,32
QB12.U.EC.b	T+(I)+CR+TC+C+AT+U25.EC+RF	25+5	EI 90	6,11	4,71	4,44	3,99	3,79	3,44	2,78	2,47	2,30	1,94	1,66	1,57	1,44	1,26	1,11	0,98	0,87	0,78	0,69	0,44	0,28
QB12.U.EC.c	T+(I)+CR+TC+C+AT+U30.EC+RF	30+5		6,08	4,68	4,41	3,96	3,76	3,41	2,75	2,44	2,27	1,91	1,63	1,54	1,41	1,23	1,08	0,95	0,84	0,75	0,66	0,41	0,25
QB12.R.EC.a	T+(I)+CR+TC+C+AT+R20.EC+RF	20+5		6,28	4,88	4,61	4,16	3,96	3,61	2,95	2,64	2,47	2,11	1,83	1,74	1,61	1,43	1,28	1,15	1,04	0,95	0,86	0,61	0,45
QB12.R.EC.b	T+(I)+CR+TC+C+AT+R25.EC+RF	25+5	EI 120 <sup>(2)</sup>	6,25	4,85	4,58	4,13	3,93	3,58	2,92	2,61	2,44	2,08	1,80	1,71	1,58	1,40	1,25	1,12	1,01	0,92	0,83	0,58	0,42
QB12.R.EC.c	T+(I)+CR+TC+C+AT+R30.EC+RF	30+5		6,23	4,83	4,56	4,11	3,91	3,56	2,90	2,59	2,42	2,06	1,78	1,69	1,56	1,38	1,23	1,10	0,99	0,90	0,81	0,56	0,40

DB HE Septiembre 2013. Valores Tablas 2.3: para evitar descompensaciones

DB HE Septiembre 2013. Valores Tablas E.1. valores orientativos Anejo E

(1) Se dan valores mínimos de resistencia. El considerando únicamente los espesores de capa de compresión del forjado y de capa niveladora del pavimento, al que se suma un espesor mínimo de 0,5 cm de las paredes del elemento cerámico de entrevigado (equivalente a 1 cm de espesor de hormigón, según el DB SI). Pueden obtenerse resistencias mayores teniendo en cuenta el espesor de otros elementos que mantengan su función aislante durante todo el periodo de resistencia al fuego (por ejemplo un enlucido de yeso, un falso techo resistente al fuego, etc.).

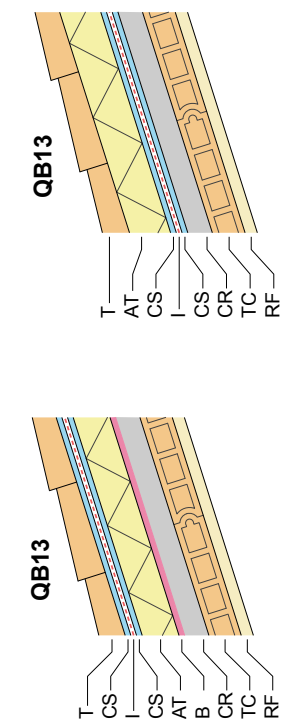
Por otro lado, debe comprobarse la resistencia R del forjado, según el Anejo C del DB SI, en función de parámetros como el coeficiente de sobredimensionado, el recubrimiento mecánico de las armaduras o la dimensión mínima del nervio.

(2) Al menos EI 120 si tiene un revestimiento de yeso como acabado inferior.

### CUBIERTAS SOBRE VIGUETAS AUTOPORTANTES

Cubiertas sobre elementos resistentes de carácter lineal (viguetas metálicas, viguetas autoportantes de hormigón, etc): QB13, QB14 y QB15.

**QB13: Inclinada, con tablero cerámico sobre vigas o cerchas, no ventilada, convencional e invertida, con tejado**



Para conocer los componentes y descifrar la codificación de este tipo de cubierta consultar los apartados 4.1 y 4.2 de este manual. Para conocer los tipos y detalles constructivos de esta cubierta sobre viguetas autoportantes consultar el apartado 4.3.2 de este manual.

Código	Composición	HE																				
		U (W/m²K)																				
		E	D	C	B	E	D	A	αC	A	B	α										
QB13	T+(CS)+(I)+(CS)+AT+(B)+CR+TC+RF	0,15	0,19	0,2	0,22	0,23	0,25	0,3	0,33	0,35	0,4	0,45	0,47	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	1	1,2
		Resistencia térmica mínima del aislante R <sub>AT</sub> (m²K/W)																				
QB13	T+(CS)+(I)+(CS)+AT+(B)+CR+TC+RF	6,26	4,86	4,60	4,14	3,94	3,60	2,93	2,63	2,45	2,10	1,82	1,72	1,60	1,41	1,26	1,13	1,02	0,93	0,85	0,60	0,43

DB HE Septiembre 2013. Valores Tablas 2.3. para evitar descompensaciones

DB HE Septiembre 2013. Valores Tablas E.1. valores orientativos Anejo E

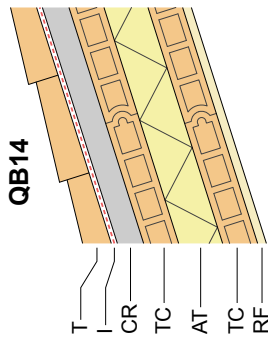
(1) Se dan valores mínimos de resistencia EI considerando los espesores de capa de compresión del forjado y de mortero de agarre, capa de regularización y/o tablero cerámico, según el caso. No se tiene en cuenta el espesor de la capa de formación de pendientes, porque depende de su situación.

Pueden obtenerse resistencias mayores teniendo en cuenta el espesor de otros elementos que mantengan su función aislante durante todo el período de resistencia al fuego (por ejemplo un guarnecido de yeso, un falso techo resistente al fuego, pavimento, etc.). Por otro lado, debe comprobarse la resistencia R del forjado, según anejo C del DB SI, en función de parámetros como el coeficiente de sobredimensionado, el recubrimiento mecánico de las armaduras o la dimensión mínima de nervio.

(2) Al menos EI 60 si tiene un revestimiento de yeso como acabado inferior.

**QB14: Inclclinada, con doble tablero cerámico sobre vigas o cerchas, no ventilada, convencional, con tejado**

Para conocer los componentes y descifrar la codificación de este tipo de cubierta consultar los apartados 4.1 y 4.2 de este manual. Para conocer los tipos y detalles constructivos de esta cubierta sobre viguetas autoportantes consultar el apartado 4.3.2 de este manual.



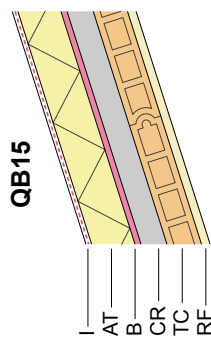
Código	Composición	SI <sup>(1)</sup>	HE																				
			U (W/m <sup>2</sup> K)																				
			E	D	C		B	E	D	A	αC	B	A	α									
QB14	T+(I)+CR+TC+AT+TC+RF	EI 60 <sup>(2)</sup>	0,15	0,19	0,2	0,22	0,23	0,25	0,3	0,33	0,35	0,4	0,45	0,47	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	1, 1,2	
			Resistencia térmica mínima del aislante R <sub>AT</sub> (m <sup>2</sup> K/W)																				
			6,13	4,73	4,46	4,01	3,81	3,46	2,80	2,50	2,32	1,96	1,69	1,59	1,46	1,28	1,13	1,00	0,89	0,80	0,71	0,46	0,30

DB HE Septiembre 2013. Valores Tablas 2.3. para evitar descompensaciones  
 DB HE Septiembre 2013. Valores Tablas E.1. valores orientativos Anejo E

(1) Se dan valores mínimos de resistencia El considerando los espesores de capa de compresión del forjado y de mortero de agarre, capa de regularización y/o tablero cerámico, según el caso. No se tiene en cuenta el espesor de la capa de formación de pendientes, porque depende de su situación.  
 Pueden obtenerse resistencias mayores teniendo en cuenta el espesor de otros elementos que mantengan su función aislante durante todo el periodo de resistencia al fuego (por ejemplo un guarnecido de yeso, un falso techo resistente al fuego, pavimento, etc.). Por otro lado, debe comprobarse la resistencia R del forjado, según anejo C del DB S1, en función de parámetros como el coeficiente de sobredimensionado, el recubrimiento mecánico de las armaduras o la dimensión mínima de nervio.  
 (2) Al menos EI 90 si tiene un revestimiento de yeso como acabado inferior.

**QB15: Inclinada, con tablero cerámico sobre vigas o cerchas, no ventilada, autoprotegida**

Para conocer los componentes y descifrar la codificación de este tipo de cubierta consultar los apartados 4.1 y 4.2 de este manual. Para conocer los tipos y detalles constructivos de esta cubierta sobre viguetas autoprotectas consultar el apartado 4.3.2 de este manual.



Código	Composición	SI <sup>(1)</sup>	HE																				
			U (W/m <sup>2</sup> K)																				
			E	D	C	B	E	D	A	αC	B	A	α										
QB13	I+AT+(B)+CR+TC+RF	EI 30 <sup>(2)</sup>	0,15	0,19	0,2	0,22	0,23	0,25	0,3	0,33	0,35	0,4	0,45	0,47	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	1	1,2
Resistencia térmica mínima del aislante R <sub>at</sub> (m <sup>2</sup> K/W)																							
			6,30	4,90	4,64	4,18	3,99	3,64	2,97	2,67	2,50	2,14	1,86	1,77	1,64	1,46	1,30	1,18	1,07	0,97	0,89	0,64	0,47

**■** DB HE Septiembre 2013. Valores Tablas 2.3. para evitar descompensaciones

**■** DB HE Septiembre 2013. Valores Tablas E.1. valores orientativos Anejo E

(1) Se dan valores mínimos de resistencia EI considerando los espesores de capa de compresión del forjado y de mortero de agarre, capa de regularización y/o tablero cerámico, según el caso. No se tiene en cuenta el espesor de la capa de formación de pendientes, porque depende de su situación.

Pueden obtenerse resistencias mayores teniendo en cuenta el espesor de otros elementos que mantengan su función aislante durante todo el período de resistencia al fuego (por ejemplo, un guarnecido de yeso, un falso techo resistente al fuego, pavimento, etc.). Por otro lado, debe comprobarse la resistencia R del forjado, según anejo C del DB SI, en función de parámetros como el coeficiente de sobredimensionado, el recubrimiento mecánico de las armaduras o la dimensión mínima de nervio.

(2) Al menos EI 60 si tiene un revestimiento de yeso como acabado inferior.

# 6

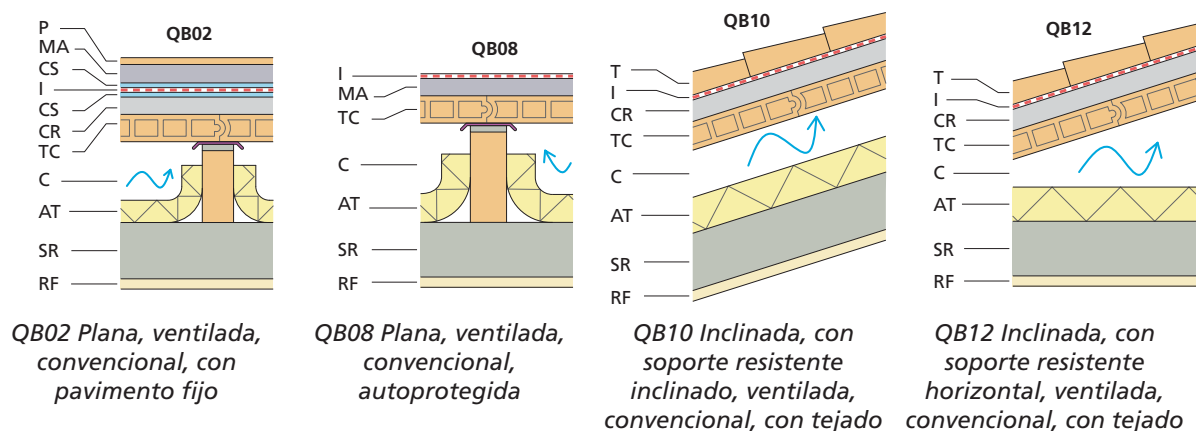
## Puesta en obra de cubiertas con tablero cerámico

En este apartado se recoge la puesta en obra de las cubiertas con tablero cerámico, diferenciando entre cubiertas sobre forjado (apartado 6.1) y cubiertas realizadas sobre viguetas autoportantes (apartado 6.2), englobando en el apartado 6.3 los puntos singulares comunes a ambas.

### 6.1 Cubiertas sobre forjado

La ejecución que se incluye a continuación se refiere a las cubiertas QB02, QB08, QB10 y QB12 descritas en el apartado 4.3.1 de este manual.

Figura 6.1 Tipos de cubiertas de tablero cerámico sobre forjado



Para conocer los componentes y descifrar la codificación de este tipo de cubierta consultar los apartados 4.1 y 4.2 de este manual. Para conocer los tipos y detalles constructivos de estas cubiertas sobre forjado consultar el apartado 4.3.1 de este manual.

#### 6.1.1 Comprobación del soporte estructural

Como paso previo se comprobará que el soporte estructural (forjado, losa, etc.) reúne las condiciones necesarias en cuanto a estabilidad, resistencia, inclinación, dimensiones y planeidad.

Se eliminarán los restos de mortero, pasta, fábricas, etc., con el objeto de conseguir una superficie plana y homogénea, y se realizará una limpieza general de cara a eliminar restos de polvo, suciedad, etc., para garantizar una correcta adherencia de los morteros o pastas que recibirán los elementos de formación de pendiente.

## 6.1.2 Formación de pendientes

Una vez preparado el soporte estructural, tanto si se trata de una cubierta plana (QB02 y QB08), como de una cubierta inclinada (QB10 y QB12), será necesario realizar sobre éste la formación de la pendiente de la cubierta.

### En cubiertas inclinadas

#### **Replanteo de los elementos de formación de pendiente**

El proceso de replanteo en las cubiertas inclinadas es el siguiente:

- 1º. Replanteo de los elementos sobreelevados.
- 2º. Replanteo de limatesas y caballetes.
- 3º. Replanteo de murete de alero.
- 4º. Replanteo de limahoyas.
- 5º. Replanteo de tabiques palomeros.
- 6º. Replanteo de tabiques de arriostramiento.
- 7º. Colocación de las miras.
- 8º. Replanteo vertical.

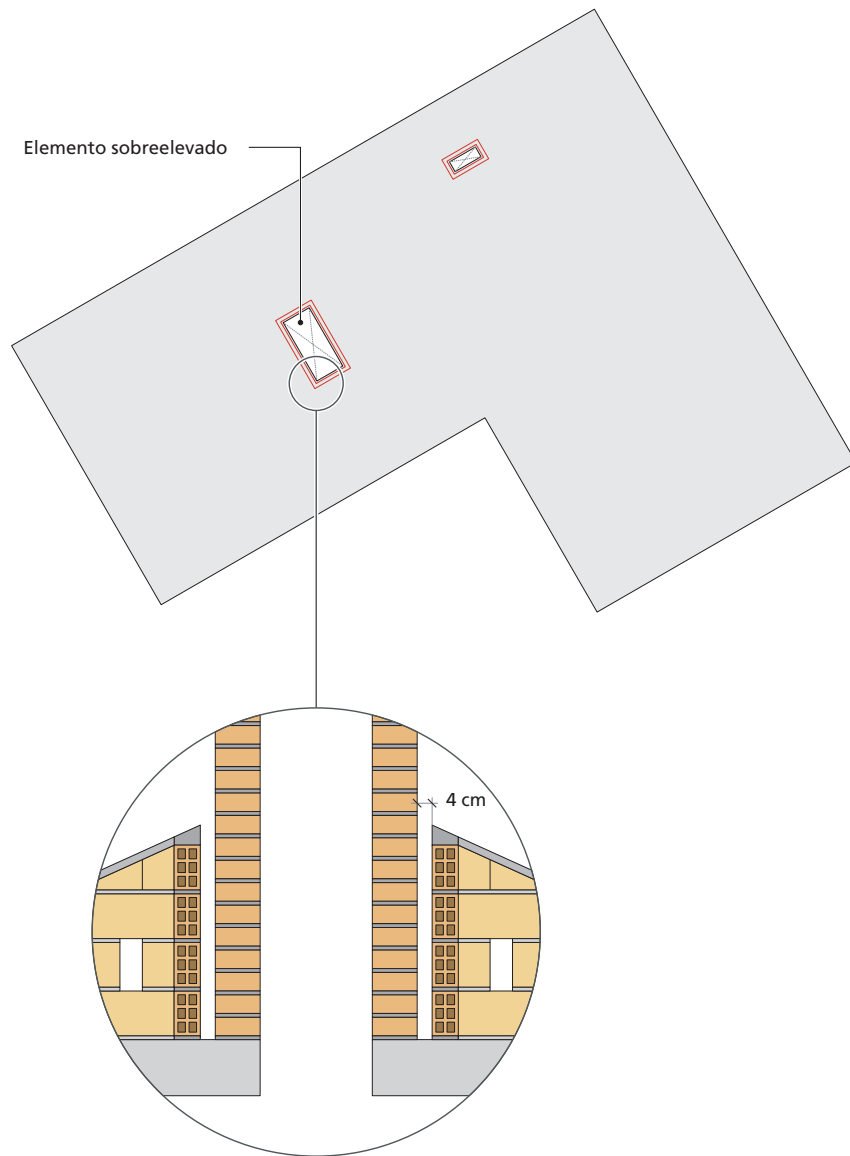
#### *1º. Replanteo de los elementos sobreelevados*

En primer lugar se realizará el replanteo de todos los elementos constructivos que sobresalen de la superficie de la cubierta, como chimeneas, conductos de ventilación, etc. Estos elementos deberán ejecutarse antes que los elementos de formación de pendiente de la cubierta.

Se trazará en planta la forma de los tabiques palomeros de ladrillo hueco doble de espesor  $\geq 7$  cm, correspondientes al perímetro de los elementos sobreelevados, dejando una separación de unos 4 cm con los mismos.



Figura 6.2 Replanteo de elementos sobreelevados en cubierta inclinada sobre forjado

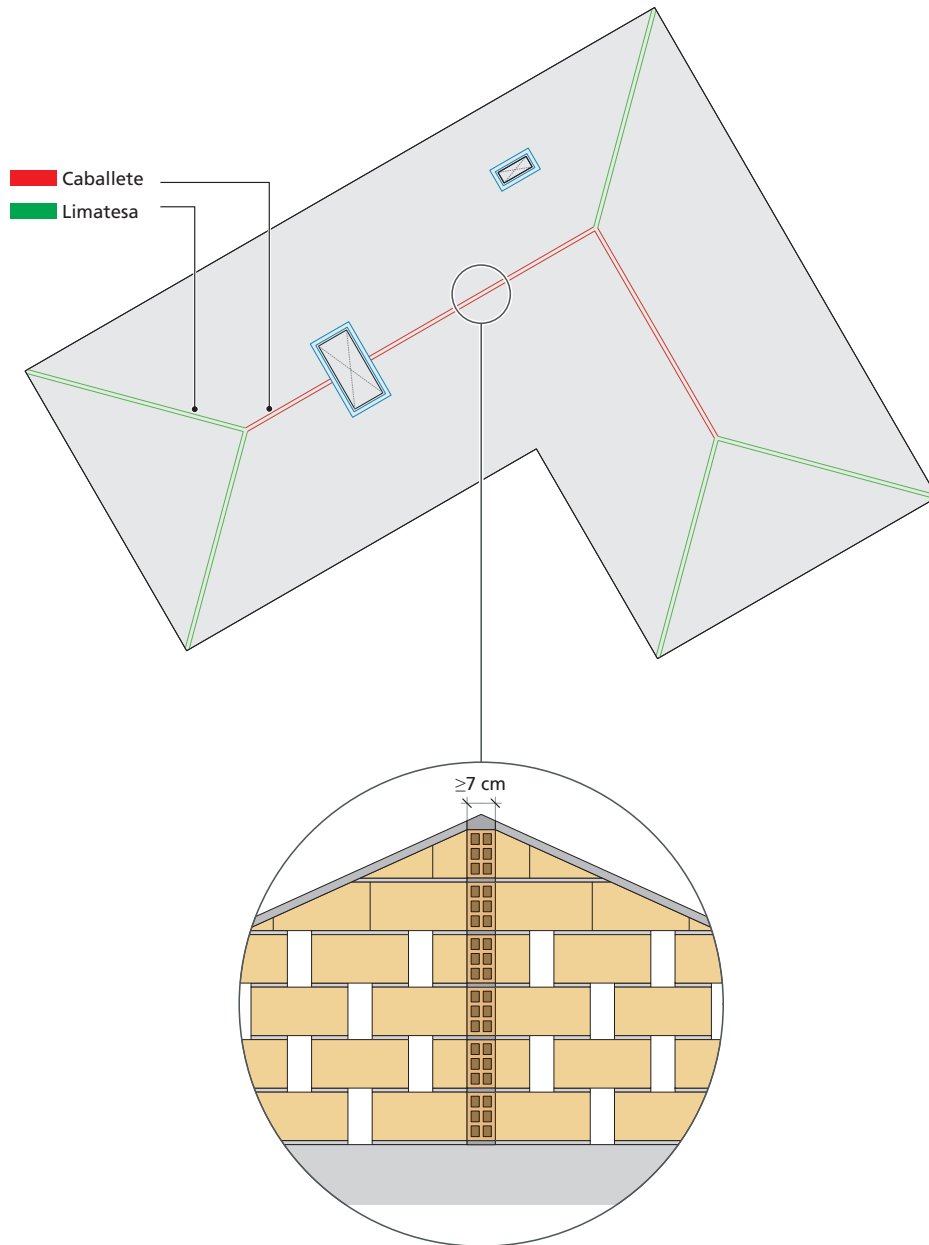


## 2º. Replanteo de limatesas y caballetes

En segundo lugar se llevará a cabo el replanteo de las limatesas y caballetes.

Se trazarán en planta las formas de los tabiques palomeros de ladrillo hueco doble de espesor  $\geq 7$  cm, correspondientes a limatesas y caballetes.

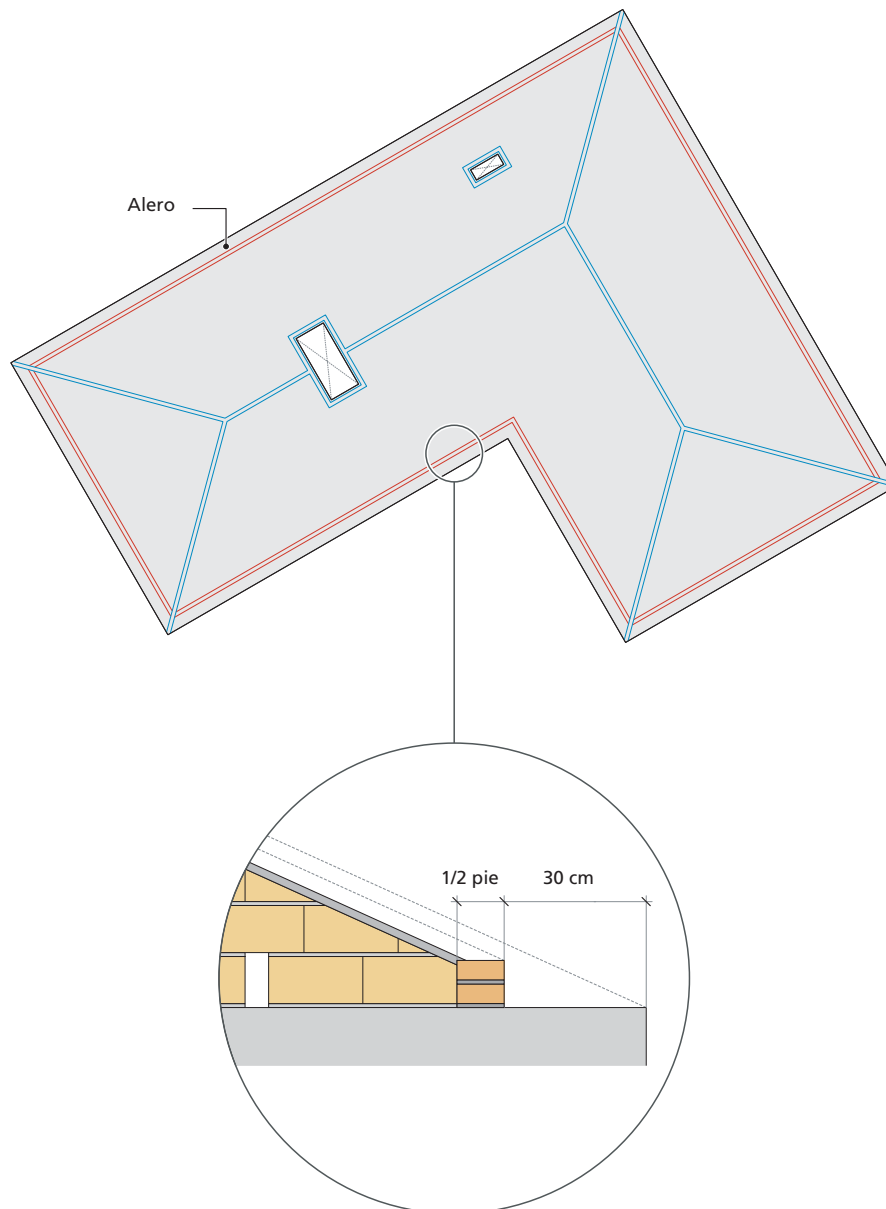
Figura 6.3 Replanteo de limatesas y caballetes en cubierta inclinada sobre forjado



### 3°. Replanteo de murete de alero

Se trazará en planta la forma de un murete de medio pie de ladrillo perforado paralelo a la línea de alero, a unos 30 cm de distancia del mismo, para retener los tableros cerámicos una vez colocados.

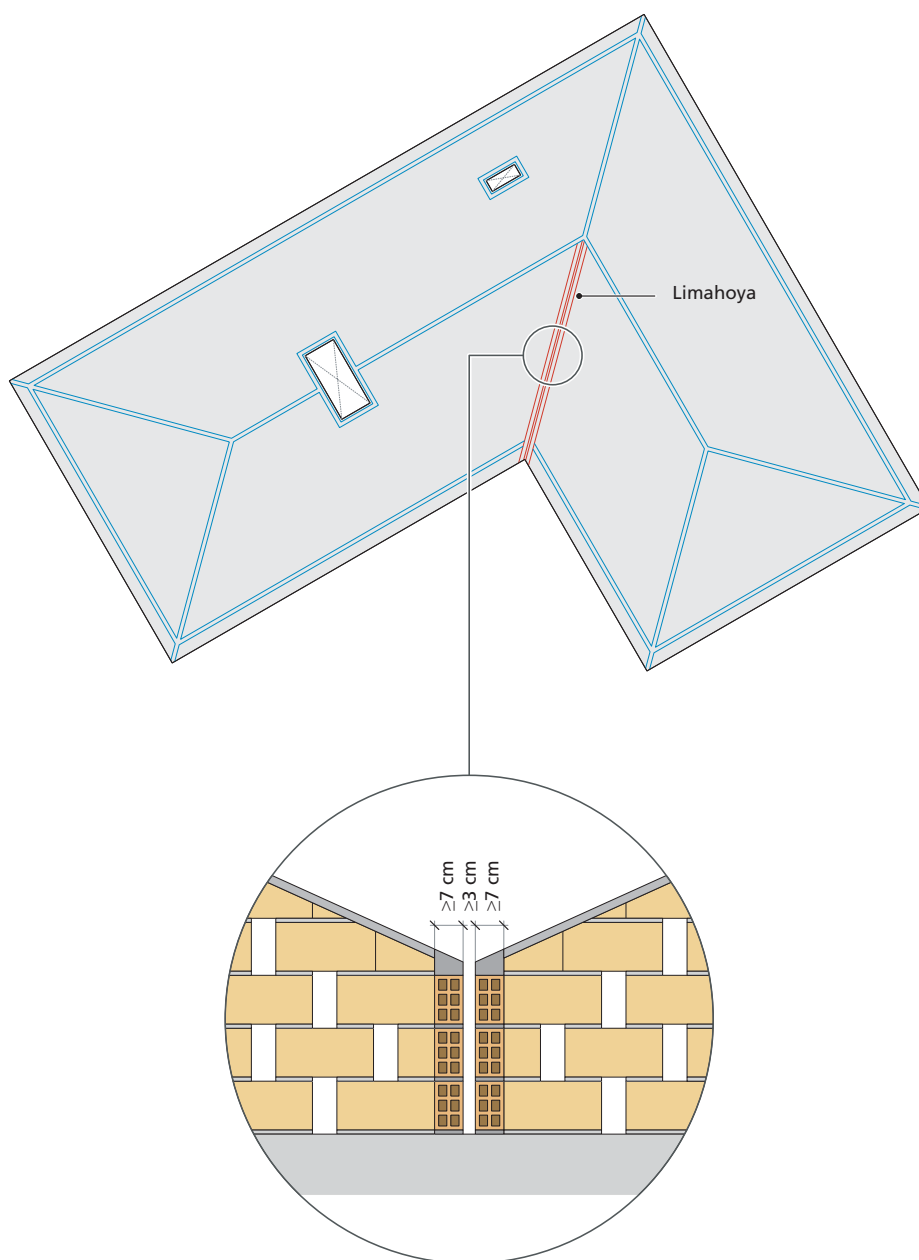
Figura 6.4 Replanteo de murete de alero en cubierta inclinada sobre forjado



#### 4°. Replanteo de limahoyas

Se trazará en planta la forma de dos tabiques palomeros de ladrillo hueco doble de espesor  $\geq 7$  cm, paralelos, y separados entre sí el ancho necesario para la formación de la recogida de agua de la limahoya. En el caso de que se empleen láminas impermeables flexibles para la formación de la limahoya, será suficiente dejar una separación de 3 cm entre dichos tabiques palomeros. Sin embargo, cuando se empleen canalones rígidos, en función del caso, podrá ser necesario ampliar dicha separación para introducir el canalón entre dichos tabiques palomeros.

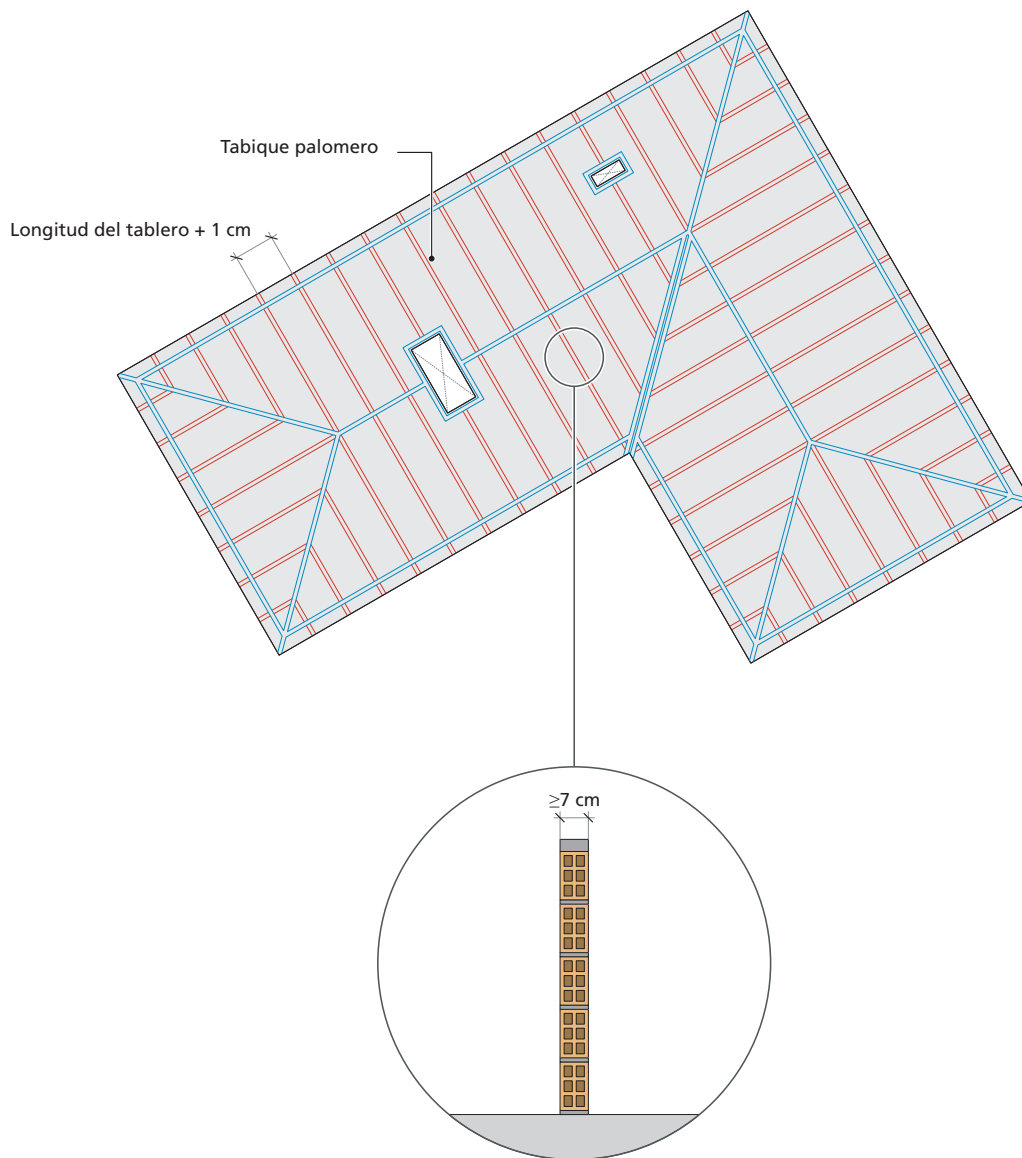
Figura 6.5 Replanteo de limahoyas en cubierta inclinada sobre forjado



### 5°. Replanteo de tabiques palomeros

Se trazará en planta la forma de los tabiques palomeros de ladrillo hueco doble de espesor  $\geq 7$  cm que servirán de apoyo para los tableros que configuran los faldones. Serán paralelos a las líneas de máxima pendiente del faldón y con una separación entre ejes igual a la dimensión de los tableros más 1 cm.

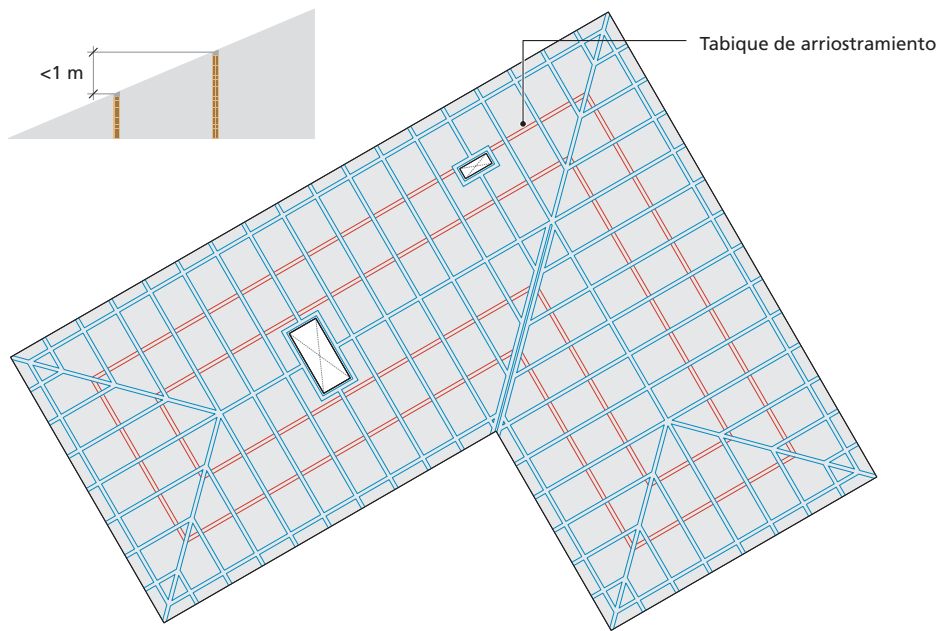
Figura 6.6 Replanteo de tabiques palomeros perpendiculares al alero en cubierta inclinada sobre forjado



#### 6°. Replanteo de tabiques de arriostramiento

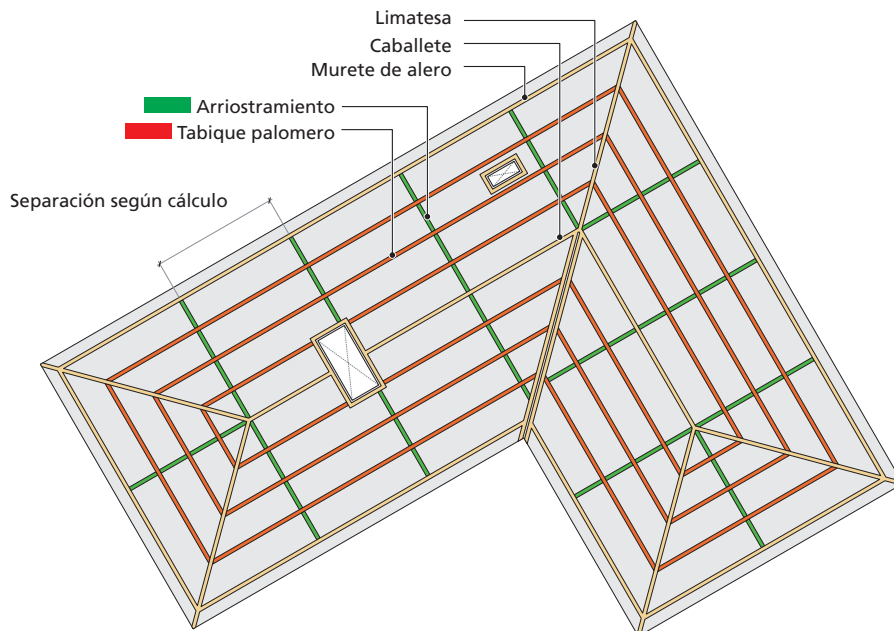
Cuando sea necesario, por los esfuerzos horizontales previstos sobre los elementos de pendiente, se replantearán tabiques palomeros de arriostramiento perpendiculares a los anteriores, procurando que entre dos arriostros consecutivos el desnivel sea inferior a 1 m.

**Figura 6.7.** Replanteo de tabiques palomeros de arriostramiento en cubierta inclinada sobre forjado



Cuando las viguetas del forjado se sitúen perpendiculares al muro exterior, para repartir mejor la carga de los tabiques palomeros sobre ellas, se podrán colocar los tabiques palomeros paralelos al alero y perpendiculares a las viguetas, con una separación igual a la longitud del tablero utilizado más 1 cm. Para asegurar la estabilidad de estos tabiques palomeros paralelos se deberán incorporar otros tabiques palomeros perpendiculares, aparte de los que configuran las limatesas, limahoyas, etc.

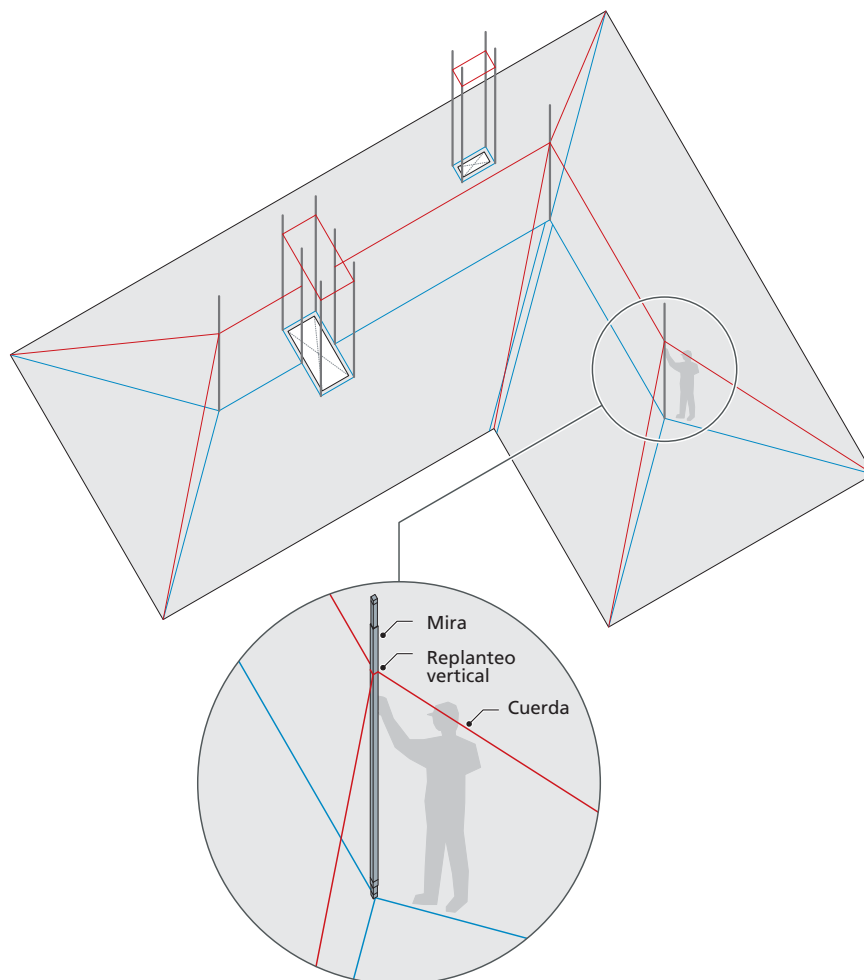
**Figura 6.8.** Replanteo de tabiques palomeros paralelos al alero en cubierta inclinada sobre forjado en el caso de que las viguetas del forjado sean perpendiculares al muro exterior



### 7º. Colocación de miras

Se colocarán miras aplomadas y alineadas en todos los puntos de intersección entre caballetes, limatesas, limahoyas y elementos que sobresalen de la cubierta, intercalando, si fuera necesario, miras intermedias para garantizar que la cuerda colocada entre dos miras consecutivas no se desplace con el viento.

**Figura 6.9** Colocación de miras y cuerdas en cubierta inclinada sobre forjado



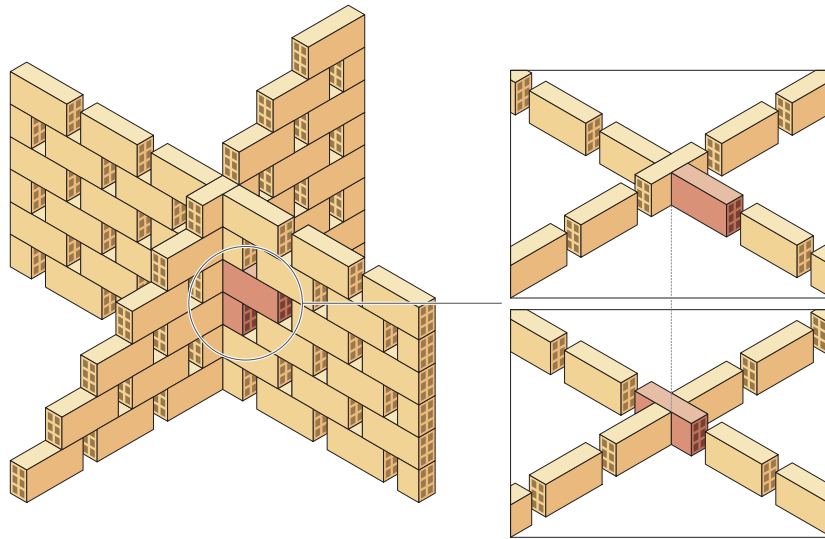
### 8º. Replanteo vertical

Se realizará el escantillado o replanteo vertical de las hiladas, considerando un espesor de las juntas horizontales entre 1 cm y 1,5 cm. El ajuste vertical en caballetes se conseguirá preferiblemente variando el espesor de la junta horizontal de mortero y, en caso de que sea inevitable, cortando piezas longitudinalmente a la dimensión necesitada.

#### **Ejecución de los elementos de formación de pendiente**

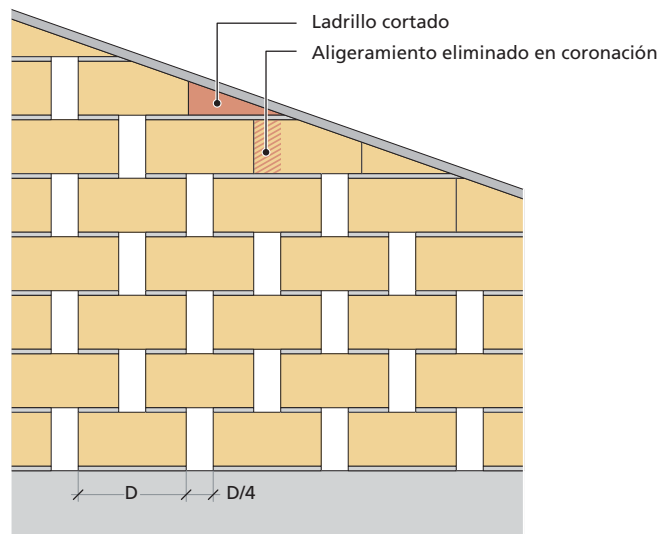
La ejecución se comienza con los tabiques palomeros de ladrillo hueco doble de espesor  $\geq 7$  cm correspondientes a caballetes, limatesas y perímetro de los elementos sobre elevados, y los dobles tabiques palomeros correspondientes a las limahoyas, dejando previstas esperas o huecos para enlazar con los tabiques palomeros que configuran los faldones.

**Figura 6.10** Enlace entre los tabiques palomeros de los caballetes y los tabiques palomeros que configuran los faldones en una cubierta inclinada sobre forjado



El aligeramiento de las fábricas se realiza separando los ladrillos en cada hilada aproximadamente un cuarto de su longitud. Al llegar a la coronación se eliminará el aligeramiento para conseguir una superficie continua. Los ladrillos pueden recibirse con mortero de cemento o pasta de yeso.

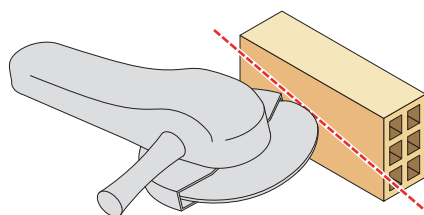
**Figura 6.11** Aligeramiento del tabique en cubierta inclinada sobre forjado



El corte de los ladrillos que tengan que ajustarse a la inclinación del faldón se realizará con herramientas de precisión (radial, máquina de corte, etc.) evitando golpear las piezas y rechazando las piezas fisuradas o agrietadas.



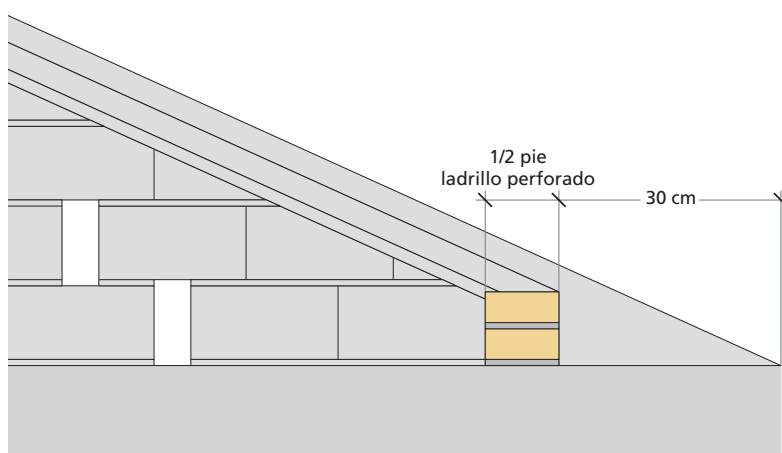
**Figura 6.12** Corte de piezas para la formación de la pendiente en cubierta inclinada sobre forjado



Los tabiques palomeros se realizarán alineados y aplomados en su posición exacta de replanteo.

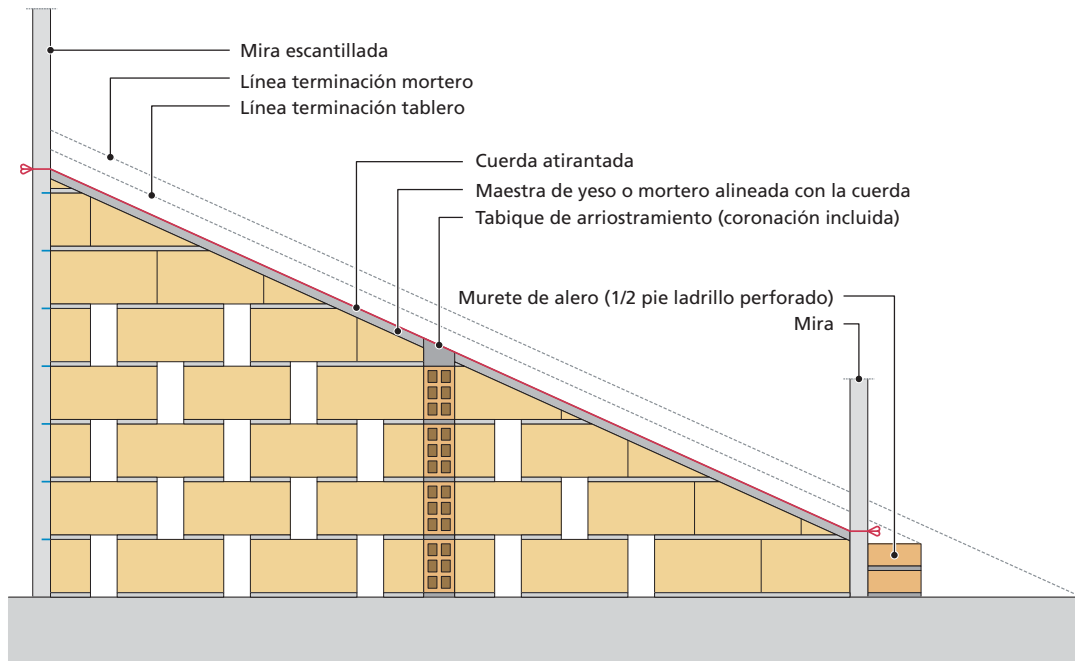
El murete, paralelo al alero a treinta centímetros de distancia, se realizará de medio pie de ladrillo perforado sin aligerar hasta la altura de coronación del tablero para servir de retención del mismo una vez colocado.

**Figura 6.13** Ejecución del muro de alero en cubierta inclinada sobre forjado



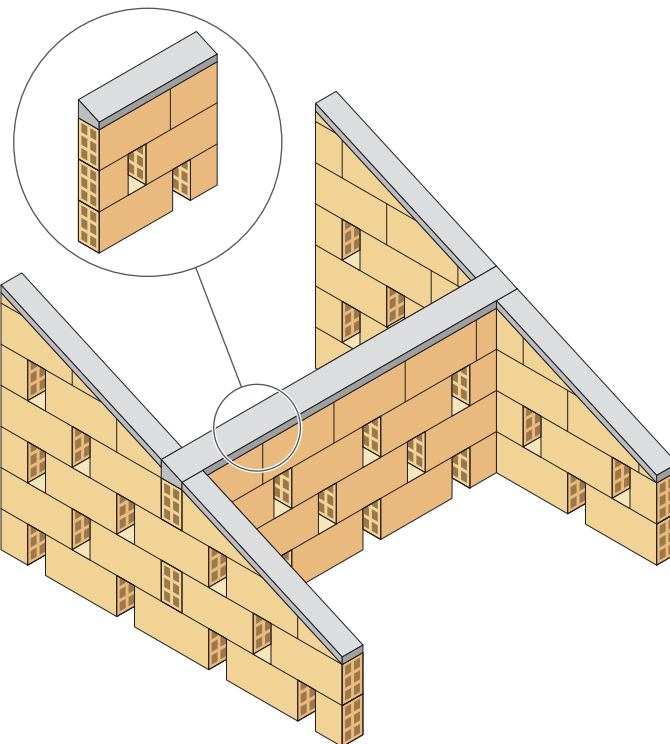
Desde el murete de alero a la fábrica de tabiques palomeros de caballetes y limatesas y los dobles tabiques palomeros de limahoyas se colocarán cuerdas atirantadas coincidiendo con la línea de terminación del tabique, sirviendo de referencia para la ejecución de una maestra de mortero de cemento o pasta de yeso que corone el tabique con una superficie plana. Estos remates superiores de los tabiques, en cada faldón, estarán contenidos en un mismo plano. Para su comprobación se pueden colocar cuerdas horizontales comprobando que quedan tangentes a las distintas maestras de coronación de los tabiques.

**Figura 6.14** Colocación de cuerdas y miras para la ejecución de tabiques palomeros, tabiques de arriostramiento y muros de alero, en cubierta inclinada sobre forjado



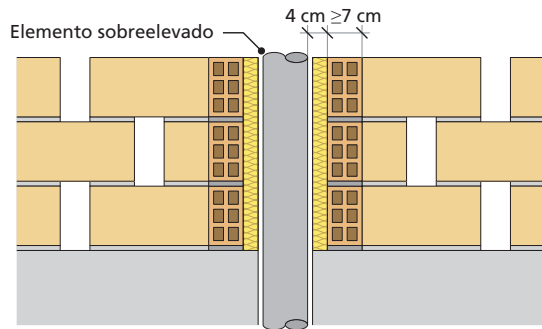
Los tabiques palomeros de arriostramiento, en caso de existir, se realizarán con una maestra de coronación inclinada, coincidiendo con la pendiente del faldón.

**Figura 6.15** Ejecución de la maestra de coronación inclinada en cubierta inclinada sobre forjado



En el perímetro de los elementos que sobresalen de la superficie de la cubierta se realizará un tabique de ladrillo hueco doble  $\geq 7$  cm de espesor, dejando una separación de 4 cm, que se rellenará con los paneles de aislamiento térmico previstos en el proyecto.

**Figura 6.16** Elementos que sobresalen con el aislamiento alrededor en cubierta inclinada sobre forjado



### En cubiertas planas

#### **Replanteo de los elementos de formación de pendiente**

El proceso de replanteo en **cubiertas planas** es el siguiente:

- 1.º Replanteo de los elementos sobreelevados y de los tabiques palomeros delimitadores de los planos de desagüe.
- 2.º Replanteo de limahoyas.
- 3.º Replanteo de tabiques palomeros.
- 4.º Colocación de las miras.
- 5.º Replanteo vertical.

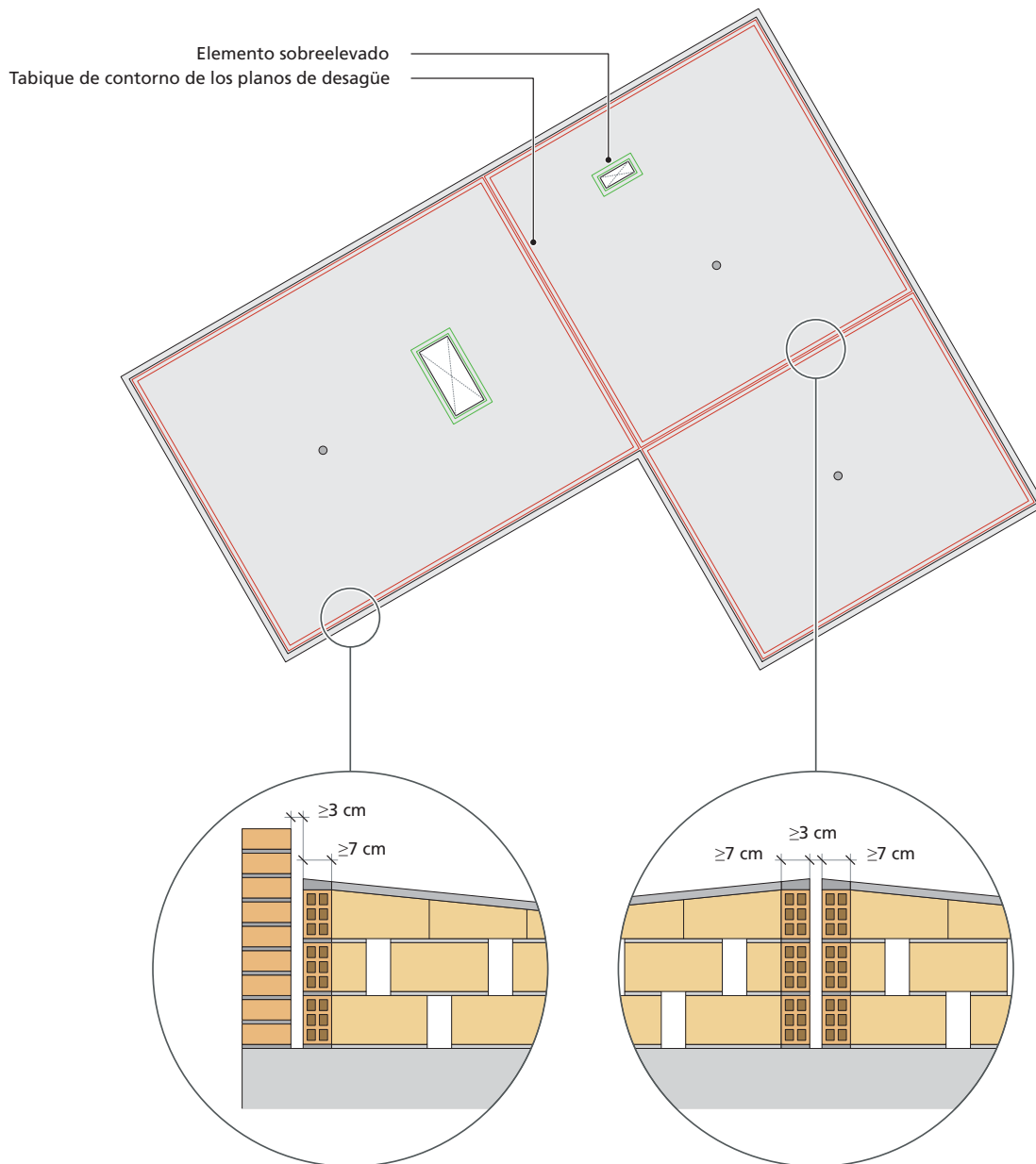
#### *1.º Replanteo de los elementos sobreelevados y tabiques palomeros delimitadores de los planos de desagüe*

En primer lugar se realizará el replanteo de todos los elementos constructivos que sobresalen de la superficie de la cubierta, como chimeneas, conductos de ventilación, etc. Estos elementos deberán ejecutarse antes que los elementos de formación de pendiente de la cubierta.

Se trazará en planta la forma de los tabiques palomeros de ladrillo hueco doble de espesor  $\geq 7$  cm, correspondientes al perímetro de los elementos sobreelevados dejando una separación de unos 4 cm con los mismos.

Asimismo, se trazará en planta la forma de los tabiques palomeros de ladrillo hueco doble de espesor  $\geq 7$  cm que delimitan los distintos paños de desagüe, dejando al menos 3 cm de separación entre sí, lo que servirá para conformar las juntas de dilatación de la cubierta.

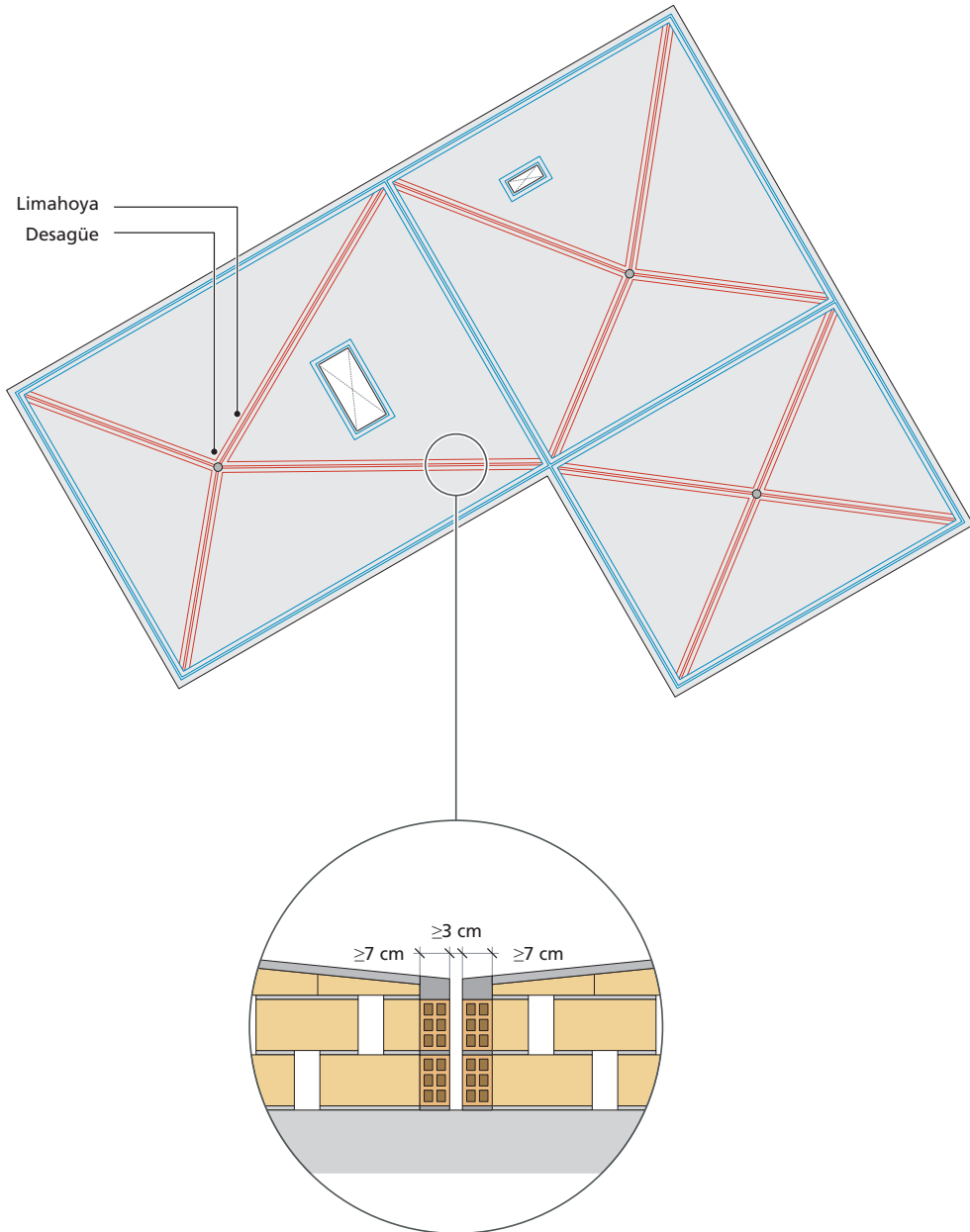
**Figura 6.17** Replanteo de tabiques palomeros delimitadores de elementos sobreelevados y de contorno de los planos de desagüe en cubierta plana sobre forjado



## 2.º Replanteo de limahoyas

Una vez replanteado el punto de desagüe se trazará en planta la forma de los dos tabiques palomeros de ladrillo hueco doble de espesor  $\geq 7$  cm, paralelos y con una separación entre ambos de al menos 3 cm, desde los vértices superiores del paño de desagüe hacia el sumidero, constituyendo las limahoyas.

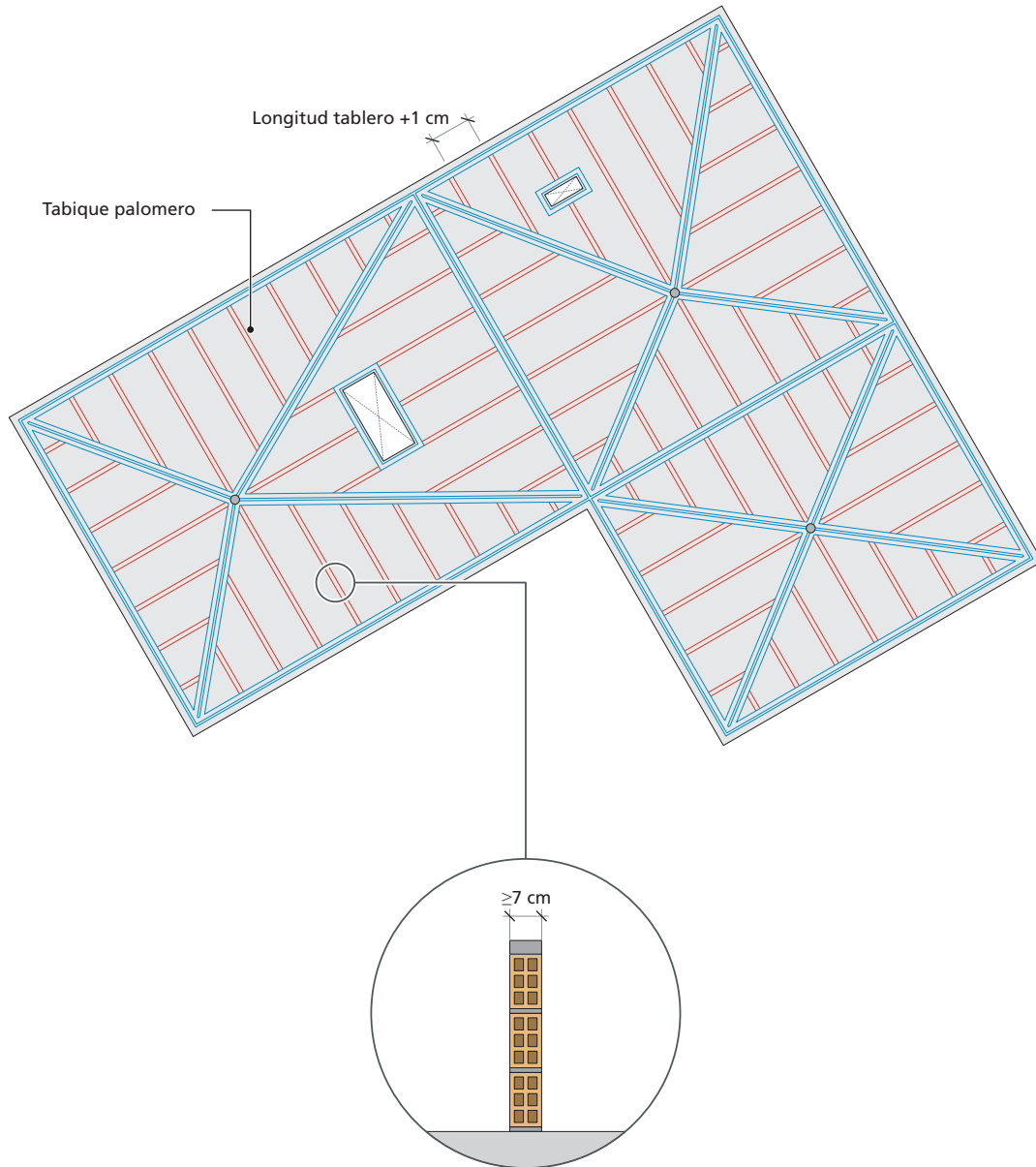
Figura 6.18 Replanteo de limahoyas en cubierta plana sobre forjado



### 3.º Replanteo de tabiques palomeros

Se trazará en planta la forma de los tabiques palomeros de ladrillo hueco doble de espesor  $\geq 7$  cm que servirán de apoyo para los tableros que configuran los faldones. Serán paralelos a las líneas de máxima pendiente del faldón y con una separación entre ejes igual a la dimensión de los tableros más 1 cm.

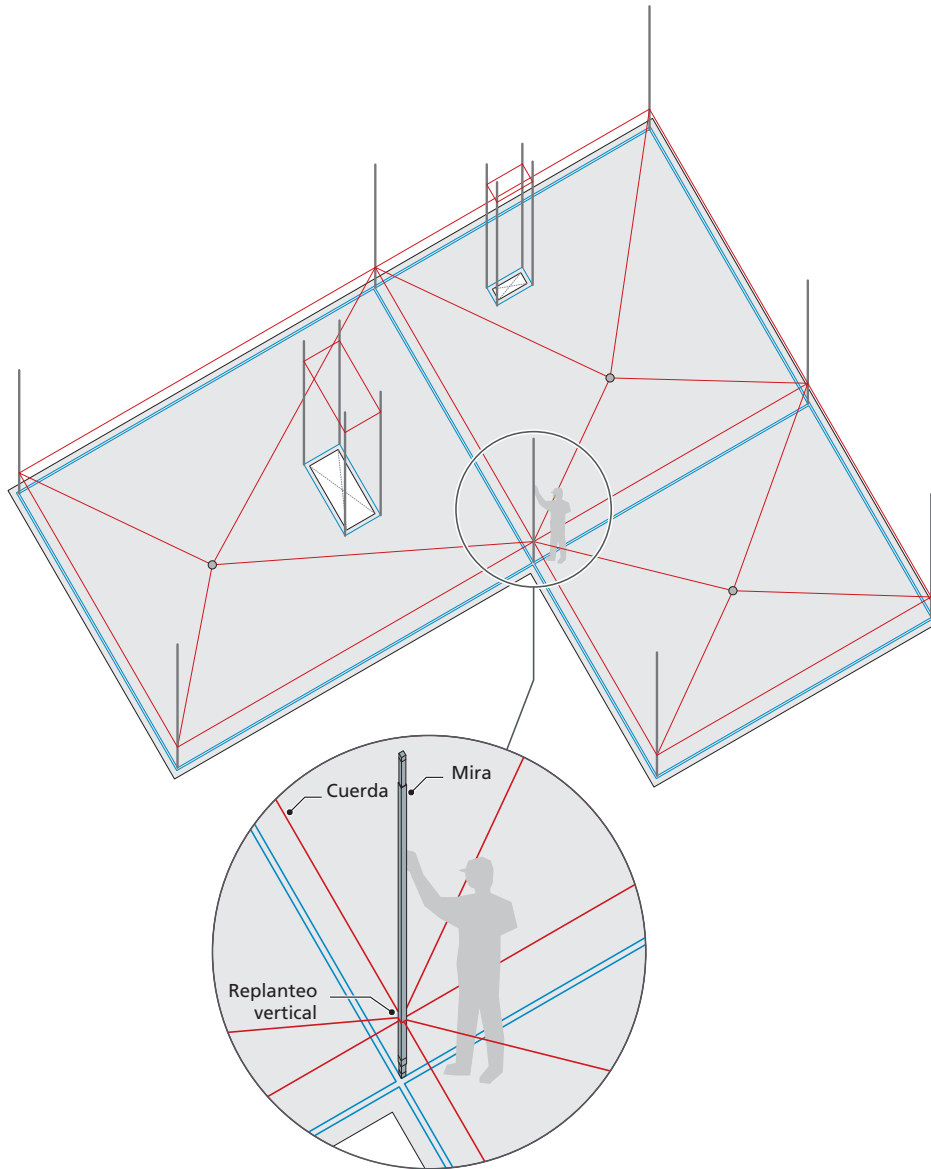
**Figura 6.19.** Replanteo de tabiques palomeros perpendiculares al alero en cubierta plana sobre forjado



#### 4.º Colocación de miras

Cuando la altura lo requiera, se colocarán miras aplomadas y alineadas en todos los puntos de intersección entre tabiques palomeros de contorno de los distintos paños de la cubierta, intercalando, si fuera necesario, miras intermedias para garantizar que la cuerda colocada entre dos miras consecutivas no se desplace con el viento.

**Figura 6.20** Colocación de miras y cuerdas en cubierta plana sobre forjado



### 5.º Replanteo vertical

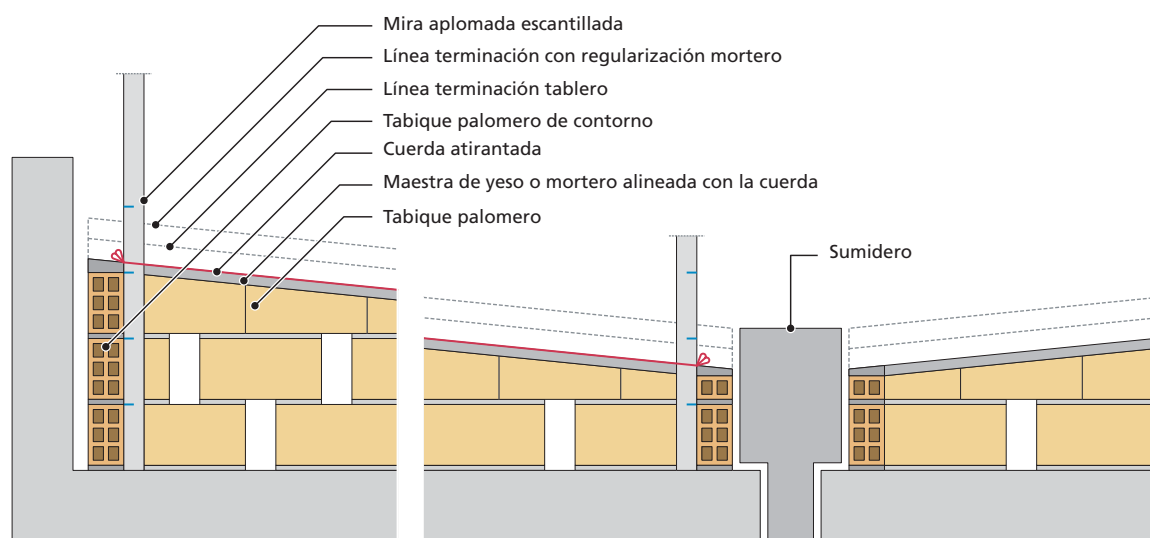
Se realizará el escantillado o replanteo vertical de las hiladas, considerando un espesor de las juntas horizontales entre 1 y 1,5 cm. El ajuste vertical se conseguirá preferiblemente variando el espesor de la junta horizontal y, en caso de que sea inevitable, cortando piezas longitudinalmente a la dimensión necesitada.

#### Ejecución de los elementos de formación de pendiente

En las cubiertas planas se comienza con la ejecución de los tabiques palomeros que forman el contorno de los distintos paños de desagüe, que a su vez constituyen las juntas de dilatación, y los tabiques perimetrales a los elementos sobreelevados de la cubierta, de manera análoga a las cubiertas inclinadas.

Desde los vértices exteriores de los paños de desagüe hasta el sumidero se colocarán cuerdas atirantadas coincidiendo con la coronación de los tabiques palomeros dobles de limahoyas sirviendo de referencia para terminación de los mismos y la ejecución de maestras de mortero o pasta de yeso que los coronen con una superficie plana.

**Figura 6.21** Ejecución de tabiques palomeros de contorno y de paños y tabicones de contorno de sumideros en cubierta plana sobre forjado



Entre las limahoyas y los tabiques palomeros perimetrales de paños de desagüe se realizarán los tabiques palomeros que constituyen los faldones, de manera análoga a las cubiertas inclinadas.

### 6.1.3 Colocación del aislamiento térmico

Tal y como se indica en el apartado 4.1 de este manual el aislante térmico de las soluciones de cubierta sobre forjado será necesario únicamente en aquellos casos en los que así se establezca en los apartados 5.1.6 y 5.2.7 de este manual, cuando la cubierta forme parte de la envolvente térmica del edificio.

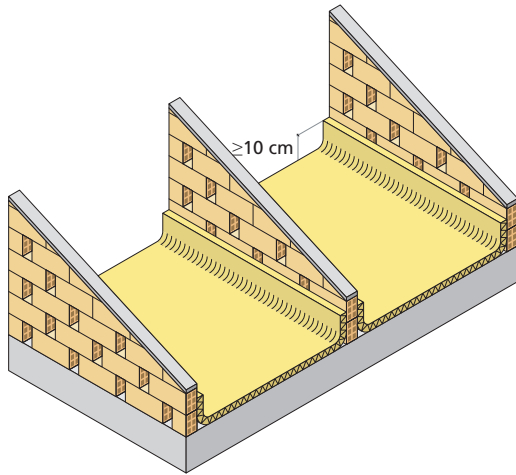
Las propiedades de los elementos de aislamiento térmico empleados en las cubiertas vienen definidos en el apartado 2.3.1 de este manual.

Antes de terminar cada tramo de tablero, entre tabiques palomeros se colocará una manta de material aislante. Para ello, será necesaria la coordinación entre la colocación del tablero y del aislamiento térmico, para evitar el deterioro y aplastamiento de éste.

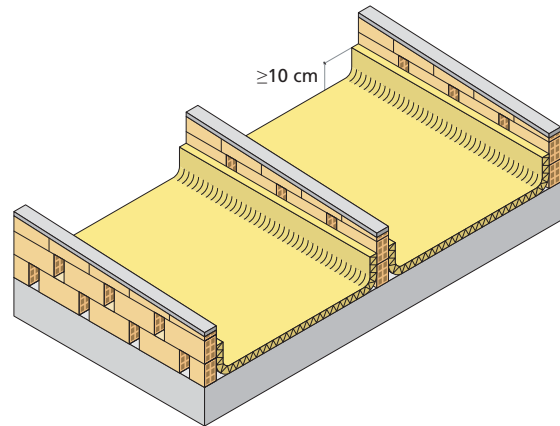


En cualquier caso, la manta de material aislante se colocará doblándola en vertical sobre los tabiques palomeros una dimensión de diez centímetros como mínimo para evitar, en lo posible, el puente térmico generado por los mismos.

**Figura 6.22.** Colocación de aislante térmico en cubierta inclinada sobre forjado



**Figura 6.23.** Colocación de aislante térmico en cubierta plana sobre forjado



Los cortes de la manta se realizarán con herramientas con precisión suficiente para garantizar que sea recto de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

### 6.1.4 Colocación del tablero

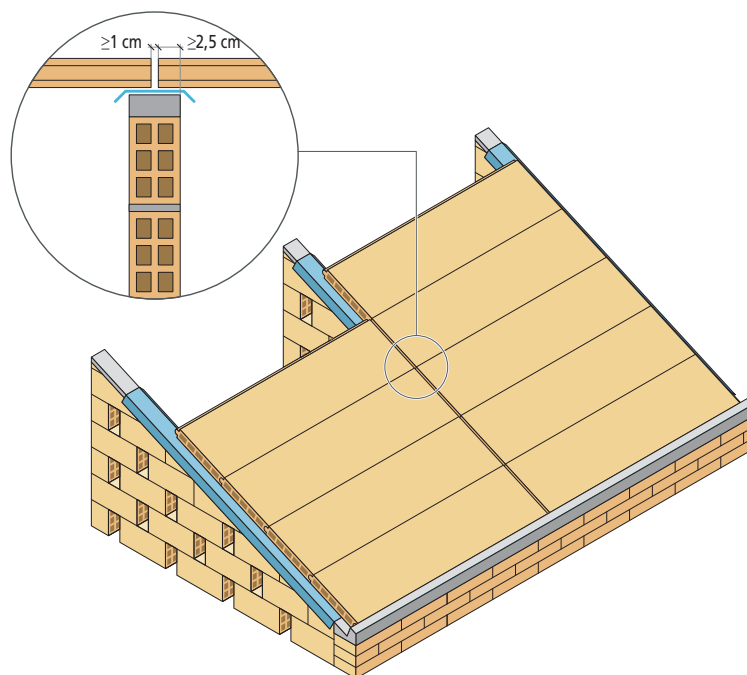
El murete paralelo al alero en el caso de cubiertas inclinadas y el tabicón que conforma el sumidero en el caso de cubiertas planas, se coronarán para servir de retención a la primera hilada de tablero cerámico.

El tablero se colocará de abajo a arriba por hiladas horizontales, apoyando 2,5 cm como mínimo en los tabiques palomeros paralelos que constituyen los faldones.

Los tableros se colocarán en seco encajándose unas hiladas con otras mediante el machihembrado de la pieza cerámica. Y apoyarán en seco sobre una tira de papel fuerte o satinado dispuesta sobre las maestras que coronan los tabiques palomeros, de manera que queden desolidarizados del soporte y puedan moverse libremente sin tensiones de origen térmico.

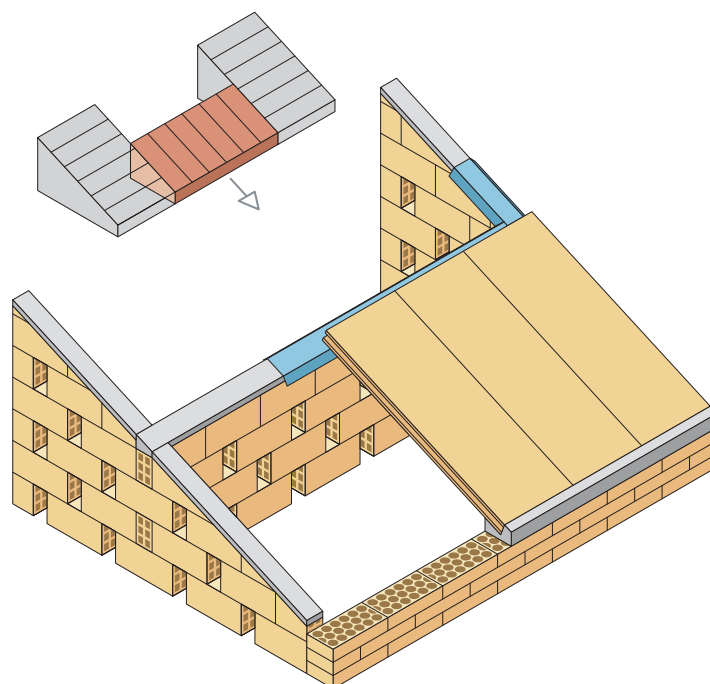
Entre los tableros de tramos contiguos, para evitar tensiones por dilataciones en su plano, se dejará una separación mínima de 1 cm de espesor que se rellenará con mortero cuando se ejecute la capa de regularización.

**Figura 6.24** Apoyo del tablero en tabiques palomeros perpendiculares al alero en cubierta sobre forjado



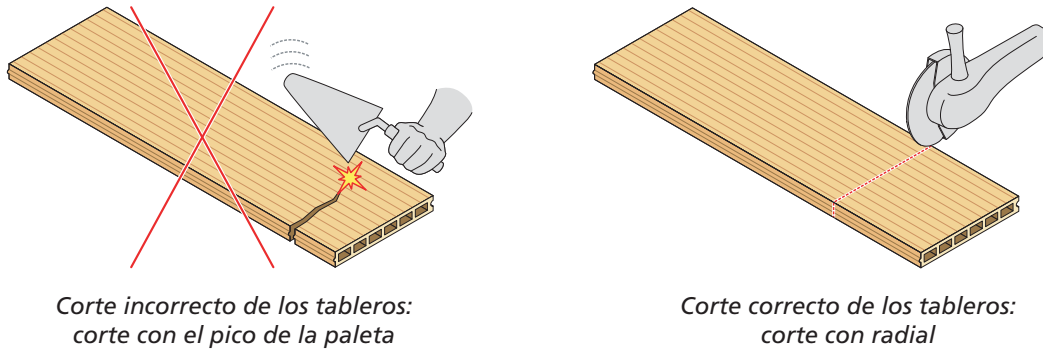
Si el tabique palomero se coloca paralelo al alero, el tablero se colocará girado 90° respecto a la línea de alero apoyando en el murete de alero, que servirá de retención, y en los tabicónes palomeros paralelos a este.

**Figura 6.25** Apoyo del tablero en tabiques palomero paralelos al alero en cubierta sobre forjado



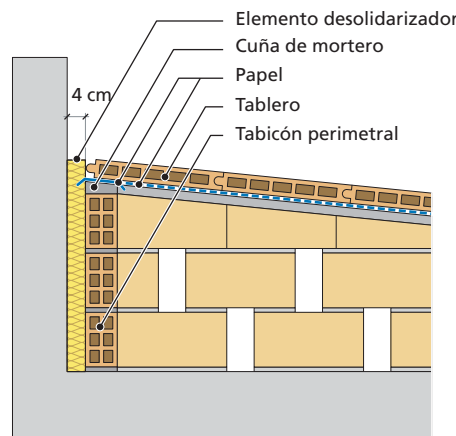
Los cortes de los tableros, para adaptarse a limatesas y limahoyas o separaciones menores de su longitud en los bordes, se realizarán con máquinas de precisión (radial, etc.) evitando la ejecución por golpeo con el pico de la paleta y rechazando las piezas agrietadas o fisuradas.

**Figura 6.26** Corte de los tableros cerámicos



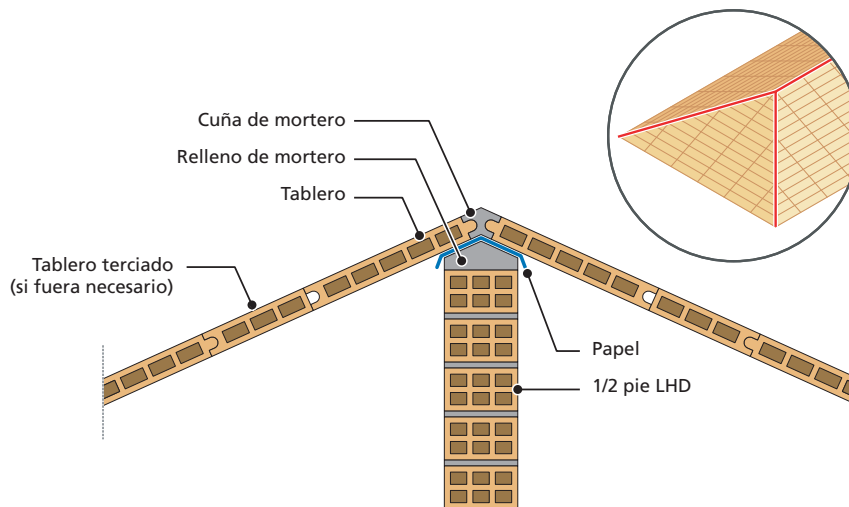
Al llegar a los elementos sobreelevados de la cubierta, el tablero apoyará en los tabicónes perimetrales que se coronarán con una superficie inclinada igual a la pendiente del faldón y quedará separado de los mismos 4 cm para permitir el paso del aislamiento.

**Figura 6.27** Apoyo del tablero en encuentro con elemento sobreelevado en cubierta sobre forjado



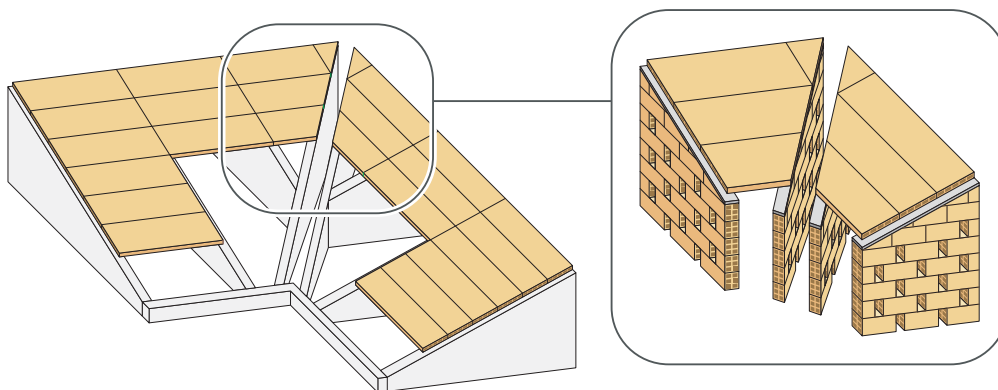
En la coronación de caballetes y limatesas, los tableros se ajustarán a la arista de coronación, constituyendo este punto el origen de replanteo, colocando los tableros cortados, si son necesarios, en la hilada anterior a la de terminación. La junta en forma de V que se produce se rellenará con mortero, de forma previa a la aplicación de la capa de regularización de mortero.

**Figura 6.28** Apoyo del tablero sobre caballete en cubierta sobre forjado



La separación entre tableros en la limahoya dependerá del tipo de cubierta sobre forjado. Tal y como se ha explicado en el apartado 6.1.2 de este manual, en cubierta plana será suficiente dejar una separación de 3 cm entre los tableros y en cubierta inclinada dependerá del elemento empleado para la recogida de agua en la limahoya. En el caso de que se empleen láminas impermeables flexibles para la formación de la limahoya, será suficiente dejar una separación de 3 cm entre los tableros. Sin embargo, cuando se empleen canalones rígidos, en función del caso, podrá ser necesario ampliar dicha separación para introducir el canalón entre los tableros.

Figura 6.29 Apoyo del tablero sobre la limahoya en cubierta sobre forjado



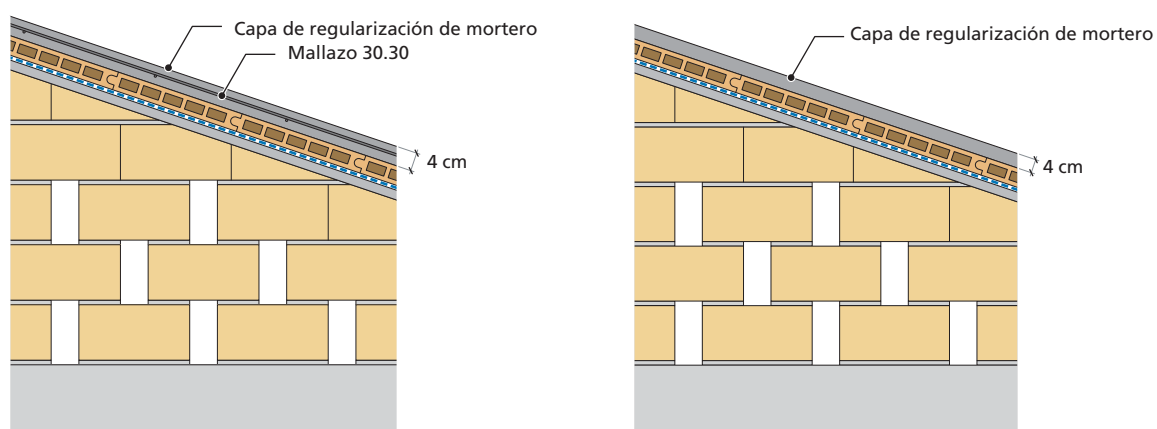
### 6.1.5 Ejecución de la capa de regularización de mortero

Sobre el plano que constituyen los tableros cerámicos se colocará una capa de regularización de mortero, que no se considera como parte del elemento estructural, al tratarse del caso de cubiertas sobre forjado.

Para longitudes de tablero cerámico mayores de 1 m se recomienda colocar un mallazo electrosoldado de cuantía mínima ( $\varnothing 4$  a 30x30 cm) de cara a un mejor reparto de las cargas y para evitar posibles fisuras por efecto de la retracción del mortero, por lo que para garantizar su recubrimiento, el espesor de la capa de regularización de mortero deberá ser de al menos 4 cm.

Para longitudes de tablero cerámico menores o iguales de 1 m no es necesario colocar mallazo electrosoldado en la capa de regularización, por lo que el espesor de ésta puede ser de 3 cm, tal y como se indica en el apartado 4.1 de este manual.

Figura 6.30 Capa de regularización de mortero sobre los tableros en cubierta sobre forjado

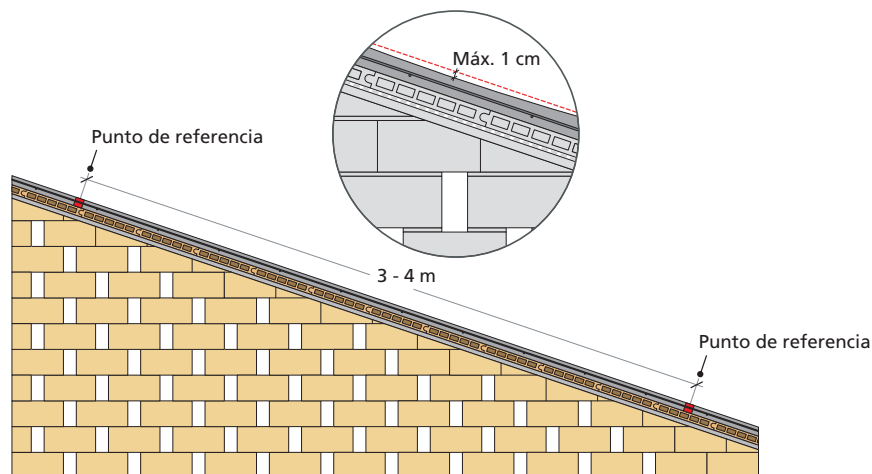


Capa de 4 cm de espesor y con mallazo para longitudes de tablero >1 m

Capa de 3 cm de espesor y sin mallazo para longitudes de tablero  $\leq 1$  m

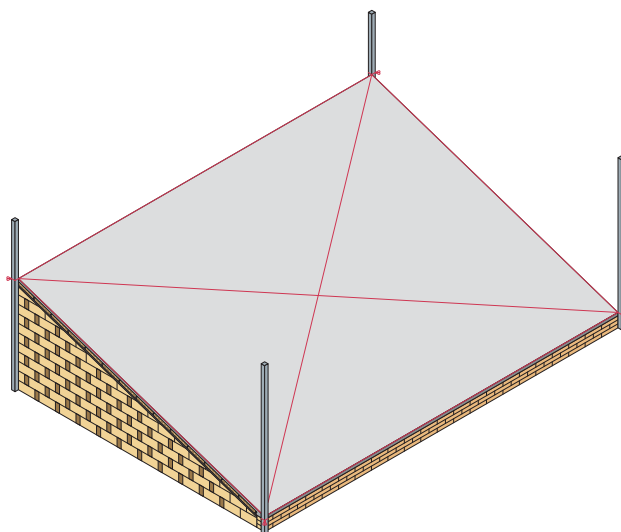
Para garantizar la planeidad necesaria se recomienda realizar la capa de regularización de mortero maestreada, empleando para ello puntos de referencia o maestras para definir el espesor de la capa, no admitiéndose variaciones superiores a 1 cm con respecto al plano teórico, a fin de asegurar la correcta colocación y asiento de las tejas e impedir la filtración de agua.

**Figura 6.31** Capa de regularización de mortero con maestras en cubierta sobre forjado



Para comprobar la planeidad de la capa de regularización de mortero del faldón se tirarán cuerdas entre vértices superiores e inferiores y sus diagonales.

**Figura 6.32** Tirado de cuerdas en la capa de regularización en cubierta sobre forjado



### 6.1.6 Ventilación y microventilación

Durante la ejecución de las cubiertas sobre forjado es necesario respetar todo lo expuesto en este manual en cuanto a la ventilación y microventilación de las cubiertas. De este modo, para garantizar la ventilación, siempre y cuando se trate de una cubierta ventilada, deberán seguirse las indicaciones del apartado 2.1.3 de este manual. Asimismo, para garantizar la microventilación bajo la cobertura de teja, deberán seguirse las indicaciones del apartado 2.1.4 y apartado 2.3.6 de este manual.

### **6.1.7 Colocación de la lámina impermeable**

La colocación de una lámina impermeable será necesaria siempre que la cubierta sea plana, o cuando sea inclinada y el sistema de formación de pendiente tenga una inclinación menor al mínimo establecido en la tabla 2.10 del DB HS 1 del CTE de los apartados 5.1.4 y 5.2.5 de este manual, en función del material de protección o cuando el solapo de las piezas de protección sea inferior al necesario para garantizar la impermeabilidad de la misma.

Por otro lado, en las cubiertas inclinadas será necesaria la colocación de baberos o bandas impermeables en todos aquellos puntos en los que la estanqueidad de la cubierta no se pueda confiar a las tejas y piezas especiales cerámicas, como por ejemplo, en los encuentros con petos, cerramientos verticales, chimeneas, ventanas, limahoyas, etc.

Las propiedades de las láminas impermeables empleadas en las cubiertas vienen definidos en el apartado 2.3.2 de este manual.

Las características de los materiales impermeables para realizar los encuentros en las cubiertas vienen definidos en el apartado 2.3.5 de este manual.

La colocación de la impermeabilización se realizará siguiendo las indicaciones del fabricante de la lámina impermeable.

### **6.1.8 Colocación de la barrera de vapor**

La colocación de una barrera de vapor sólo será necesaria cuando por el cálculo del DB HE 1 del CTE se deduzca que se puedan producir condensaciones intersticiales en el aislante térmico, tal y como se especifica en los apartados 5.1.6 y 5.2.7 de este manual.

La barrera de vapor se colocará siempre en el lado caliente del aislamiento térmico, es decir debajo del mismo, independientemente de si el aislamiento se sitúa sobre el tablero o debajo del mismo. De este modo se evita que el vapor de agua pase del lado caliente al lado frío, y se produzca la condensación.

Las propiedades de los elementos empleados en las cubiertas como barrera de vapor vienen definidos en el apartado 2.3.3 de este manual.

La colocación de la barrera de vapor, en caso de no ir incorporada al material aislante, se realizará siguiendo las indicaciones del fabricante.

### **6.1.9 Acabado superior**

Se pueden utilizar los distintos materiales de cobertura especificados en el apartado 2.2 de este manual.

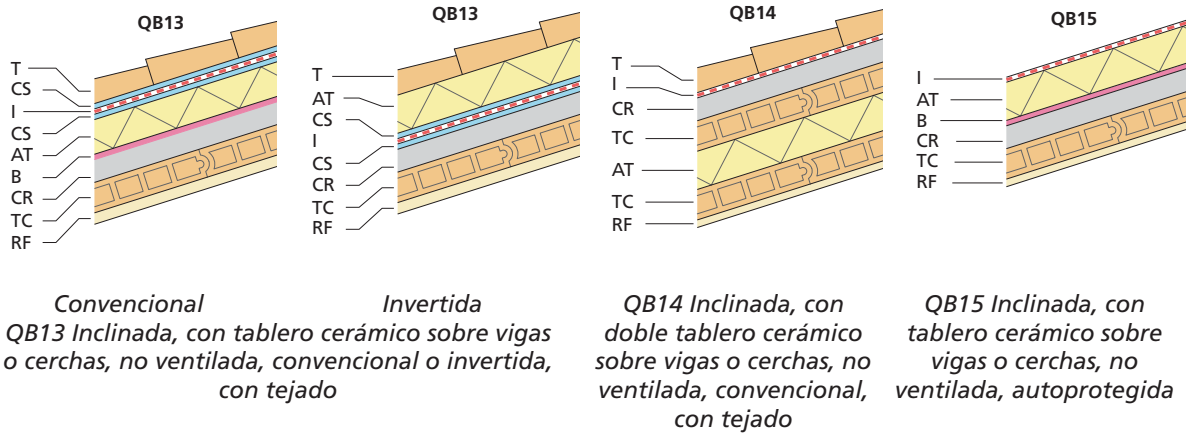
### **6.1.10 Acabado inferior**

Tal y como se indica en el apartado 4.1 de este manual el elemento de acabado inferior puede ser tanto un enlucido de yeso como un falso techo, con propiedades aislantes acústicas o térmicas, como el indicado en las "Observaciones" del apartado 4 de este manual.

## 6.2 Cubiertas sobre viguetas autoportantes

La ejecución que se incluye a continuación se refiere a las cubiertas QB13, QB14 y QB15 descritas en el apartado 4.3.2 de este manual.

Figura 6.33. Tipos de cubiertas sobre viguetas autoportantes



Para conocer los componentes y descifrar la codificación de este tipo de cubierta consultar los apartados 4.1 y 4.2 de este manual. Para conocer los tipos y detalles constructivos de estas cubiertas sobre viguetas autoportantes consultar el apartado 4.3.2 de este manual.

### 6.2.1 Comprobación del soporte estructural

Como paso previo se comprobará que el soporte estructural (vigas, viguetas, etc.) reúne las condiciones necesarias en cuanto a estabilidad, resistencia, inclinación, dimensiones y planeidad.

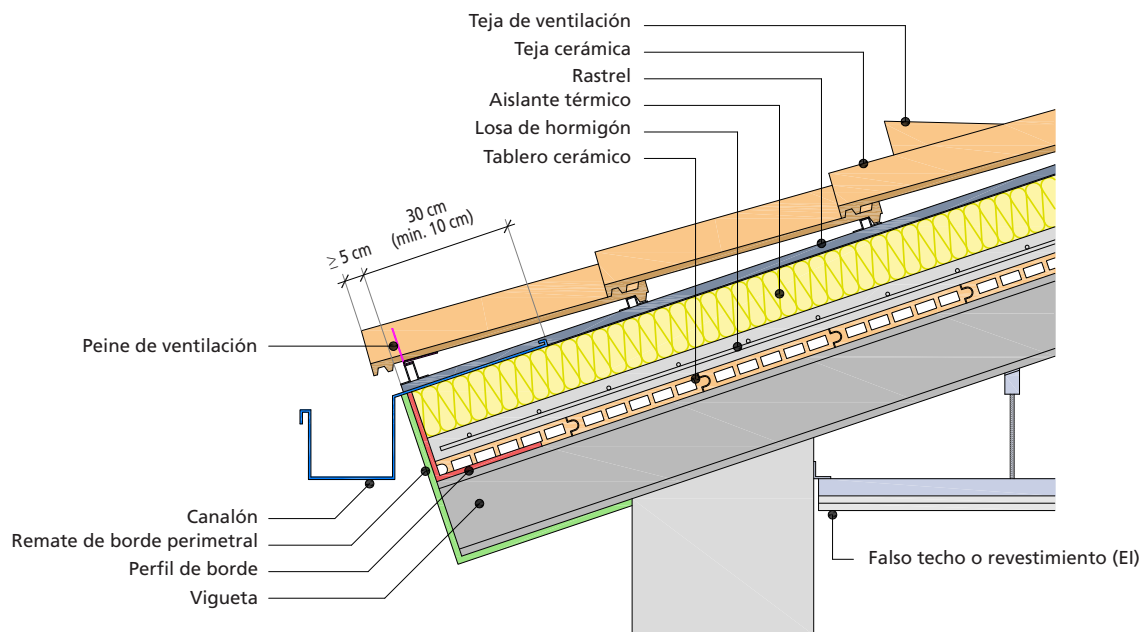
Se eliminarán restos de mortero o pasta, con el objeto de conseguir una superficie plana y homogénea y se realizará una limpieza para garantizar la correcta colocación del tablero cerámico sobre los elementos estructurales.

### 6.2.2 Colocación del tablero

A efectos de conseguir la retención de los tableros en la parte inferior del faldón de la cubierta, se deberá proyectar un perfil de borde (angular, gancho, etc.).

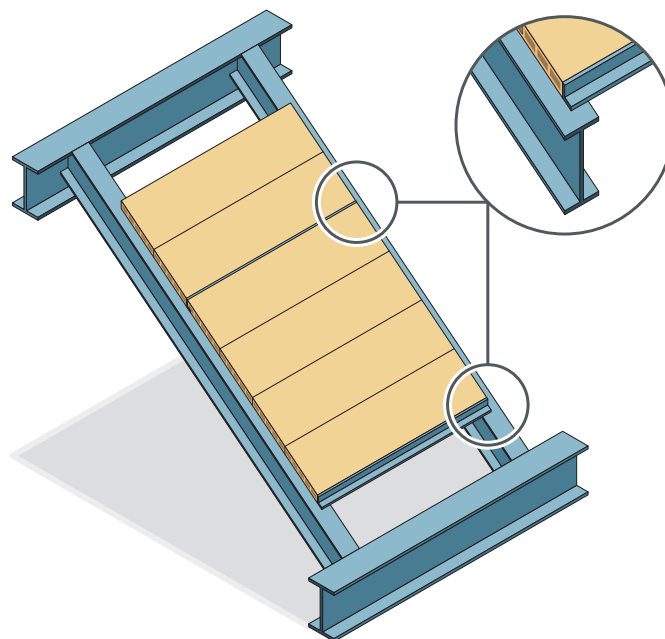
El perfil de borde irá soldado a las viguetas en la parte inferior del faldón, y deberá tener la altura de los componentes a los cuales ha de retener. Generalmente, dicho perfil servirá para la retención de los tableros, los cuales irán simplemente apoyados sobre las viguetas, y para el encofrado de la losa de hormigón.

Figura 6.34 Perfil de borde para sujetar los tableros en cubierta sobre viguetas autoportantes



En el caso de que la cubierta sobre viguetas metálicas tenga pendientes superiores al 60% los tableros deberán estar fijados mediante perfiles o ganchos, al menos una de cada cuatro hiladas.

Figura 6.35 Cubierta sobre viguetas autoportantes con pendiente superior al 60 % con perfiles sujetando los tableros cada cuatro hiladas



El tablero se colocará de abajo a arriba por hiladas horizontales, apoyando 2 cm como mínimo en las viguetas autoportantes.

Los tableros se colocarán en seco encajándose unas hiladas con otras mediante el machihembrado de la pieza cerámica. En este caso, se considera adecuado el apoyo directo del tablero sobre las viguetas, sin necesidad de colocar una tira de papel fuerte o satinado sobre las viguetas, pues los tableros están desolidarizados de la vigueta y pueden moverse libremente, dada la planeidad de las superficies de las viguetas que garantiza la ausencia de adherencia.

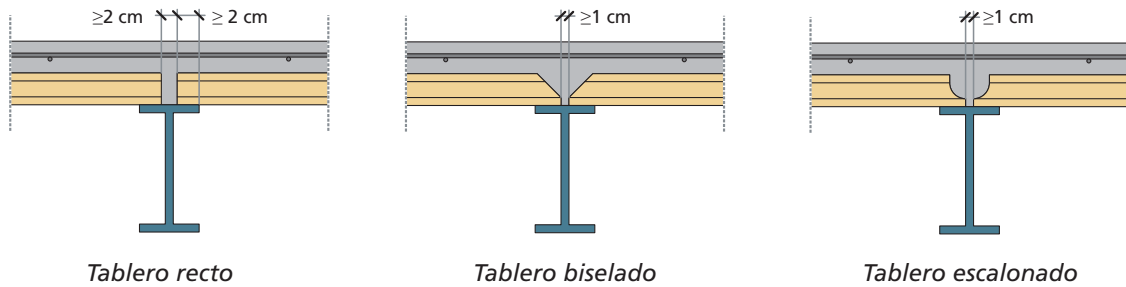


Con el fin de garantizar una correcta transmisión de las cargas de la losa de hormigón a las viguetas autoportantes, entre los tableros de tramos contiguos se deberá dejar una separación que se rellenará con el hormigón de la losa superior.

En el caso de que se empleen tableros de corte recto, dicha separación será de al menos 2 cm, pudiendo reducirse dentro del intervalo de 1,5 cm a 2 cm, cuando en el hormigón de la losa se empleen áridos de tamaño máximo 8 mm.

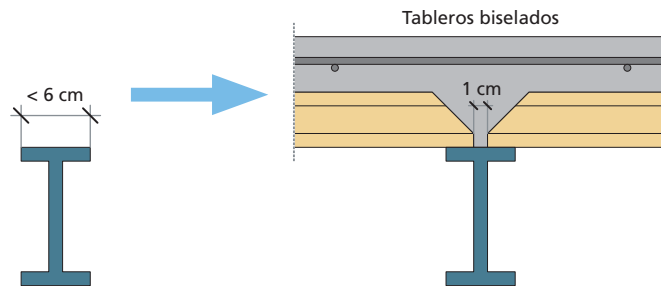
En el caso de que se empleen tableros biselados o escalonados, la separación entre tableros de tramos contiguos, deberá ser de al menos 1 cm.

**Figura 6.36** Apoyo del tablero en cubierta sobre viguetas autoportantes para hormigonado de la losa



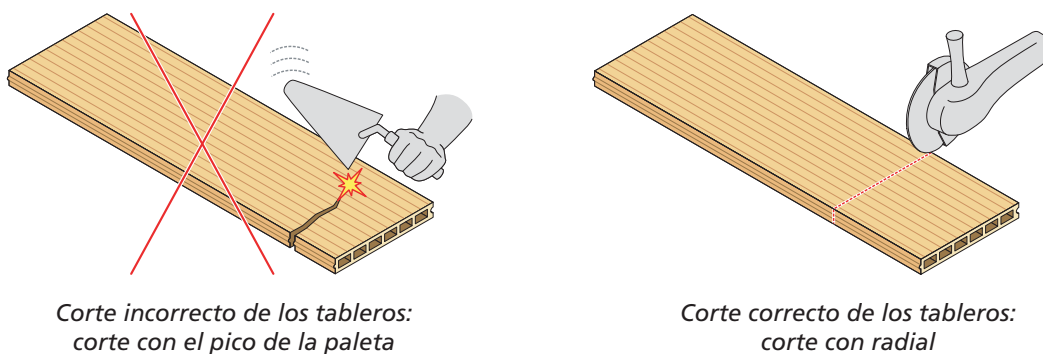
Por ello, cuando el ala de la viga sea menor de 6 cm, y la separación entre tableros de tramos contiguos no pueda ser mayor de 1 cm, los tableros deben ser biselados o escalonados, para que la losa de hormigón conecte con la viga y exista una correcta transmisión de la carga.

**Figura 6.37** Apoyo del tablero biselado o escalonado en cubierta sobre viguetas autoportantes



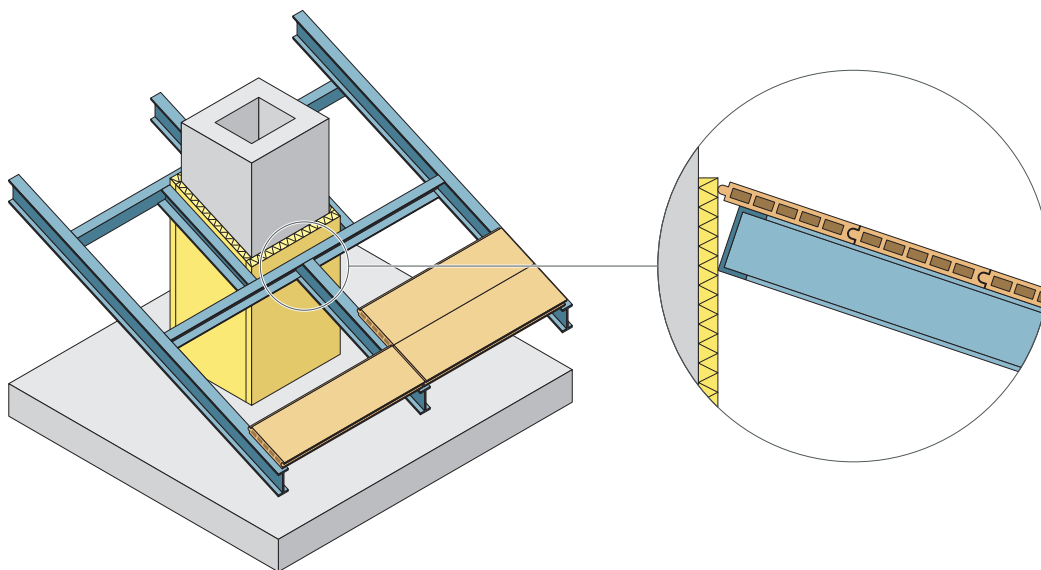
Los cortes de los tableros, para adaptarse a limatesas y limahoyas o separaciones menores de su longitud en los bordes, se realizarán con máquinas de precisión (radial, etc.) evitando la ejecución por golpeo con el pico de la paleta y rechazando las piezas agrietadas o fisuradas.

**Figura 6.38** Corte de los tableros cerámicos

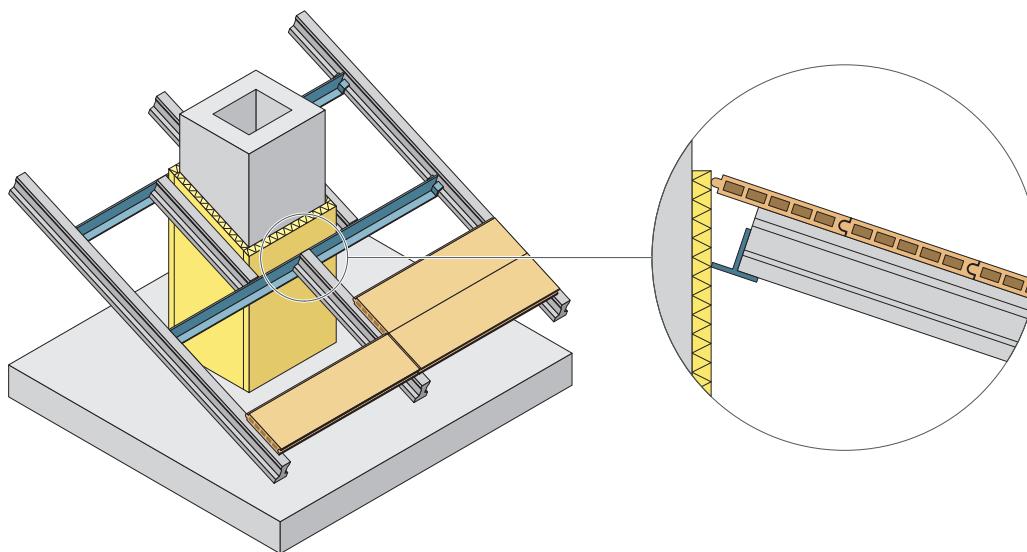


Al llegar a los elementos sobreelevados de la cubierta, el tablero apoyará en los elementos perimetrales que se coronarán con una superficie inclinada igual a la pendiente del faldón y quedará separado de los mismos 4 cm para permitir el paso del aislamiento.

**Figura 6.39** Apoyo del tablero en encuentro con elemento sobreelevado en cubierta sobre viguetas autoportantes metálicas

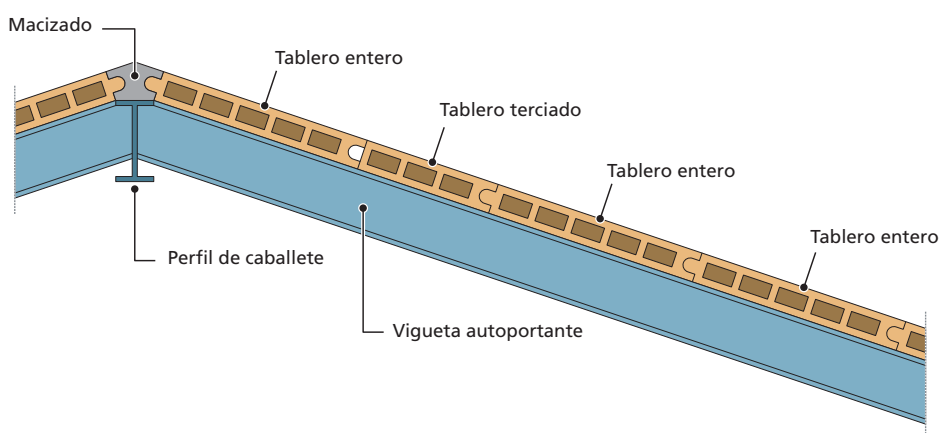


**Figura 6.40** Apoyo del tablero en encuentro con elemento sobreelevado en cubierta sobre viguetas autoportantes de hormigón



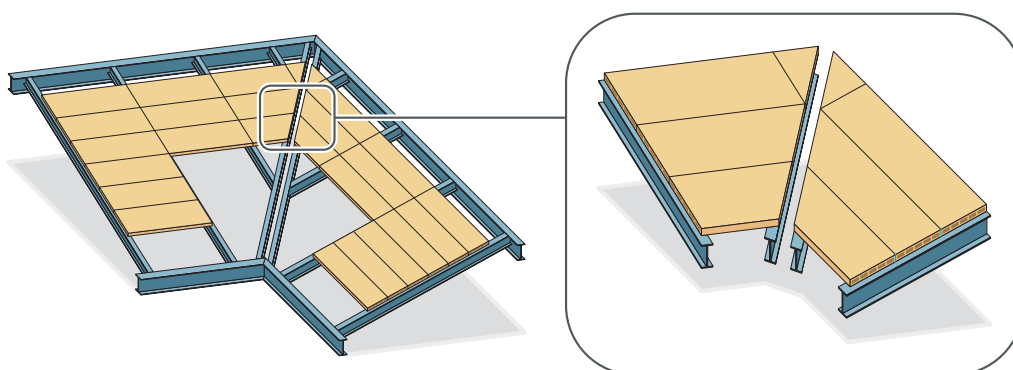
En la coronación de caballetes y limatesas los tableros se ajustarán a la arista de coronación, constituyendo este punto el origen de replanteo, colocando los tableros cortados, si son necesarios, en la hilada anterior a la de terminación. La junta en forma de V que se produce se rellenará con mortero, de forma previa a la aplicación de la losa de hormigón.

**Figura 6.41** Apoyo del tablero sobre caballete en cubierta sobre viguetas autoportantes



La separación entre tableros en la limahoya dependerá del elemento empleado para la recogida de agua en la limahoya. En el caso de que se empleen láminas impermeables flexibles para la formación de la limahoya, será suficiente dejar una separación de 3 cm entre los tableros. Sin embargo, cuando se empleen canalones rígidos, en función del caso, podrá ser necesario ampliar dicha separación para introducir el canalón entre los tableros.

**Figura 6.42** Apoyo del tablero sobre limahoya en cubierta sobre viguetas autoportantes



### 6.2.3 Ejecución de la losa de hormigón armado

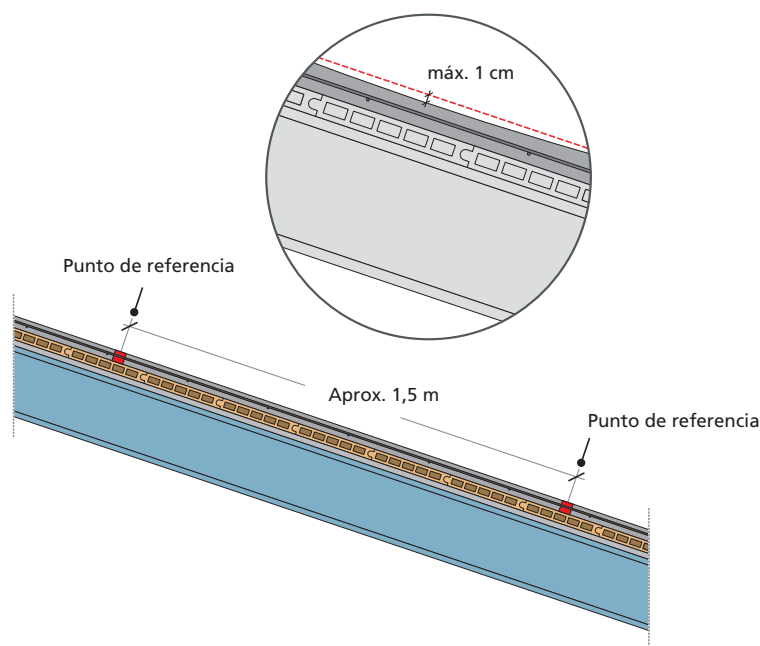
Sobre el plano que constituyen los tableros cerámicos se colocará una losa de hormigón armado. Tanto el tablero cerámico, que hace de encofrado perdido, como la losa de hormigón se consideran como partes del elemento estructural, al tratarse del caso de cubiertas sobre viguetas autoportantes.

El mallazo de la losa de hormigón se colocará con la cuantía y recubrimientos reflejados en el apartado 5.2.2 de este manual. Como norma general, se considera:

- Hormigón H-25 y mallazo B-500-S.
- Recubrimiento: inferior de 1,5 cm y superior de 2,5 cm, según artículo 37.2.4 y tabla 37.2.4.1.a de la EHE-08, asimilando el tablero cerámico a 1 cm de recubrimiento en la cara inferior.
- Espesor mínimo de la losa: 4 cm + espesor del mallazo (dependiendo del cálculo estructural).

Para garantizar la planeidad necesaria se recomienda realizar la losa de hormigón maestreada, con separaciones entre maestras de un metro y medio aproximadamente para definir el espesor de la losa, no admitiéndose variaciones superiores a 1 cm con respecto al plano teórico.

Figura 6.43 Losa de hormigón con maestras en cubierta sobre viguetas autoportantes



### 6.2.4 Colocación del aislamiento térmico

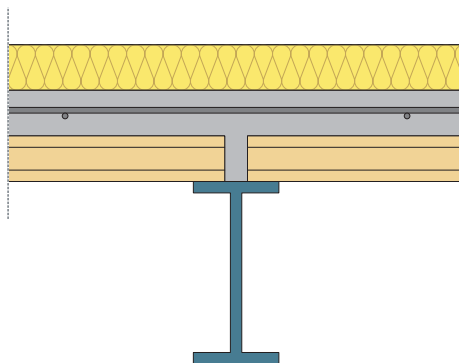
El aislamiento térmico de las soluciones de cubierta sobre viguetas autoportantes será necesario únicamente en aquellos casos en los que así se establezca en los apartados 5.1.6 y 5.2.7 de este manual, cuando la cubierta forme parte de la envolvente térmica del edificio.

Las propiedades de los elementos de aislamiento térmico empleados en las cubiertas vienen definidos en el apartado 2.3.1 de este manual.

En las cubiertas convencionales, cuando sea necesaria la colocación del aislamiento térmico, éste se dispondrá sobre la losa de hormigón, con o sin colocación previa de una barrera de vapor, de acuerdo con lo establecido en el apartado 6.2.7 de este manual.

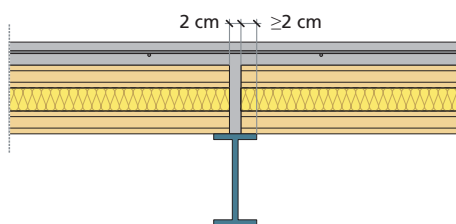
Por otro lado, tal y como se explica en el apartado siguiente, en función del tipo de acabado final y del tipo de aislante térmico, previamente a la colocación del aislamiento puede ser necesaria la colocación de los rastreles para la fijación de las tejas.

Figura 6.44 Detalle de colocación del aislamiento térmico en una cubierta sobre viguetas autoportantes



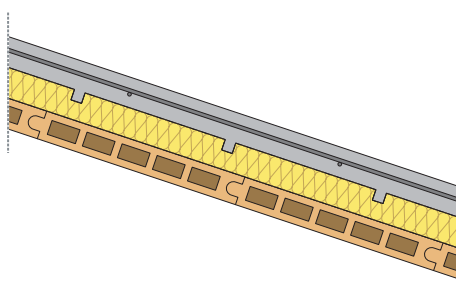
En cubiertas que incorporan sándwich con doble tablero y aislamiento apoyado sobre viguetas autoportantes la colocación del aislamiento puede quedar resuelta con la colocación de los tableros.

**Figura 6.45** Solución de doble tablero sándwich



En soluciones de cubierta donde exista una capa de regularización de mortero sobre el aislamiento, se deberá utilizar un aislante rígido y ranurado para garantizar la adherencia (estabilidad) entre ambos.

**Figura 6.46** Colocación de losa sobre el aislamiento ranurado



### 6.2.5 Microventilación

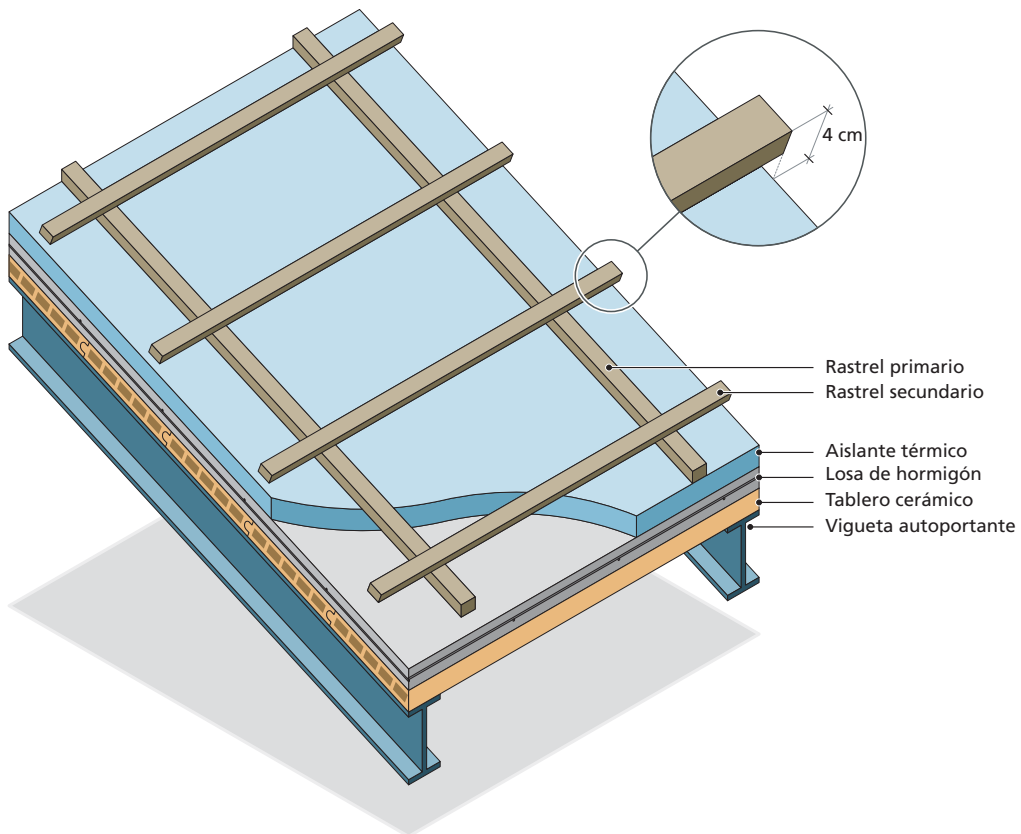
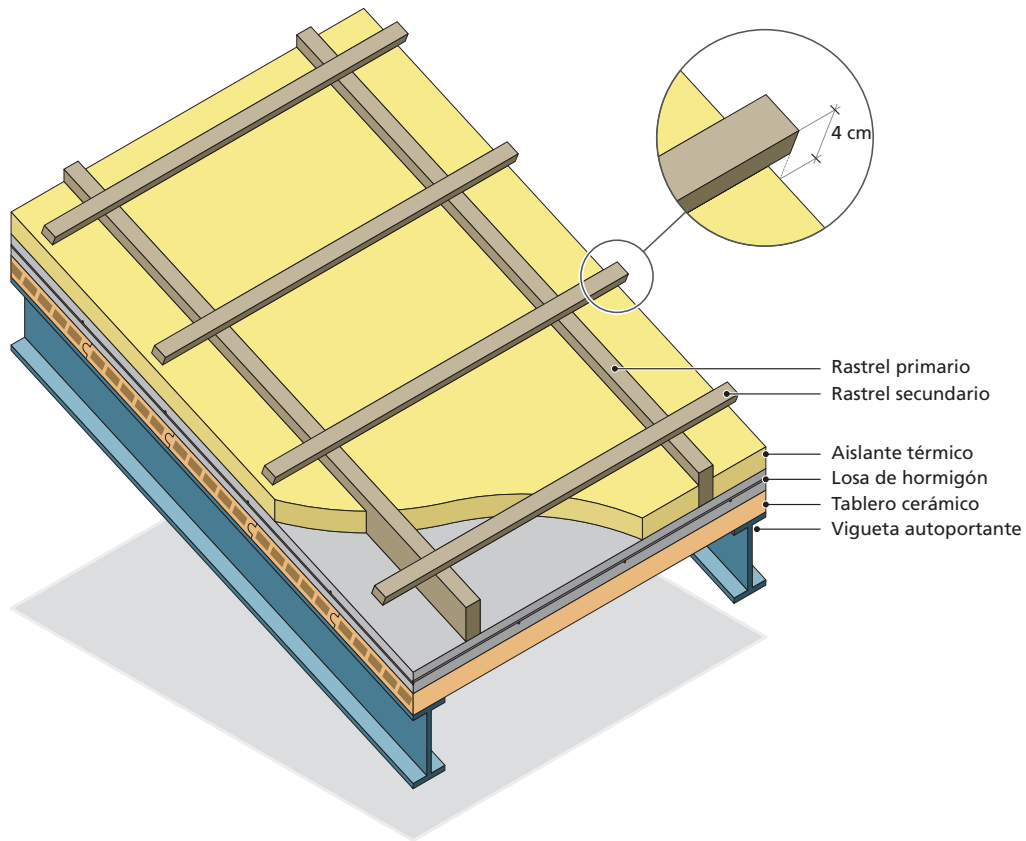
Durante la ejecución de las cubiertas sobre viguetas autoportantes es necesario respetar todo lo expuesto en este manual en cuanto a la microventilación de las cubiertas. De este modo, para garantizar la microventilación bajo la cobertura de teja, deberán seguirse las indicaciones de los apartados 2.1.4 y 2.3.6 de este manual.

Para que la microventilación sea efectiva, se deberá respetar una separación mínima de 2 cm entre el aislamiento térmico y las tejas.

Para ello, si el aislante es flexible, se recomienda emplear una estructura de doble rastrel (rastreles primarios y secundarios) para la fijación de las tejas. De tal modo que los rastreles primarios se fijarán a la estructura portante, disponiendo entre ellos el aislamiento, y a continuación, perpendiculares a los mismos, se fijarán los rastreles secundarios que servirán de soporte a las tejas.

En el caso de que el aislante sea rígido, aunque se recomienda emplear una estructura de doble rastrel (rastreles primarios y secundarios) para la fijación de las tejas, sería válida la fijación de las tejas colocando un único rastrel perpendicular a la línea de máxima pendiente fijado directamente sobre el aislamiento térmico.

Figura 6.47 Colocación del aislante térmico en cubiertas no ventiladas (calientes) en cubierta sobre viguetas autoportantes



La información relativa a los aislantes térmicos considerados para las cubiertas con tablero cerámico se encuentra recogida en el apartado 2.3.1 de este manual.

No se aplicará ningún aislante térmico directamente proyectado sobre la cara interior de los materiales de cobertura, como las tejas.

### **6.2.6 Colocación de la lámina impermeable**

La colocación de una lámina impermeable será necesaria siempre que la inclinación de la cubierta sea menor al mínimo establecido en la tabla 2.10 del DB HS 1 del CTE de los apartados 5.1.4 y 5.2.5 de este manual, en función del material de protección o cuando el solapo de las piezas de protección sea inferior al necesario para garantizar la impermeabilidad de la misma.

Por otro lado, en las cubiertas inclinadas será necesaria la colocación de baberos o bandas impermeables en todos aquellos puntos en los que la estanqueidad de la cubierta no se pueda confiar a las tejas y piezas especiales cerámicas, como por ejemplo, en los encuentros con petos, cerramientos verticales, chimeneas, ventanas, limahoyas, etc.

Las propiedades de las láminas impermeables empleadas en las cubiertas vienen definidos en el apartado 2.3.2 de este manual.

Las características de los materiales impermeables para realizar los encuentros en las cubiertas vienen definidos en el apartado 2.3.5 de este manual.

La colocación de la impermeabilización se realizará siguiendo las indicaciones del fabricante.

### **6.2.7 Colocación de la barrera de vapor**

La barrera de vapor sólo será necesaria cuando por el cálculo del DB HE 1 del CTE se deduzca que se vayan a producir condensaciones en el aislante térmico. Ver apartados 5.1.6 y 5.2.7 de este manual.

En el supuesto que se puedan producir condensaciones en el interior del sistema, se dispondrán capas o barreras de vapor bajo la capa de aislamiento térmico.

La información relativa a las barreras de vapor consideradas para las cubiertas con tablero cerámico se encuentra recogida en el apartado 2.3.3 de este manual.

La colocación de la barrera de vapor, en caso de no ir incorporada al material aislante, se realizará siguiendo las indicaciones del fabricante.

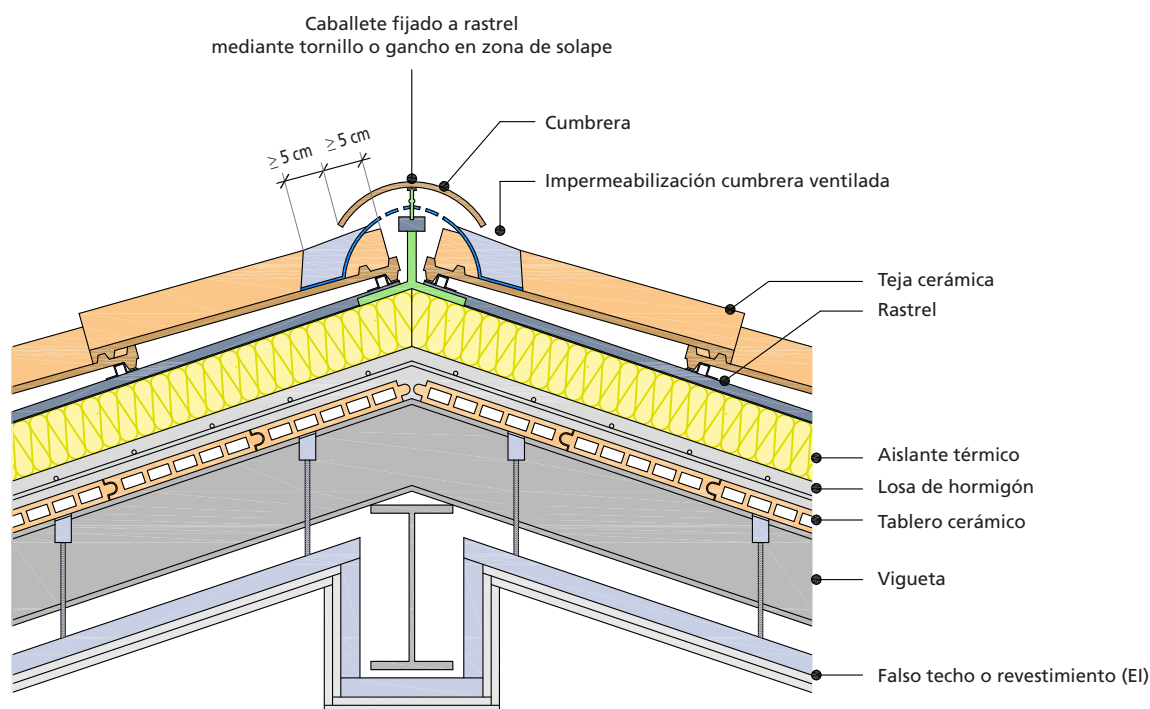
### **6.2.8 Acabado superior**

Se pueden utilizar los distintos materiales de cobertura especificados en el apartado 2.2 de este manual.

### **6.2.9 Acabado inferior**

En las soluciones de cubiertas sobre viguetas autoportantes normalmente queda sin terminar la cara inferior de la cubierta, por lo que se podrá incorporar un falso techo. En el caso de viguetas metálicas dicho falso techo es imprescindible para conseguir la resistencia a fuego requerida por el CTE. Este falso techo podrá tener propiedades aislantes acústicas o térmicas, como el indicado en las "Observaciones" del apartado 4 de este manual.

**Figura 6.48** Falso techo en cubierta sobre viguetas autoportantes



### 6.3 Puntos singulares de las cubiertas con tablero cerámico

Los detalles constructivos específicos para cada una de las soluciones de cubierta con tablero cerámico están disponibles en los apartados 4.3.1 y 4.3.2 de este manual, relativos a cubiertas sobre forjado y cubiertas sobre viguetas autoportantes respectivamente.

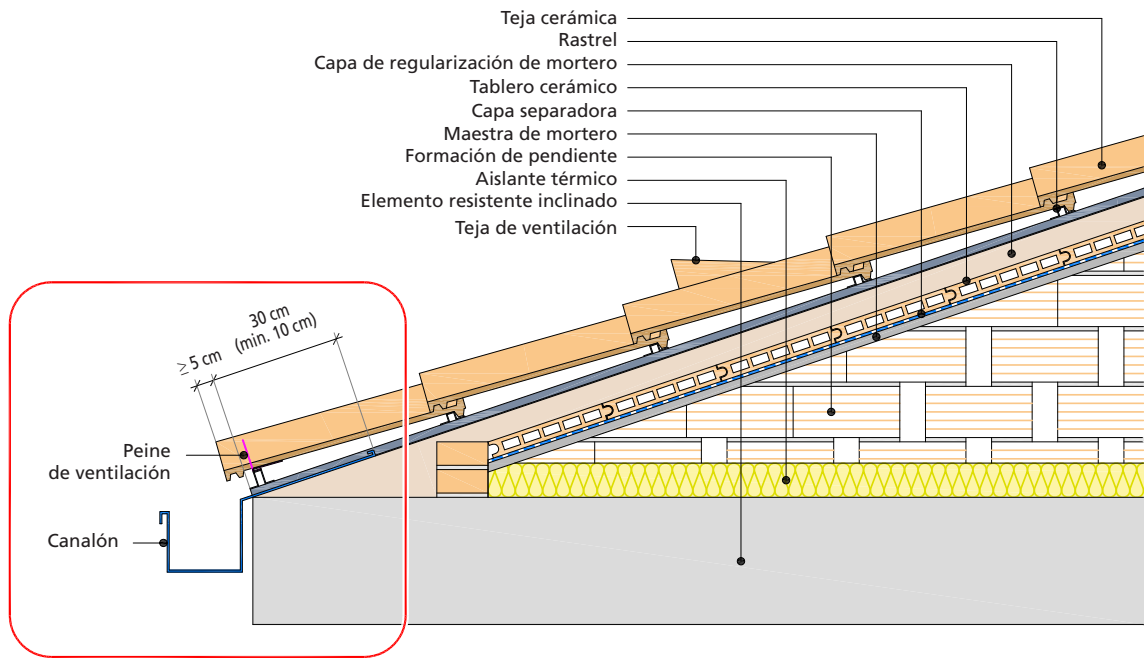
A continuación se incluyen detalles constructivos sobre los puntos singulares de las cubiertas con tablero cerámico y teja cerámica, que son comunes tanto para el caso de cubierta sobre forjado como sobre viguetas autoportantes.

Estos detalles han sido extraídos de la norma UNE 136020 Código de buena práctica para el diseño y el montaje de cubiertas con teja cerámica. Si el material de cobertura de la cubierta fuera diferente, se consultarán los manuales y guías de ejecución correspondientes a esos productos.



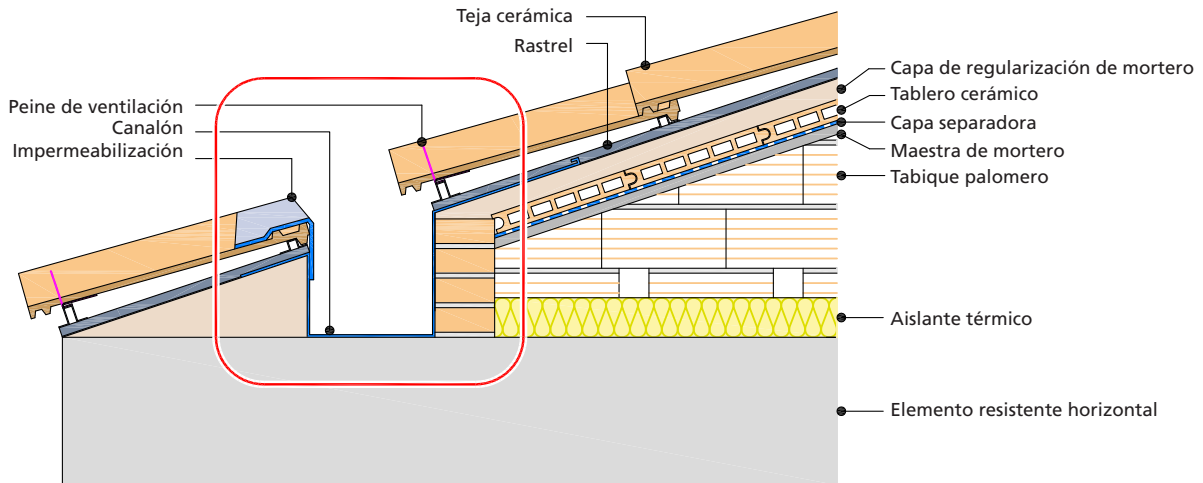
### 6.3.1 Alero horizontal con canalón visto

Figura 6.49 Alero horizontal con canalón visto

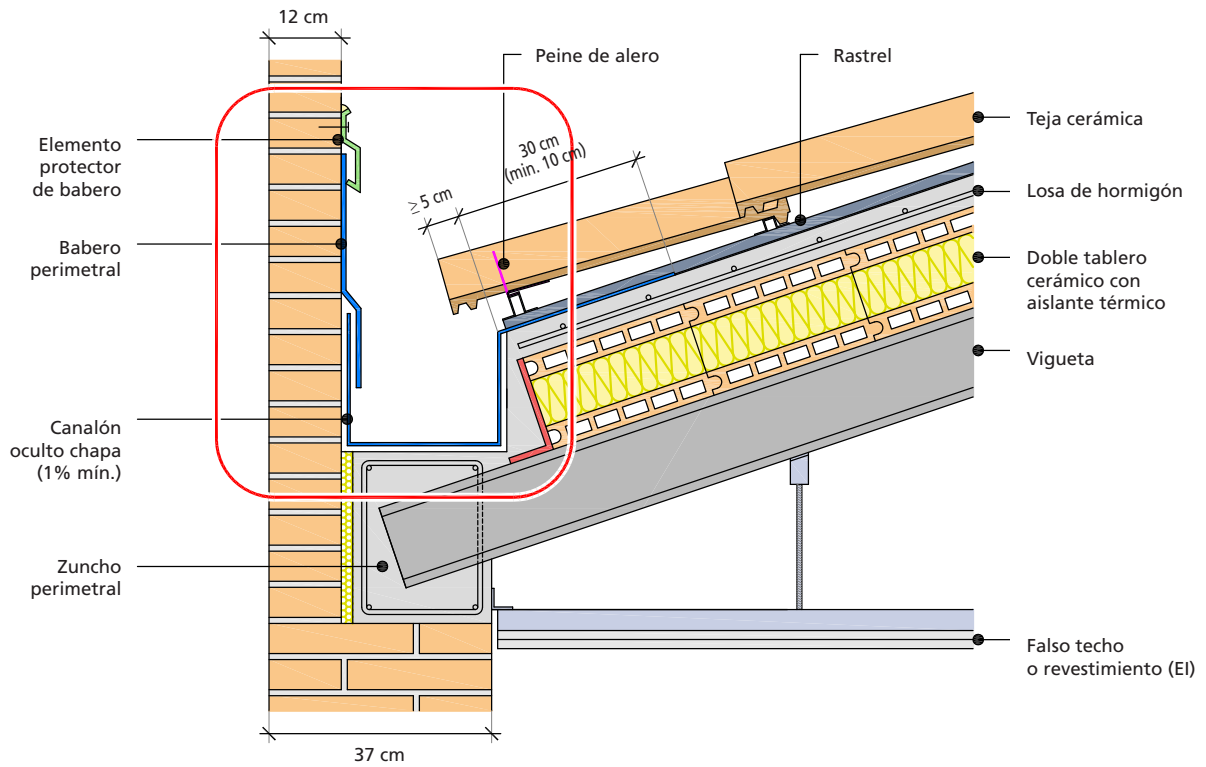


### 6.3.2 Alero horizontal con canalón interior u oculto

Figura 6.50 Alero horizontal con canalón interior u oculto

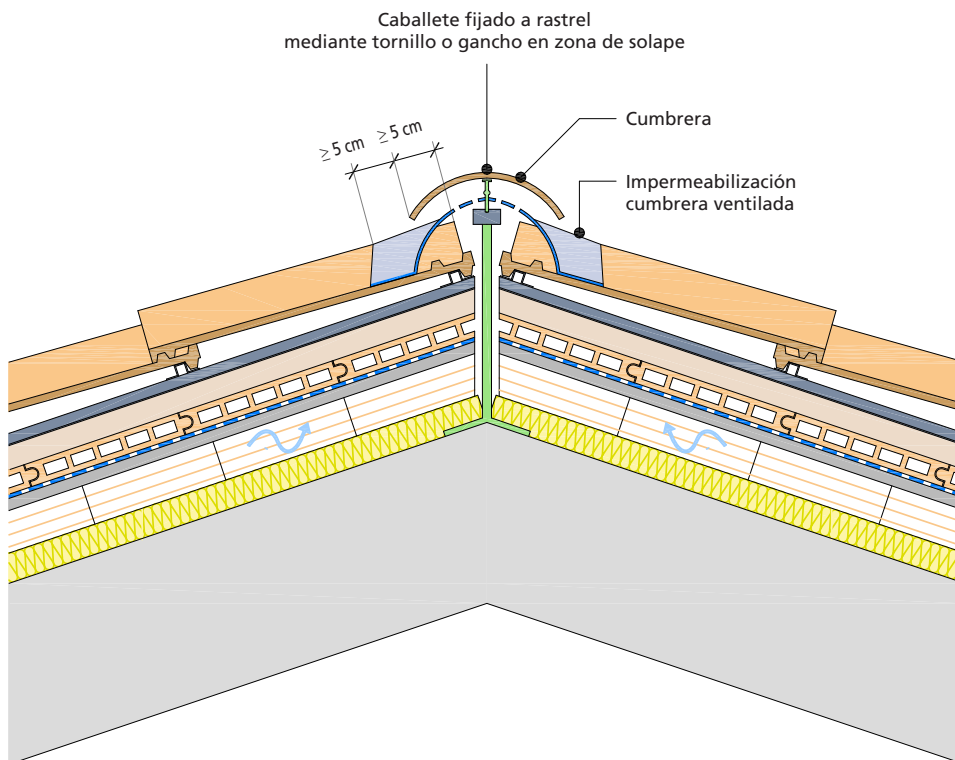


**Figura 6.51** Alero horizontal con canalón oculto con peto



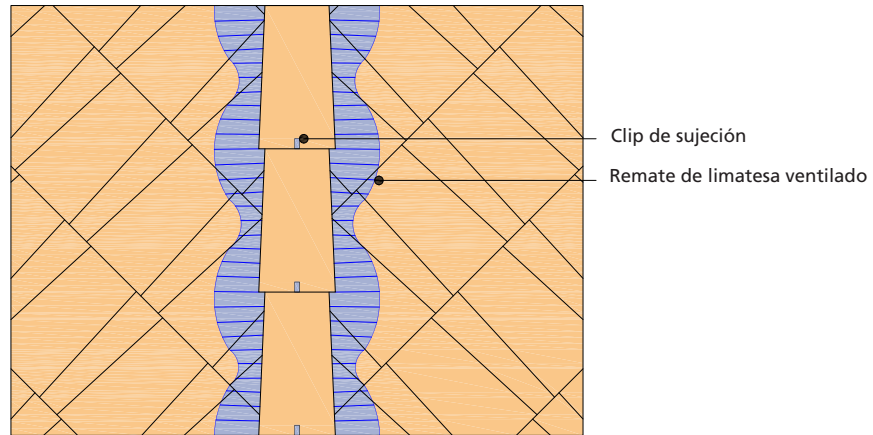
### 6.3.3 Cumbre

**Figura 6.52** Cumbre



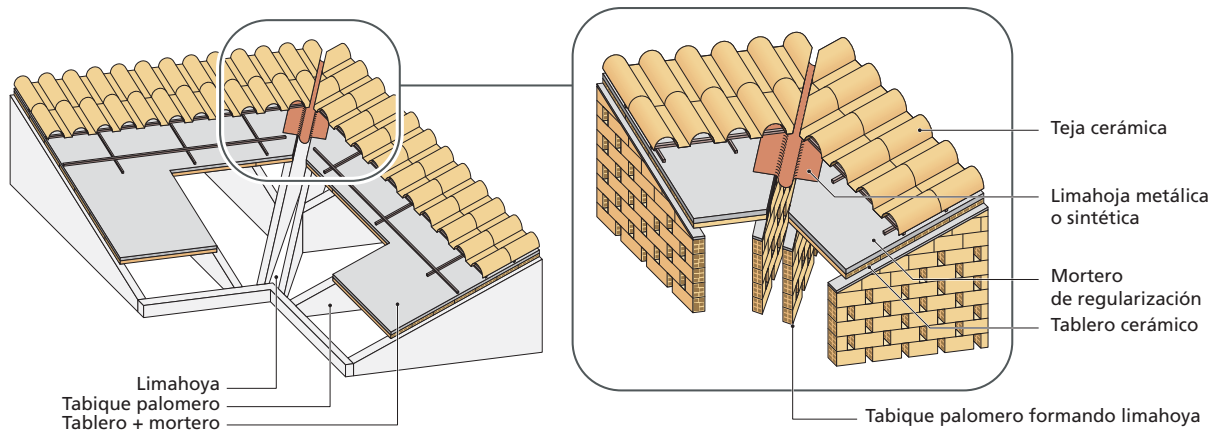
### 6.3.4 Limatesa

Figura 6.53 Limatesa



### 6.3.5 Limahoya

Figura 6.54. Limahoya



### 6.3.6 Remates laterales (hastiales)

Figura 6.55 Remate lateral de teja curva

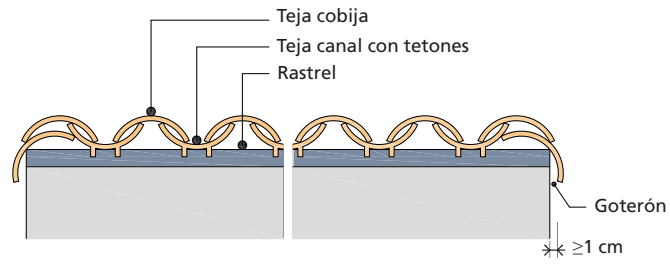


Figura 6.56 Remate lateral de teja mixta

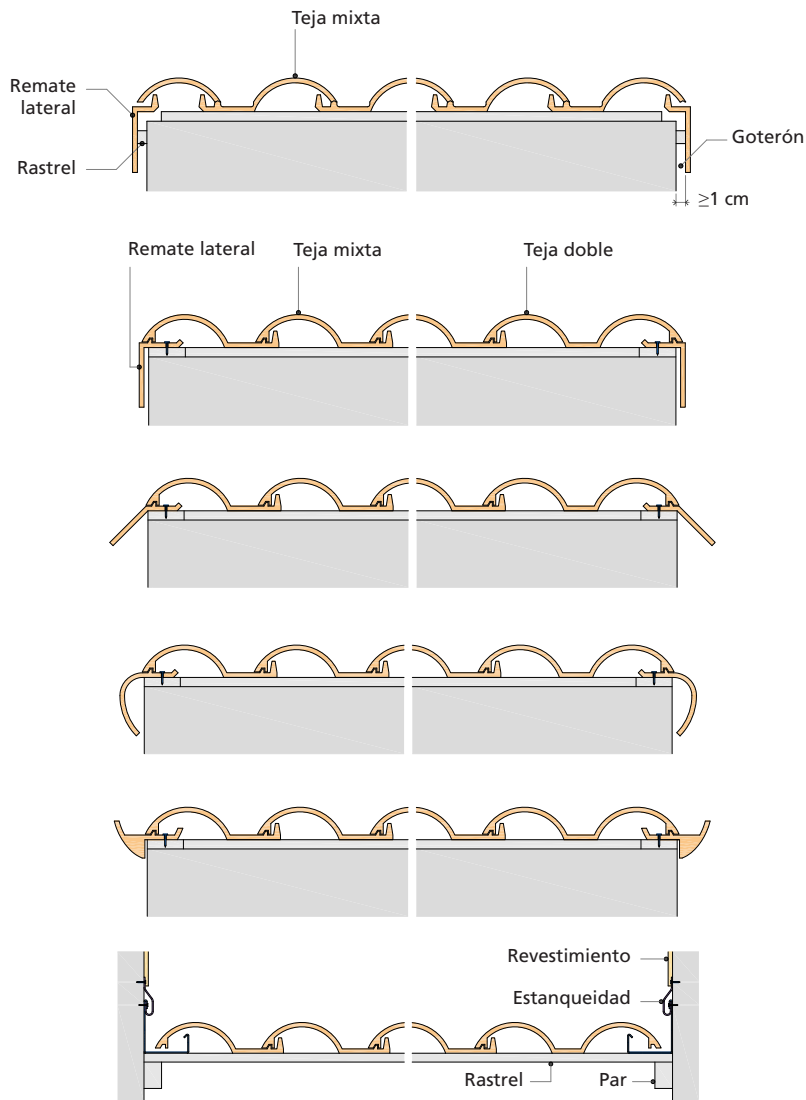
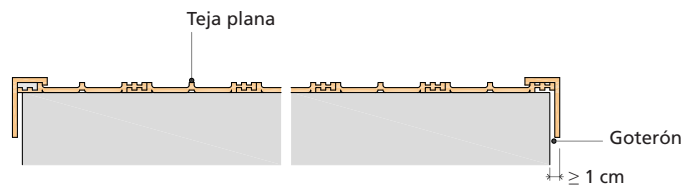
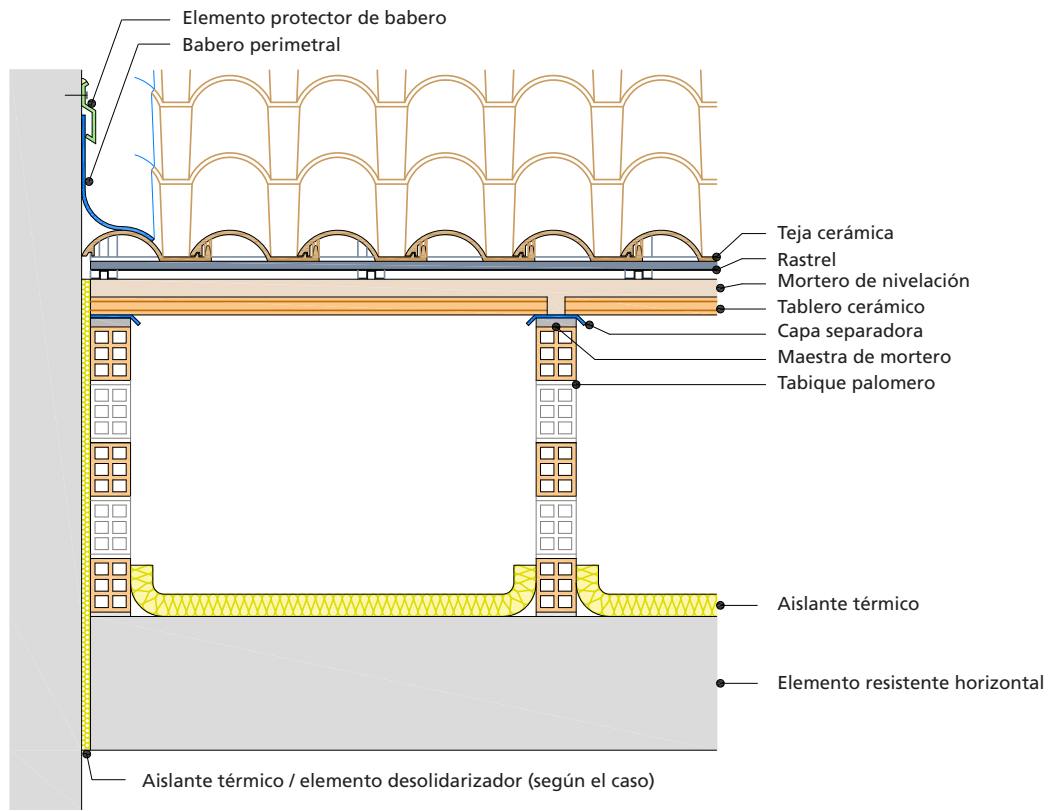


Figura 6.57 Remate lateral de teja plana

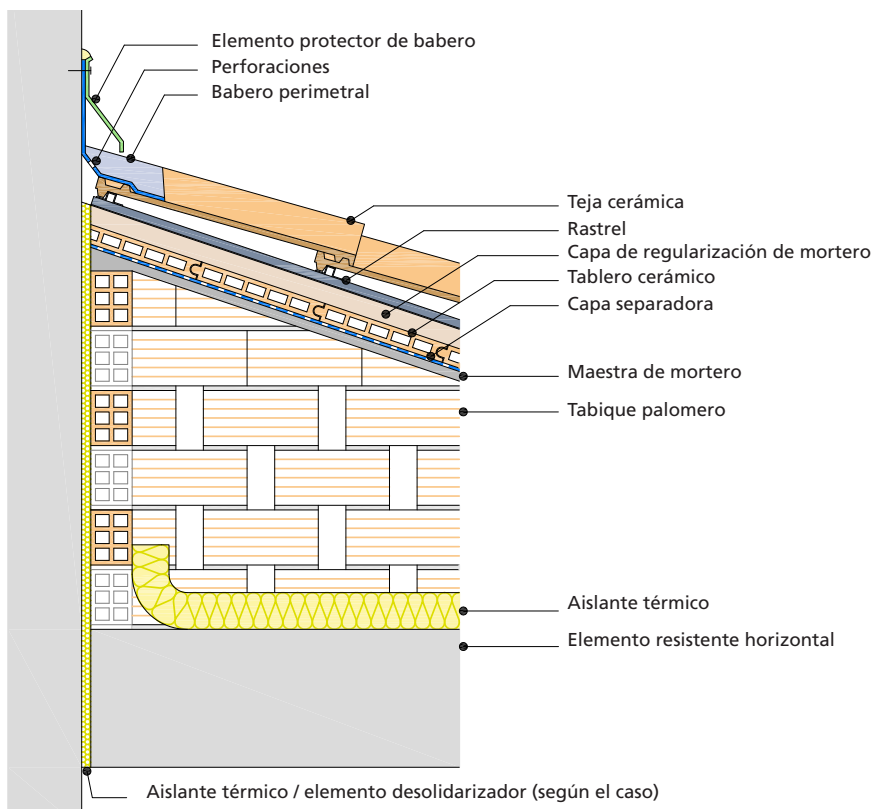


### 6.3.7 Encuentro con paramento vertical

Figura 6.58 Encuentro con paramento vertical



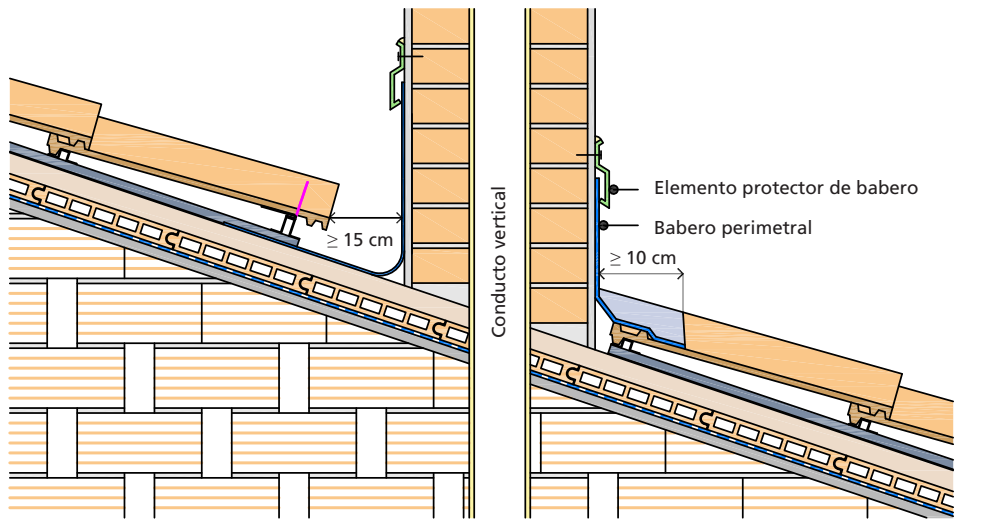
SECCIÓN TRANSVERSAL



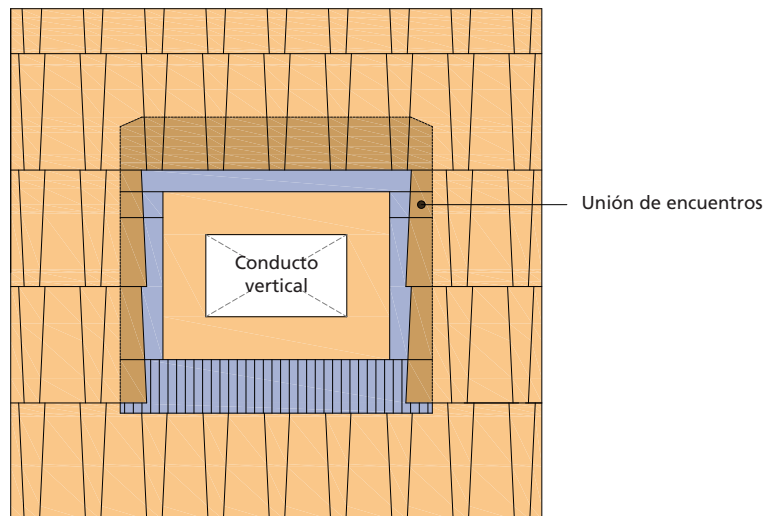
SECCIÓN LONGITUDINAL

### 6.3.8 Encuentro con un conducto vertical

Figura 6.59 Encuentro con conducto vertical

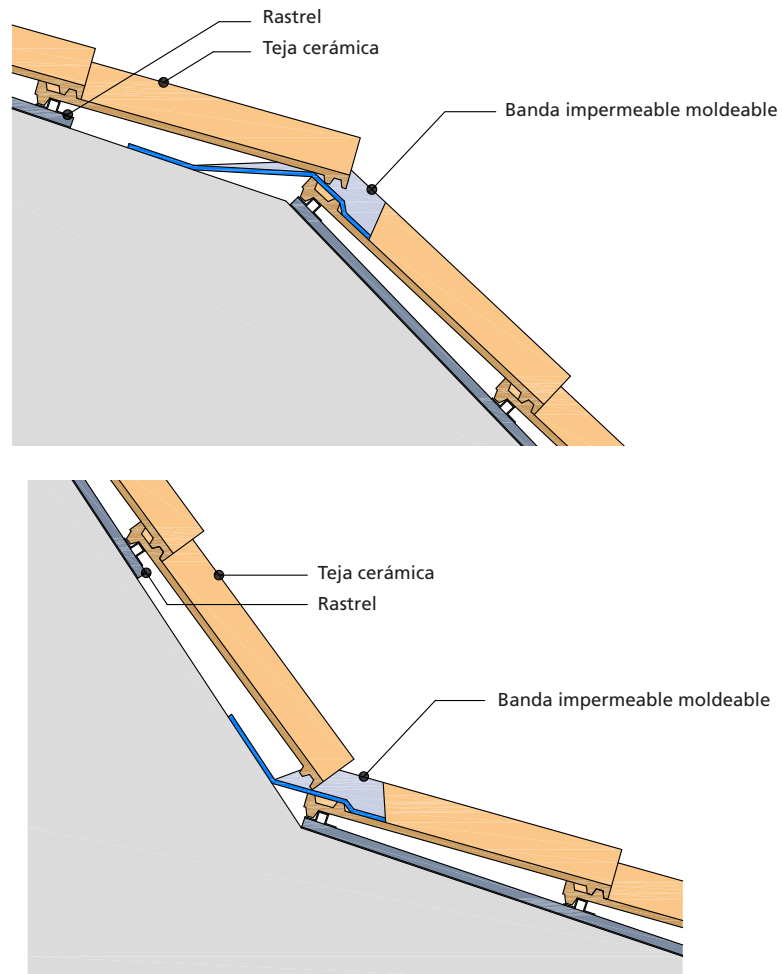


SECCIÓN LONGITUDINAL



### 6.3.9 Cambio de pendiente

Figura 6.60 Colocación de banda impermeable en cambio de pendiente en la cubierta



### 6.3.10 Ventana, lucernario y claraboya

Figura 6.61 Encuentro de la cubierta con una ventana

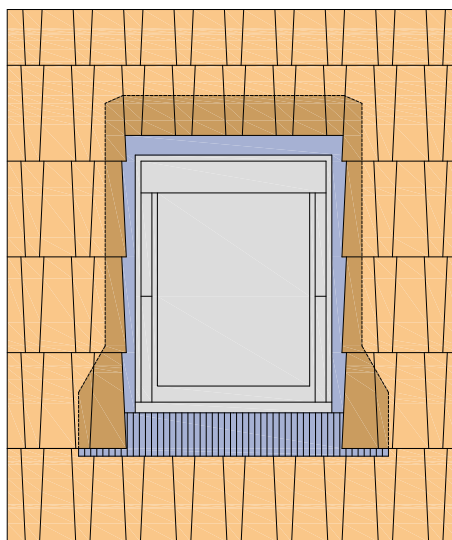
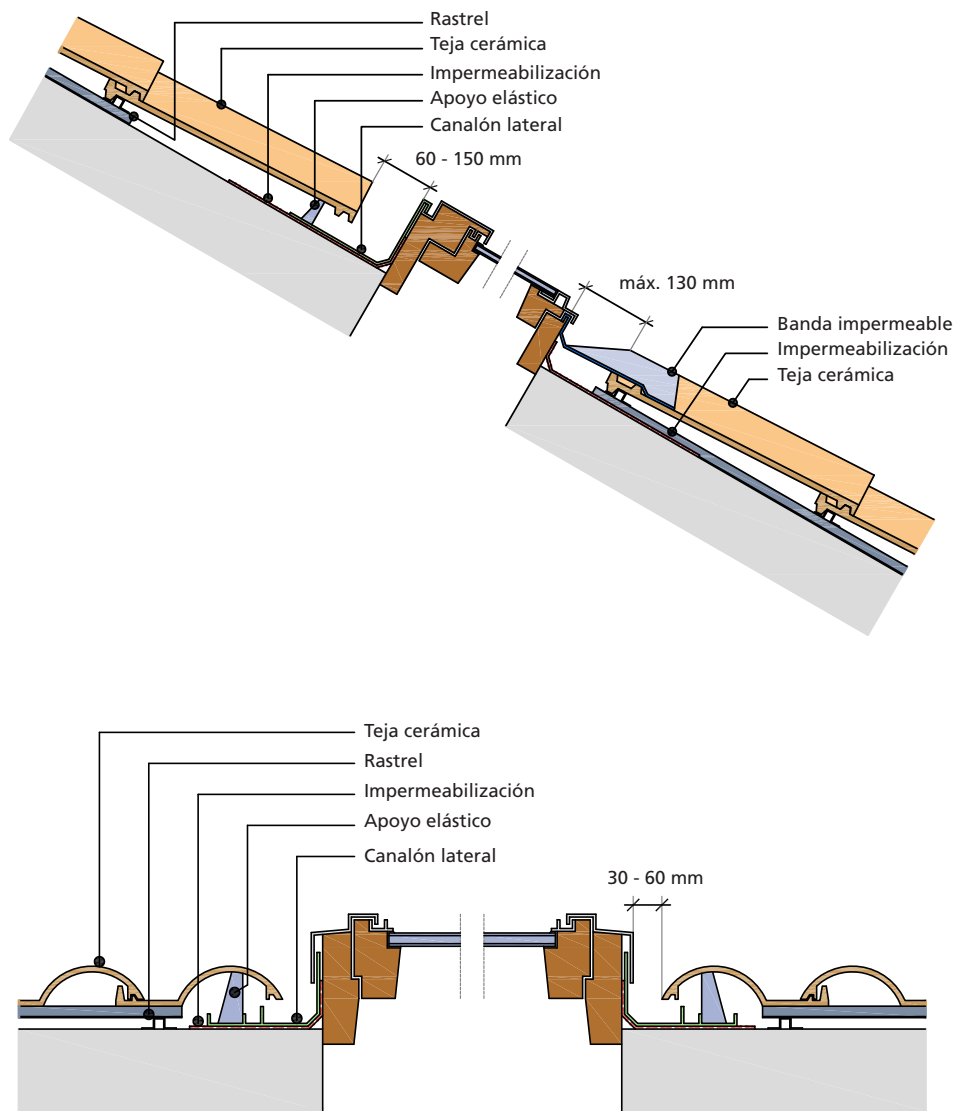


Figura 6.62 Colocación de la impermeabilización en el encuentro de la cubierta con una ventana





# 7

## Otras aplicaciones del tablero cerámico

Además de su empleo como elemento de cubierta, el tablero cerámico tiene otras aplicaciones y se utiliza en muchos otros elementos de los edificios, tal y como se refleja a continuación.

### 7.1 Escaleras

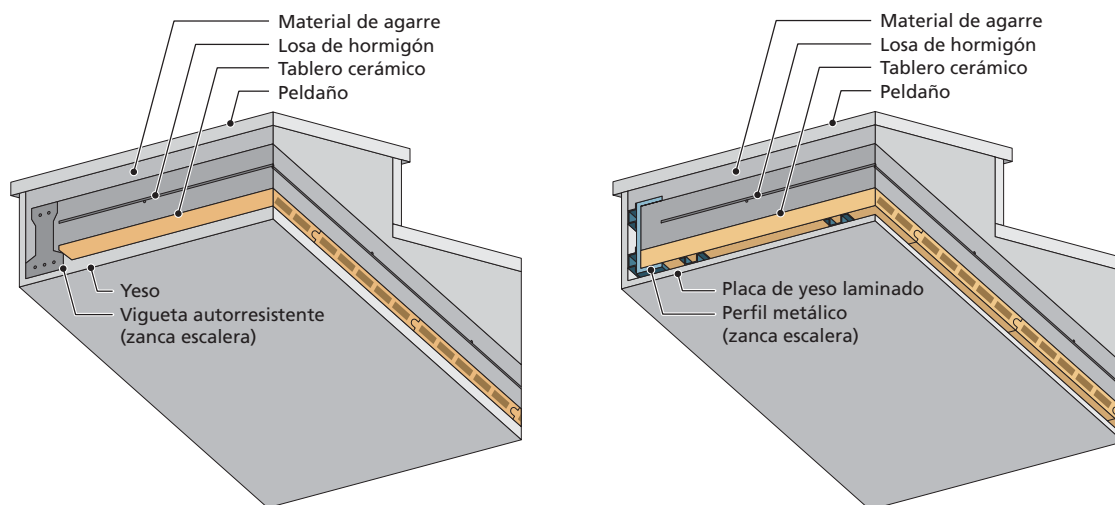
Cuando la estructura de las escaleras se configura mediante elementos resistentes lineales (zancas), para conseguir una superficie resistente continua se hace necesario un elemento que, a modo de encofrado, apoyando sobre los perfiles de la escalera, permita construir sobre él una capa de compresión que recoja las cargas y las transmita a las zancas.

En estas situaciones, el tablero cerámico, apoyando bien en el ala inferior o bien en el ala superior de los perfiles, constituye un elemento apropiado por su capacidad para adaptarse a separaciones entre zancas muy variadas.

Si las viguetas o perfiles de las zancas no garantizaran por sí mismos la resistencia a fuego exigida, deberán revestirse de materiales apropiados para conseguirlo, como por ejemplo, con revestimientos de yeso.

A continuación se muestran dos detalles de escaleras con distintas soluciones de apoyo de los tableros, en el primer caso la zanca de la escalera se realiza con vigueta autorresistente y en el segundo caso con un perfil metálico.

**Figura 7.1.** Tablero cerámico para formación de escaleras

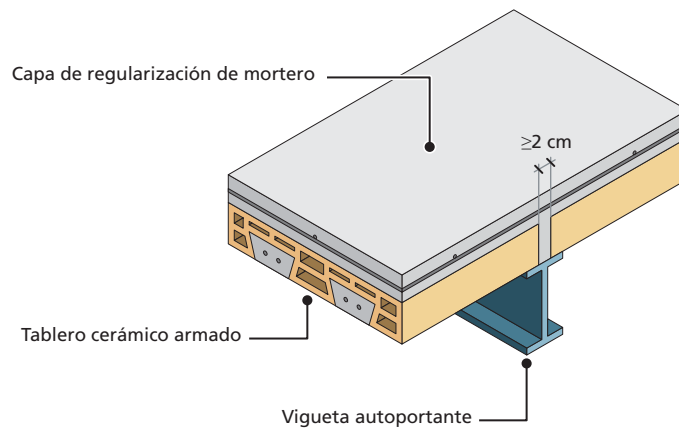


## 7.2 Entreplantas

Los tableros cerámicos armados y pretensados descritos en el apartado 3.1 de este manual, con las distintas posibilidades en cuanto a longitudes y armados, constituyen un elemento prefabricado, económico y de gran versatilidad para construir entreplantas, apoyándolos en una estructura previa.

En su apoyo sobre la estructura se deberá prever una separación entre tableros mayor o igual a 2 cm para garantizar la transmisión de esfuerzos a las vigas de la estructura y se completará con la capa de compresión y armadura necesarias para soportar los esfuerzos previstos en cada caso previo estudio de la estructura base o del apoyo de los tabiques.

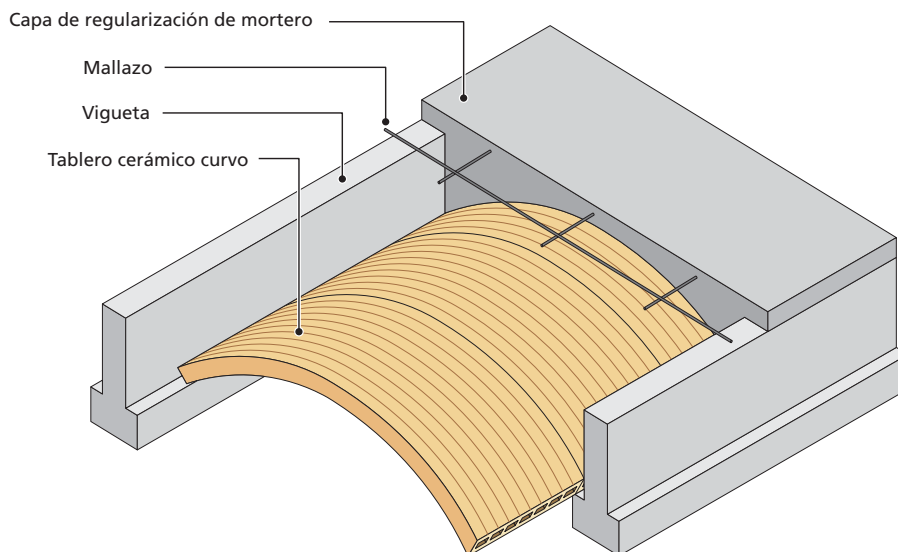
**Figura 7.2.** Tablero cerámico armado para entreplantas



## 7.3 Bóvedas y cubiertas laminares

De acuerdo con lo descrito en el apartado 3.1 de este manual se fabrican tableros curvos con longitudes análogas a las bovedillas aligerantes que permiten su utilización en forjados con terminaciones vistas o para revestir.

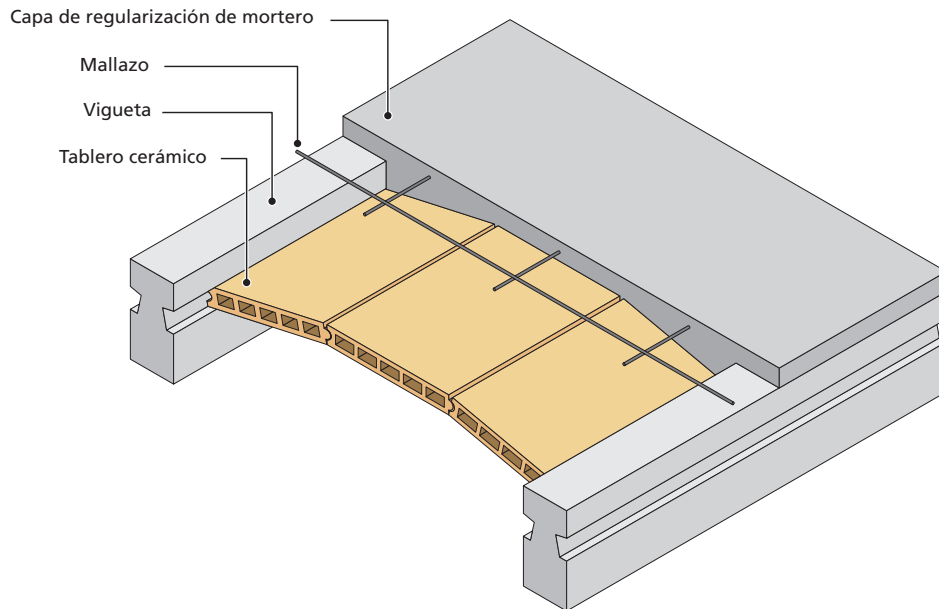
**Figura 7.3.** Tablero cerámico curvo para bóvedas entre viguetas del forjado



Estas bóvedas entre viguetas de forjado se han realizado artesanalmente de forma masiva durante buena parte del siglo XX, con piezas cerámicas huecas de pequeño espesor y el apoyo de una pequeña cimbra o galápago.

Hoy todavía es una solución perfectamente realizable con tableros cerámicos y tiene la ventaja de que con ella se pueden salvar simultáneamente distintas separaciones de viguetas.

**Figura 7.4.** Tablero cerámico plano para bóvedas entre viguetas de forjado

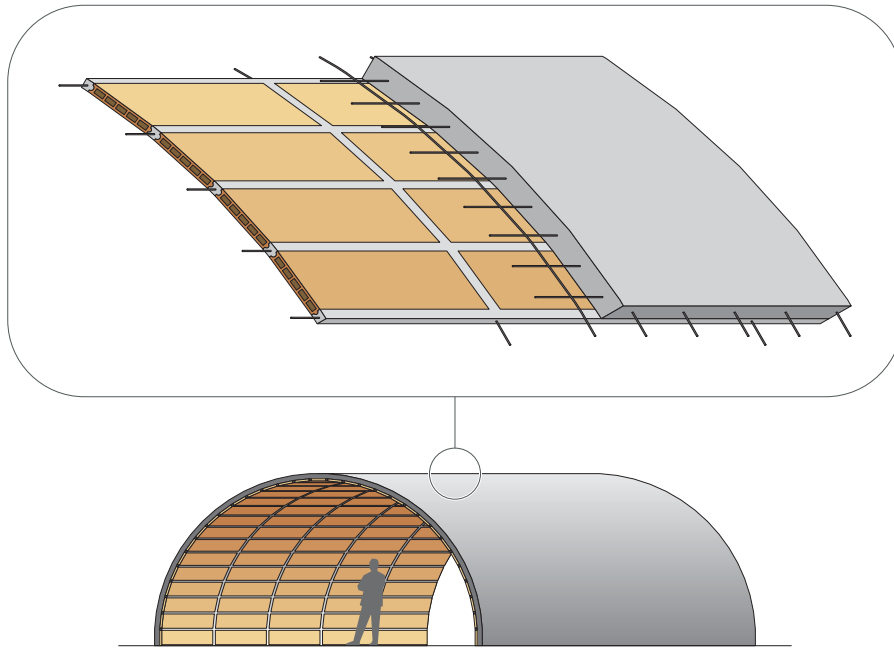


En línea con las cubiertas laminares de cerámica armada que el ingeniero uruguayo Eladio Dieste empezó a construir en los años cuarenta del siglo XX, y son continuadas en la actualidad con distintas patentes, se pueden fabricar tableros cerámicos con ranuras en las cuatro caras.

Para realizar estas cubiertas laminares de cerámica armada los tableros necesitan una cimbra completa revestida de una lámina antiadherente y se colocan en retícula de manera que haya continuidad longitudinal y transversal en las juntas para poder armar entre las piezas en los dos sentidos.

Además, se completará con una capa de compresión de espesor y armado suficientes para resistir los esfuerzos a que estén sometidas en cada caso con los debidos parámetros de seguridad.

Figura 7.5. Cubierta laminar con tablero cerámico



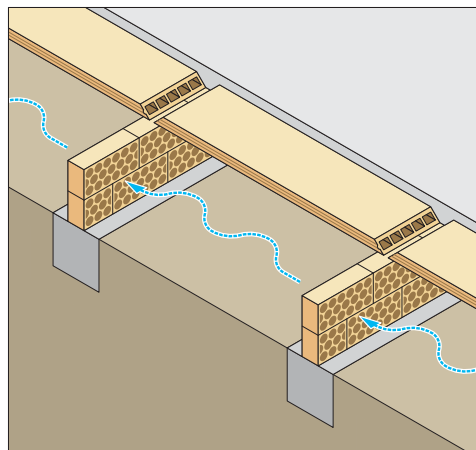
La configuración estructural de estas cubiertas laminares de cerámica armada puede compararse con la de un forjado reticular con tableros cerámicos como elemento aligerante perdido, pero todo con un mínimo espesor, gracias a su comportamiento como bóveda.

## 7.4 Cámaras sanitarias y recrecido de suelos

Los suelos elevados con tablero cerámico se realizan levantando una serie de muretes de fábrica paralelos y separados entre sí una distancia igual a la longitud del tablero, incrementada en 2 cm, para realizar la unión de los tableros entre tramos contiguos.

Cuando se trata de cámaras sanitarias, los muretes necesitan una cimentación acorde con las cargas que transmitan al terreno y una ventilación de la cámara que cumpla las prescripciones del apartado 2.2.2 del DB HS del CTE, incorporando aberturas de ventilación repartidas al 50% entre dos paredes enfrentadas, dispuestas regularmente y al tresbolillo. La relación entre el área efectiva total de las aberturas,  $S_v$ , en  $\text{cm}^2$ , y la superficie del suelo elevado,  $A_s$ , en  $\text{m}^2$  debe cumplir la condición:  $30 > S_v/A_s > 10$ . La distancia entre aberturas de ventilación contiguas no debe ser mayor que 5 m.

Figura 7.6. Cámara sanitaria con tablero cerámico



En el caso de suelos elevados que no están en contacto con el terreno (sobre forjados por ejemplo), no hay que aplicar las prescripciones de ventilación, pero se tendrá en cuenta la orientación de los muretes para que la transmisión de cargas al elemento resistente sobre el que apoyan sea correcta (perpendicular a viguetas para el caso de forjados unidireccionales).

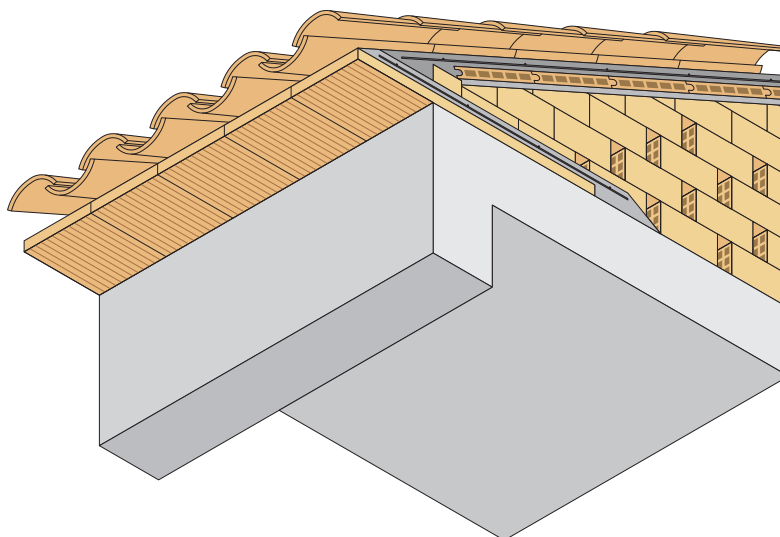
El espesor y armado de la capa de compresión de hormigón depende de las cargas y separación entre apoyos. Se pueden utilizar los valores recogidos en el apartado 5.2.2 de este manual.

## 7.5 Aleros y voladizos

El tablero cerámico permite configurar aleros y voladizos en las cubiertas. Los tableros cerámicos pueden quedar vistos con un tratamiento de protección transparente para exteriores u ocultos con un revestimiento de mortero, revoco, etc.

En el caso de las soluciones de cubiertas de tablero sobre forjados descritas en el apartado 4.3.1 de este manual, los aleros y voladizos se pueden configurar apoyando parte del tablero sobre el forjado horizontal y volando el resto del tablero.

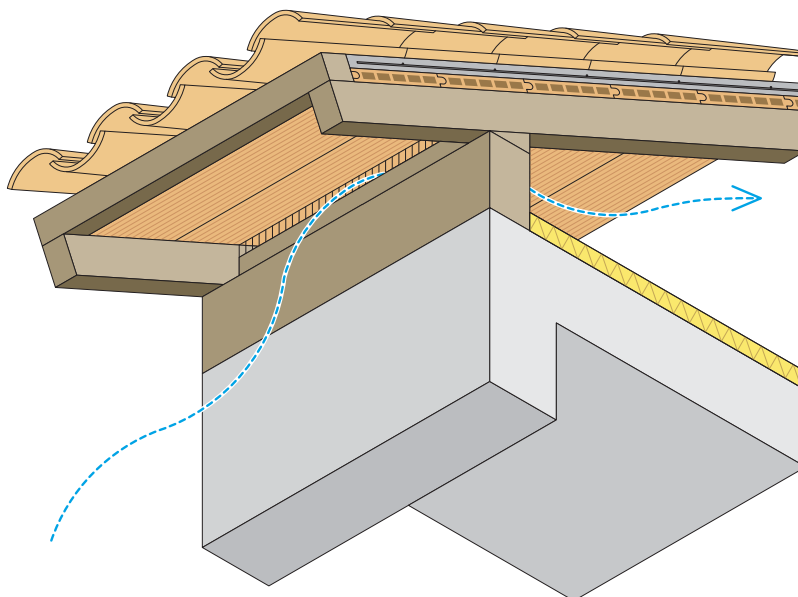
*Figura 7.7. Alero con tablero cerámico en cubierta con tabiques palomeros*



En el caso de las soluciones de cubiertas de tablero sobre viguetas autoportantes descritas en el apartado 4.3.2 de este manual, los aleros y voladizos se pueden configurar volando los mismos perfiles inclinados que forman la estructura de la cubierta.

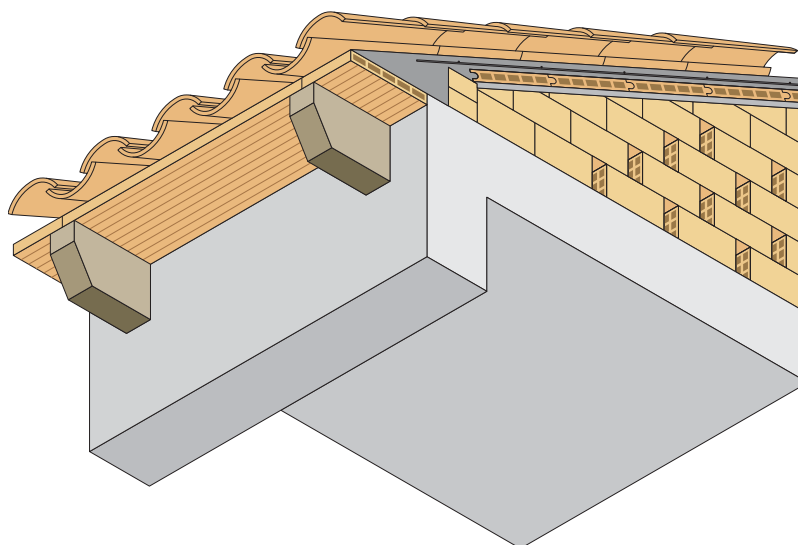
A continuación se muestra una solución de alero en una cubierta de tablero cerámico apoyado sobre viguetas autoportantes de madera que vuelan sobre el plano de fachada, con cámara de aire ventilada entre el forjado horizontal y el soporte de la cubierta.

**Figura 7.8.** Alero con tablero cerámico en cubierta sobre viguetas autoportantes



Además de las soluciones anteriormente comentadas, los aleros y voladizos se podrían configurar también volando perfiles o vigas horizontales, empotrándolos en el muro, o como continuación de los que configuran el forjado horizontal de cubierta.

**Figura 7.9.** Alero con tablero cerámico volando vigas horizontales empotradas en el muro

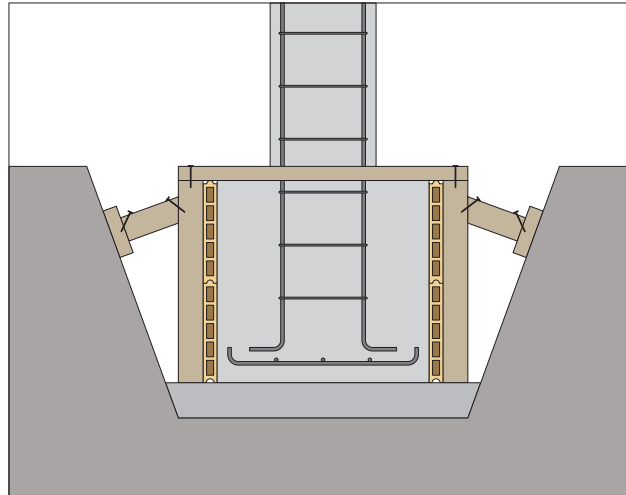


## 7.6 Encofrado perdido

El tablero cerámico, por su configuración machihembrada y su diversidad de formatos, puede resultar competitivo como encofrado perdido en distintas soluciones, como cimentaciones, canalizaciones de regadío, etc., respecto a otros elementos como la madera cortada, tableros prefabricados, etc., que requieren de desencofrado.

A continuación se muestra la aplicación del tablero cerámico como encofrado perdido en cimentaciones con terreno que no admite el corte vertical y precisa de encofrado lateral.

Figura 7.10. Tablero cerámico como encofrado perdido en cimentación



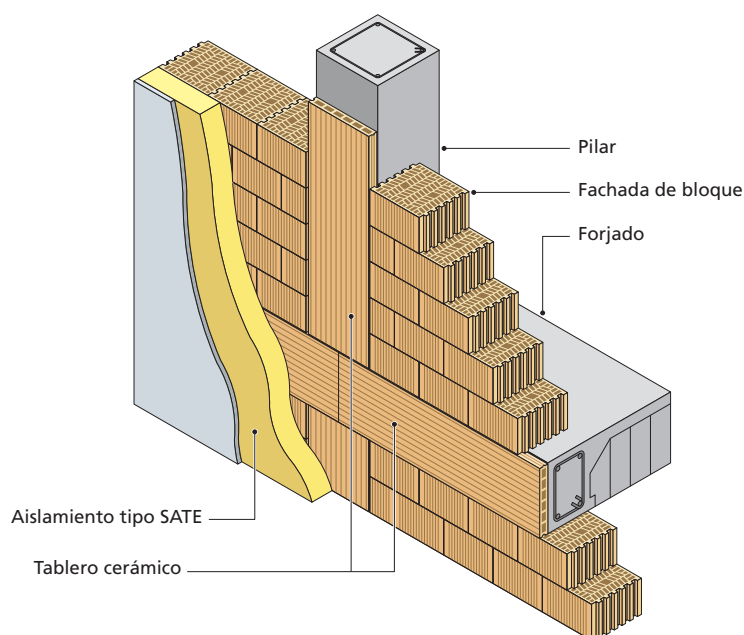
## 7.7 Revestimiento de estructuras

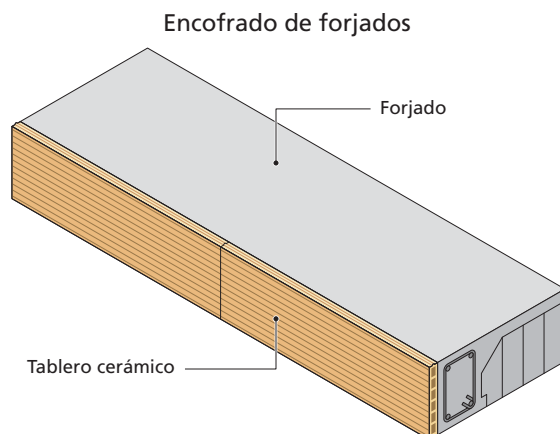
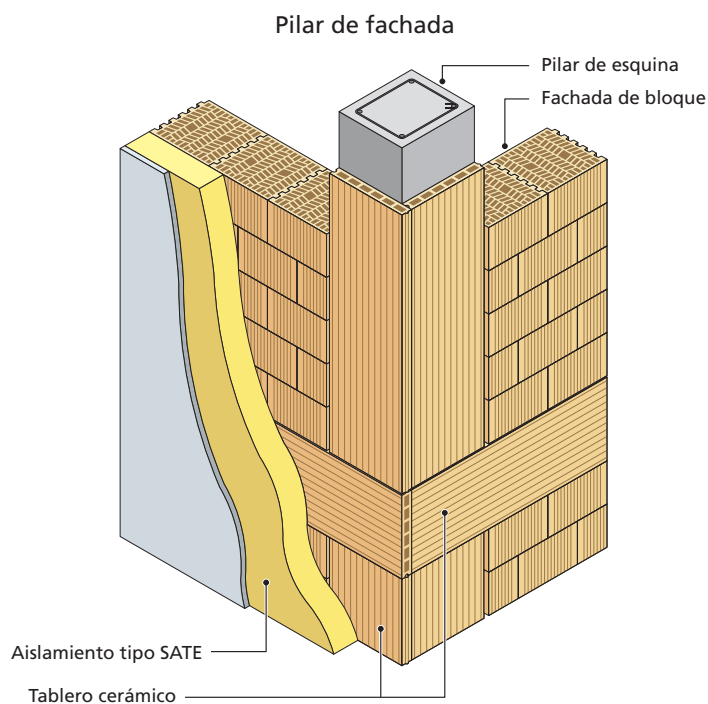
Cuando en un edificio con estructura porticada, la hoja exterior de los cerramientos es de cerámica para revestir, se considera muy conveniente que la hoja exterior vuele 5-6 cm sobre la estructura y revestir los pilares y cantos de forjado con piezas cerámicas. De esta manera se consigue una superficie cerámica continua de cara a garantizar una adherencia homogénea de los revestimientos.

Además, si las piezas cerámicas que revisten la estructura son huecas, colaborarán ligeramente a disminuir el puente térmico que se produce en los frentes de forjados y pilares, consiguiéndose una mejora del comportamiento higrométrico del cerramiento. En cualquier caso, el tratamiento de dichos puentes térmicos requerirá de la colocación de aislamiento térmico revistiéndolos.

Atendiendo a lo anteriormente expuesto, el tablero cerámico puede ser utilizado en los revestimientos de estructuras.

Figura 7.11. Revestimiento de estructuras con tablero cerámico  
Pilar de fachada





## 7.8 Otras aplicaciones

Además de todas las utilizaciones comentadas en los apartados anteriores, los tableros cerámicos se pueden emplear en otras situaciones, aplicables dentro del sector de la construcción o fuera de éste.

Entre otras aplicaciones del tablero cerámico podemos destacar el cierre de cualquier tipo de recintos, como por ejemplo depósitos de agua, huecos de edificios que se dejan sin acabar, huecos de locales comerciales hasta la realización del escaparate definitivo, soportes para fosas o nichos de cementerios, etc.



Figura 7.12. Nichos de cementerios con tablero cerámico

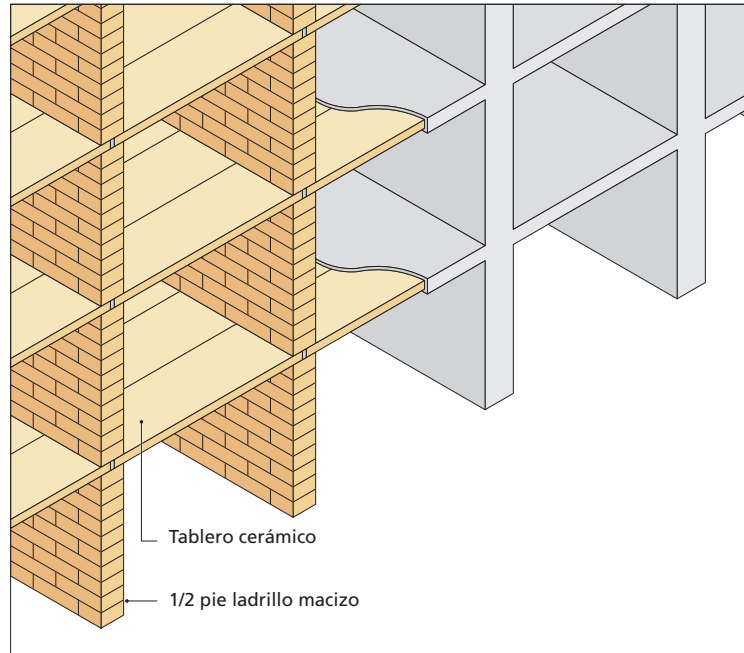
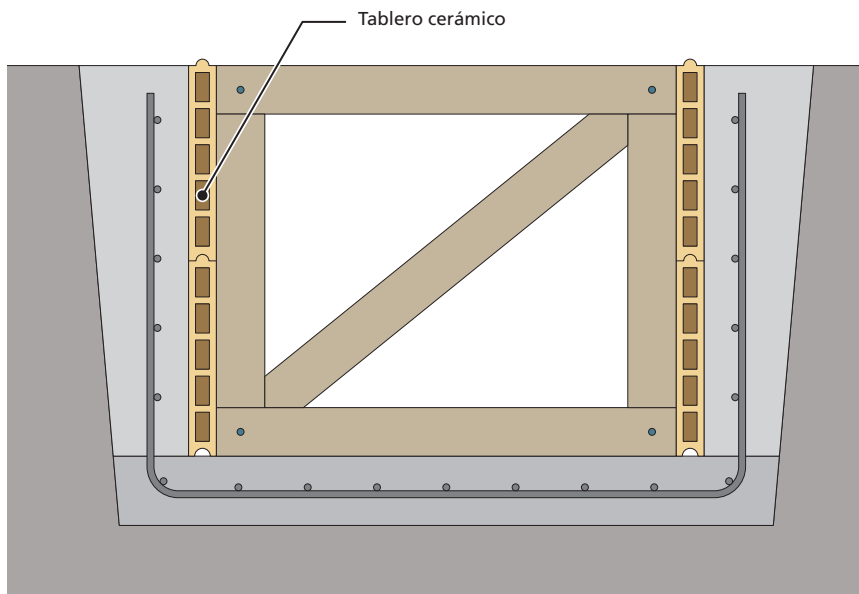


Figura 7.13. Canalizaciones empleando el tablero cerámico como encofrado perdido





# 8

## Normativa y bibliografía

### — Normas UNE

- UNE 67041-88 "Tableros cerámicos de arcilla cocida para cubiertas. Designación y especificaciones".
- UNE 1304-2014 "Tejas y piezas auxiliares de arcilla cocida. Definiciones y especificaciones de producto".
- UNE 136020-2004 "Código de buena práctica para el diseño y el montaje de cubiertas con teja cerámica".

### — Reglamentos

- Reglamento particular de la marca AENOR para tableros, tejas y piezas auxiliares de arcilla cocida. RP 34.02.

### — Decretos y leyes

- Reglamento Europeo de Productos de Construcción (RPC) nº 305/2011 por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción.
- Real Decreto 214/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación (CTE) y todos sus Documentos Básicos.

### — Otros

- Catálogo de Soluciones Cerámicas para el cumplimiento del Código Técnico de la Edificación. Hispalyt. Año 2008.
- Artículo Técnico "Ventajas de la cubierta en seco con teja cerámica" publicado en la revista Conarquitectura nº 59.
- Artículo Técnico "Cubiertas inclinadas con teja cerámica" publicado en la revista Conarquitectura nº 55.
- de patologías de las piezas cerámicas para la construcción. AITEMIN. Año 2000.
- Guía de diseño y ejecución en seco de cubiertas. AITEMIN. Año 2010.
- Revista Tectónica nº 8. Cubiertas (II) inclinadas.
- Revista Tectónica nº 34. Cubiertas: nuevos usos.
- Revista Detail Cubiertas/estructuras 2009/01.











**Elaborado por:**  
HISPALYT. Asociación Española de Fabricantes de Ladrillos y Tejas de Arcilla Cocida  
C/ Orense nº 10, 2ª planta, oficinas 13-14, 28020 Madrid  
Tel.: 91 770 94 80 Fax: 91 770 94 81  
hisपालyt@hisपालyt.es  
www.hisपालyt.es  
www.tableroceramico.es

**Editado por:**



**GREMI DE RAJOLERS  
DE LA COMUNITAT VALENCIANA**  
Asociación de fabricantes de ladrillos y tejas  
de la Comunidad Valenciana

**Subvencionado por:**



**GENERALITAT  
VALENCIANA**  
Conselleria d'Economia  
Sostenible, Sectors Productius,  
Comerç i Treball