

Artículo Técnico

Diseño de cubiertas con tablero cerámico según el Código Técnico de la Edificación (CTE)

Amelia Santiago Monedero, Elena Santiago Monedero, Elena Gracia Iguacel, Ana Ribas Sangüesa: Hispalyt
Mariano González Cortina, Antonio Rodríguez Sánchez: Departamento Construcciones Arquitectónicas y su Control. Escuela Técnica Superior Edificación Universidad Politécnica de Madrid (ETSEM UPM)



Figura 1. Manual de diseño y ejecución de cubiertas con tablero cerámico y otras aplicaciones.

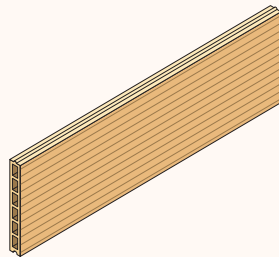


Figura 2. Tablero cerámico.

En este artículo se describe el tablero cerámico, indicando sus exigencias reglamentarias cuando se emplea en cubierta, así como las verificaciones y justificación de que las cubiertas con tablero cumplen todos y cada uno de los documentos del Código Técnico de la Edificación (CTE). Esta información ha sido extraída del “Manual de diseño y ejecución de cubiertas con tablero cerámico y otras aplicaciones” desarrollado por Hispalyt, el cual puede descargarse gratuitamente en www.hispalyt.es

Producto: Ladrillo cara vista

Dirigido a: Proyectistas

Contenidos: Diseño

Introducción

El tablero cerámico es un material versátil con numerosas posibilidades de uso, empleado de manera tradicional en proyectos de edificación. Su utilización se ha popularizado en muy diversas soluciones constructivas, y es posible encontrarlo en edificios de gran valor arquitectónico dentro de la arquitectura contemporánea. A lo largo del tiempo, sus aplicaciones se han ampliado, impulsadas tanto por la evolución del diseño arquitectónico como por los avances de la industria.

En este artículo se describe el tablero cerámico, indicando sus exigencias reglamentarias cuando se emplea en cubierta, así como las verificaciones y justificación de que las cubiertas con tablero cumplen todos y cada uno de los documentos del Código Técnico de la Edificación (CTE).

Esta información ha sido extraída del “Manual de diseño y ejecución de cubiertas con tablero cerámico y otras aplicaciones” desarrollado por Hispalyt, el cual puede descargarse gratuitamente en www.hispalyt.es. Dicho manual está dirigido a todos los agentes que intervienen en el proceso constructivo (arquitectos, arquitectos técnicos, constructores, etc.) y pretende ser un método ordenado de pasos a seguir, para la justificación de que el tablero tiene muy buenas prestaciones y cumple adecuadamente con los requisitos del CTE.

En este artículo, basado en el “Manual de diseño y ejecución de cubiertas con tablero cerámico y otras aplicaciones” se detallan de manera resumida, las exigencias básicas de cada requisito del CTE que afectan al diseño de las cubiertas, particularizando en el tablero cerámico, y el procedimiento de verificación que se deben aplicar, para obtener una solución constructiva que cumple con todos los Documentos Básicos.

Asimismo, 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.

DOCUMENTO BÁSICO DEL CTE	DATOS DE PARTIDA	EXIGENCIA Y ESPECIFICACIONES	DISEÑO / RESULTADO
DB SE SE Seguridad estructural	Apartado 5.1.1	Apartado 5.1.1 - 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 SI Seguridad en caso de incendio	Apartado 5.1.2	Apartado 5.1.2 - 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 HS Salubridad	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 HR HR Protección frente al ruido	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 garantice el RA y R_{At} mínimo necesario para cumplir las exigencias acústicas del conjunto
DB HE HE Ahorro de energía	Apartado 5.1.6	Apartado 5.1.6 - Limitación de la demanda de calefacción, demanda de refrigeración y consumo de energía primaria no renovable - $U_{Descompensaciones}$ 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

Tabla 1. Verificaciones del CTE a aplicar para el procedimiento general de diseño en cubiertas con tablero.

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.

DB SE: Seguridad Estructural

SE

Seguridad estructural

1. Exigencias del tablero

Se aplica a cualquier cubierta, y 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. 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.

2. Verificación del cumplimiento del CTE

Hay que diferenciar de si se trata de una cubierta de tablero cerámico sobre forjado o sobre vigueta autoportante, ya que el diseño de la cubierta se realizará de distinto modo para cumplir las exigencias del DB SE del CTE.

Cubiertas sobre forjado

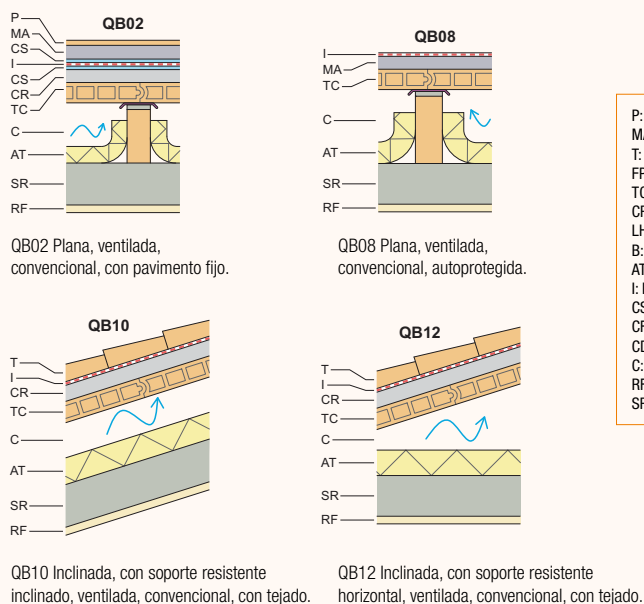


Figura 3. Tipos de cubiertas de tablero cerámico sobre forjado.

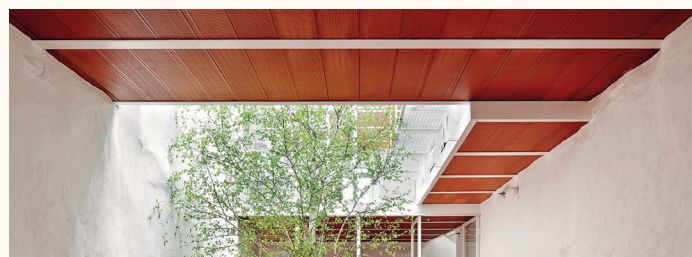


Figura 5. Casa Luz, Arquitectura G.

En este caso, las exigencias 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 el Código Estructural.

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. En caso contrario, deberá ejecutarse una losa de hormigón. El espesor de la losa y el mallazo a emplear deberá definirse mediante cálculo estructural.

Cubiertas sobre viguetas autoportantes

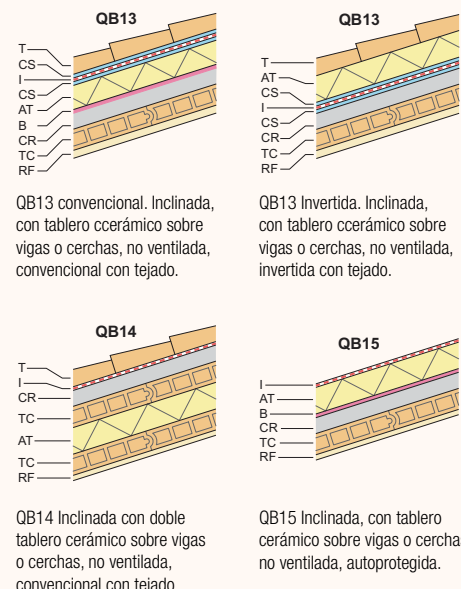


Figura 6. Tipos de cubiertas de tablero cerámico sobre viguetas autoportantes.

SECCIÓN TRANSVERSAL

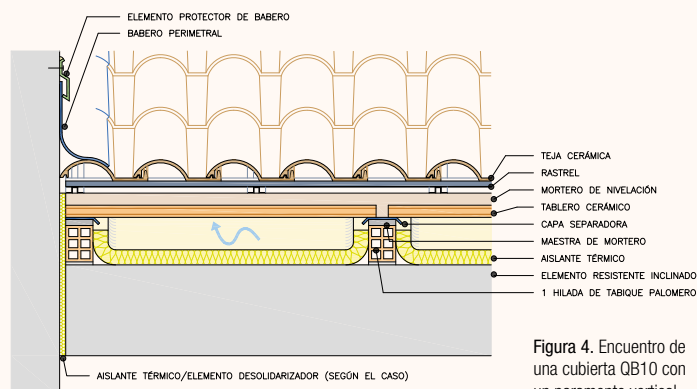


Figura 4. Encuentro de una cubierta QB10 con un paramento vertical.

SECCIÓN TRANSVERSAL

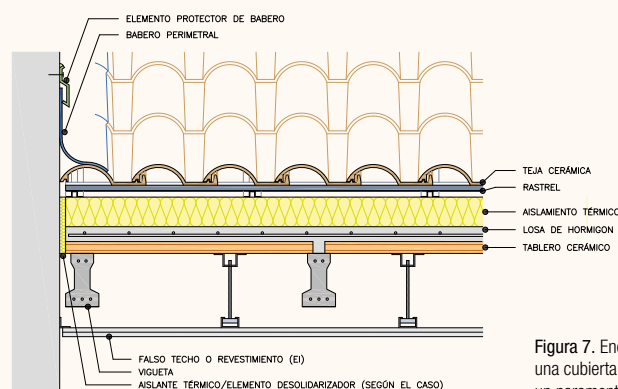


Figura 7. Encuentro de una cubierta QB13 con un paramento vertical.

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.

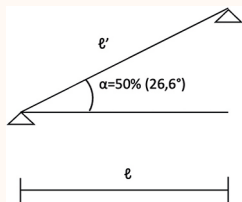
A continuación, se muestra la **Tabla 2 de cálculo de losas de hormigón para distintas separaciones de viguetas o medidas de tableros**. Las “*consideraciones previas*”, están en el punto 5.2.2. de este manual. En esta tabla se expresan los valores máximos de sobrecargas más las cargas permanentes (excepto tablero y losa), sin mayorar, que pueden soportar las distintas combinaciones de tablero y espesor de losa, con un tope de 20 KN/m².

SOBRECARGAS + CARGAS PERMANENTES (EXCEPTO TABLERO Y LOSA) EN KN/m ²					
	Mallazo	Separación entre viguetas - Longitud del tablero (cm)			
		70	80	100	120
LOSA 5 cm	#05 20x30	12,8	9,4	5,5 (1,5*)	-
	#05 15x30	17,5	13,1	7,8	5 (1,5*)
LOSA 5,5 cm	#06 20x30	21,7	16,2	9,8	6,3
	#06 15x30	-	22,15	13,3	8,9
LOSA 6 cm	#08 20x30	-	-	20,7	13,5
	#08 15x30	-	-	-	18,1
	#010 20x30	-	-	-	20,2
	#010 15x30	-	-	-	-
LOSA 6,5 cm	#012 20x30	-	-	-	-
	#012 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/m² en el centro del vano (Art. 3.1.1.2 t tabla 3.1 del DB-SE-AE).

Tabla 2. Cálculo de losas para distintas separaciones de viguetas o medidas de tableros.

Las tablas 2 a 5, de viguetas de acero y hormigón se utilizan para las cargas habituales de cubierta y distintas luces de estas, para las configuraciones de cubiertas recogidas en este manual. Las “*consideraciones previas*”, están en el punto 5.2.2. de este manual.



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

Para α=0° se multiplicará la carga/m² (KN) por 1,12.
 Para α=10° (17%) se multiplicará la carga/m² (KN) por 1,10.
 Para α=20° (36%) se multiplicará la carga/m² (KN) por 1,04.
 Para α=30° (57%) se multiplicará la carga/m² (KN) por 0,97.
 Para α=40° (84%) se multiplicará la carga/m² (KN) por 0,86.
 Para α=45° (100%) se multiplicará la carga/m² (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 m² de cubierta, que pueden soportar las distintas combinaciones de tableros y perfiles.

En este caso se muestra a modo de ejemplo la **tabla 4 del Manual**, donde además se pueden revisar varios ejercicios resueltos de cálculo con el uso de dichas tablas.

TABLERO de 100 cm longitud							
SOBRECARGAS + CARGAS PERMANENTES (EXCEPTO TABLERO Y LOSA) /m ² (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

Tabla 3. Cálculo de viguetas para longitud del tablero de 100 cm.

■ Cálculo por flecha $\leq \ell/300$
 ■ Cálculo por resistencia



Figura 8. Vivienda unifamiliar. Refugio abierto en Ciudad Real. Javier Bernalte.

DB SI: Seguridad en caso de incendio

1. Exigencias del tablero

Se aplica generalmente a cualquier cubierta.

- SI 1. Propagación interior. (Tabla 1.2, Tabla 2.2 y Tabla 4.1 del DB SI)
- SI 2. Propagación exterior. (Tabla distancia y altura mínima para elementos con EI<60 y Figura 2.1 del DB SI)
- SI 6. Resistencia al fuego de la estructura. (Tabla 3.1 del DB SI)

2. Verificación del cumplimiento del CTE

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.

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.

SI 6 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.

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.

Reacción a fuego: 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 específico que se utilice y debe certificarla el fabricante.

En el Real Decreto 842/2013 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, las tejas y los tableros cerámicos se clasifican como A1. Por tanto, son no combustibles, ni emiten 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.

DB HS: salubridad



1. Exigencias del tablero

Se aplica generalmente a cualquier cubierta

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

- 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 disponga de los elementos que se indican en el apartado 5.1.4 de este manual.
- Pendientes mínimas en cubierta plana: 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.

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

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

Tabla 4. DB HS 1 Tabla 2.9 Pendientes de cubiertas planas.

- Pendientes mínimas en cubierta inclinada: 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.

			Pendiente mínima en %
Tejado ¹	Teja ²	Teja curva	32
		Teja mixta y plana monocal	30
		Teja plana marsellesa y alicantina	40
		Teja plana con encaje	50

¹ Para los sistemas y piezas de formato especial las pendientes deben establecerse de acuerdo con las correspondientes especificaciones de aplicación.
² 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").

Tabla 5. DB HS 1 Tabla 2.10 Pendientes de cubiertas inclinadas.

2. Verificación del cumplimiento del CTE

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".



Figura 9. Hípica en La Llacuna (Barcelona). Vicente Sarrablo y Jaume Colom.

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_e en cm^2 y la superficie de la cubierta A_c en m^2 cumpla la siguiente condición:

$$30 > S_e/A_c > 3$$

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.

DB HR: Protección frente a ruido



1. Exigencias del tablero

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.

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 se aplica a edificios de uso comercial.

Se necesitan los siguientes datos previos:

- Valor del índice de ruido día, L_d , 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.
- Uso del edificio.
- Tipo de recinto protegido receptor.

Cuantificación de las exigencias de aislamiento frente al ruido exterior

El aislamiento acústico a ruido aéreo, $D_{2m,nT,Atr}$, 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 , 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 , 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 , 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.

Uso del sector de incendio considerado ¹	Uso del edificio			
	Residencial y hospitalario		Cultural, sanitario ¹ , 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

¹ 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.

Tabla 6. DB HR Tabla 2.1 Valores de aislamiento acústico a ruido aéreo, $D_{2m,nT,Ab}^*$ en dBA, entre un recinto protegido y el exterior, en función del índice de ruido día, L_d

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, $D_{2m,nT,Ab}^*$ obtenido en la tabla 2.1 del DB HR del CTE se incrementará en 4 dBA.

Cuantificación 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.

RECINTO EMISOR EXTERIOR A LA UNIDAD DE USO	RECINTOS DE UNA UNIDAD DE USO			
	Recinto receptor			
	Protegido Ruido aéreo, D_{nTA} (dBA)		Habitable Ruido aéreo, D_{nTA} (dBA)	
Otros recintos del edificio ¹	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 RA (dBA)		
		Puerta o ventana en recinto protegido		Cerramiento opaco
		recinto habitable ²		
		30	20	50

¹ Siempre que este recinto no sea de instalaciones, de actividad o no habitable.

² 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	
		Protegido Ruido aéreo, D _{nTA} (dBA)	Habitable Ruido aéreo, D _{nTA} (dBA)
De instalaciones o de actividad	Si ambos recintos no comparten puertas	55 ³	45
	Si ambos recintos comparten puertas	Condiciones del cerramiento opaco y de la puerta RA (dBA)	
		Puerta en recinto habitable	Cerramiento opaco
		30	50

³ Un recinto de instalaciones o de actividad no puede tener puertas que den acceso directamente a los recintos protegidos del edificio.

Tabla 7. Guía de aplicación DB HR Tabla 2.1.2.2. Exigencias de aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos.

2. Verificación del cumplimiento del CTE

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, u otros softwares para el diseño acústico de edificios, como por ejemplo la Herramienta del DB HR del Ministerio de Vivienda y Agenda Urbana.

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.

En el apartado 5.2.6 de este manual, 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.

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

DB HE: Ahorro de energía

1. Exigencias del tablero

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.

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.

El Ministerio de Vivienda y Agenda Urbana 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. 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 información que aparece en el apartado 5.1.6 de este Manual.

DB HE 0: limitación del consumo energético de energía no renovable, (calefacción, refrigeración y ACS). 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 estas 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. (Apartado 5.1.6 del manual)
- Edificios nuevos o ampliaciones de edificios existentes de otros usos. (Apartado 5.1.6 del manual)

DB HE 1: limitación a la demanda energética de calefacción y de refrigeración del edificio. 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 evitar las descompensaciones en la calidad térmica de los diferentes espacios habitables. Se deben limitar las condensaciones.

DB HE 1: limitación de condensaciones superficiales e intersticiales.

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.

2. Verificación del cumplimiento del CTE

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 solicitudes 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.

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 (RAT) de la cubierta para el cumplimiento de las exigencias.

Revisar las tablas del apartado 5.2.8 de este manual. Para cada solución de cubierta, se establecen los valores de resistencia térmica mínima del aislante térmico RAT (m^2K/W), necesaria para cumplir un determinado valor de transmitancia térmica Ulim. En las tablas deberá tomarse el valor inmediatamente inferior al de la Ulim 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 en las Tablas CSC (Catálogo de Soluciones Cerámicas) Apartado 3.11.10 Comprobación frente a condensaciones superficiales. Encuentro fachada – cubierta

En el resto de la cubierta (paños continuos) se considera que, con un aislante térmico de RAT 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.

Consulta los tipos de cubiertas con tablero cerámico y detalles constructivos en el *Manual de diseño y ejecución de cubiertas con tablero cerámico y otras aplicaciones*. https://www.hispalyt.es/show_doc.asp?id_doc=17217

