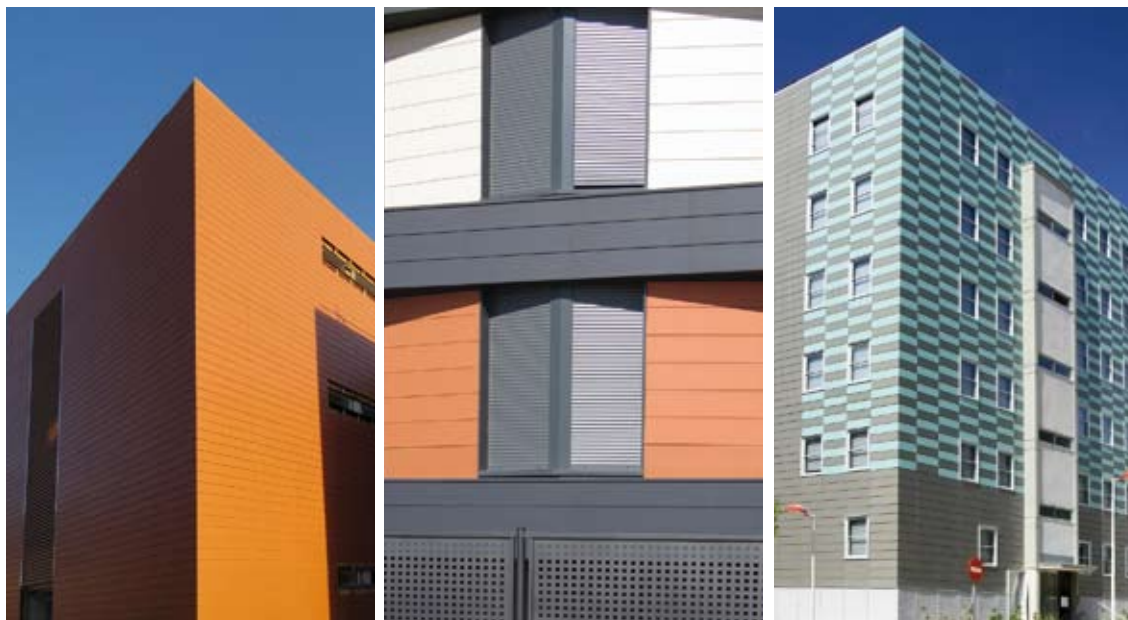


Los sistemas de cerramiento de fachadas ventiladas y el CTE

The façade ventilated systems and the CTE



1. Introducción

Las soluciones constructivas de cerramientos de fachada ventilada no quedan completamente recogidas en los Documentos Básicos (DB) del *Código Técnico de la Edificación-CTE*. En consecuencia, gran parte de los cerramientos de fachada ventilada deben ser planteados como *soluciones alternativas* del CTE con lo que debe justificarse su cumplimiento mediante el establecimiento de la equivalencia de las prestaciones respecto a las que se obtendrían de aplicar los DB.

En el presente artículo se pretende señalar aquellos aspectos y líneas de trabajo que pueden considerarse para la justificación de las exigencias básicas del CTE en este tipo de cerramientos.

Entre los documentos de referencia podemos considerar, además del propio CTE:

- Las especificaciones técnicas armonizadas de la *Directiva del Productos de la Construcción-DPC 89/106/CEE*, es decir, las normas armonizadas y los *Documentos de Idoneidad Técnica Europeos-DITE (European Technical Approval-ETA)*, obtenidos estos últimos a partir de las Guías de DITE (ETAG) o a partir de procedimientos comunes establecidos y acordados por los distintos organismos miembros de EOTA (*European Organization for Technical Approvals*), el ITEC es uno de estos organismos.
- Los informes técnicos de EOTA (*Technical Reports*) relativos a métodos para la verificación de características específicas para ciertos productos de construcción.
- Las normas internacionales (ISO) o normas de otros países europeos en cuyo marco normativo se considere el sistema constructivo o métodos de verificación y criterios de evaluación relacionados.
- Otras normas y documentos nacionales de idoneidad tales como el *Documento de Adecuación al Uso-DAU*.



Los artículos técnicos son facilitados por Hispalyt (asociación española de fabricantes de ladrillos y tejas de arcilla cocida) y forman parte de los programas de investigación que desarrolla sobre los distintos materiales cerámicos y su aplicación.

2. Términos y definiciones

Se considera la siguiente terminología específica, en línea con los términos empleados en el CTE y con las especificaciones técnicas europeas armonizadas.

Cerramiento

Es el “elemento constructivo del edificio que lo separa del exterior, ya sea aire, terreno u otros edificios” (apéndice A, DB HE1). Por

tanto, consideraremos el **cerramiento de fachada** como el elemento constructivo vertical que separa el ambiente exterior del ambiente interior del edificio.

Cerramiento de fachada ventilada

Es el cerramiento de fachada formado por una *hoja interior* y una *hoja exterior* separadas por una cámara de aire que es *ventilada*.

Cámara de aire ventilada

Es una cámara de aire comunicada con el exterior y de suficiente entidad como para hacer posible la circulación del aire y, en consecuencia, la difusión del vapor de agua y la transmisión de calor por convección. Las dimensiones mínimas de la cámara y de su grado de ventilación para conseguir dicho efecto son ligeramente dispares en función de la fuente consultada:

1- (Apéndice A, DB HS1) Se define la *cámara ventilada* como el “espacio de separación en la sección constructiva de una fachada que permite la difusión del vapor de agua a través de aberturas al exterior dispuestas de forma que se garantiza la ventilación cruzada”. Asimismo, en el apartado 2.3.2 de este DB HS1, cuando se describe el nivel de prestación B3 se indica que la *cámara de aire ventilada* debe tener un espesor entre 3 y 10 cm, y debe disponer de aberturas de ventilación cuya área efectiva total sea como mínimo 120 cm² por cada 10 m² de paño entre forjados repartidos al 50% entre la parte superior y la inferior. Por ejemplo, si consideramos una altura entre forjados de 2,5 m, la superficie de aberturas por metro de longitud en la parte superior e inferior del forjado tienen que ser como mínimo 1.500 mm².

2- (Apéndice E, DB HE1) Se define la *cámara muy ventilada* como el espacio en el que los valores de aberturas exceden: 1.500 mm² por metro de longitud contado horizontalmente para cámaras de aire verticales.

3- (Último borrador de la Guía de DITE 034-*Kits for external wall claddings*), se define la *cámara de aire* como la capa de aire que hay entre el substrato o aislante térmico y el elemento de revestimiento que está en contacto con el ambiente exterior de modo que permite la difusión del vapor de agua desde el lado interior de la pared. Asimismo, también se establece que es *ventilada* cuando se cumplen los siguientes criterios:

- El espesor de la cámara entre el elemento de revestimiento y el aislante térmico o substrato es al menos 20 mm (pudiendo reducirse a 5-10 mm en puntos localizados de la cámara, dependiendo del revestimiento y la subestructura).

- Las aberturas de ventilación mínimas previstas deben ser de 5.000 mm² por metro lineal en el arranque y la coronación de la fachada.

Atendiendo a todas las definiciones indicadas anteriormente, se puede comprobar que en relación al espesor de la cámara de aire, el espesor de entre 3 y 10 cm exigido para el nivel de prestación B3 en el DB HS1 es más restrictivo que el indicado en la futura Guía de DITE 034 (20 mm), sin embargo en relación a las aberturas mínimas de ventilación, el valor más restrictivo está indicado en el borrador de Guía de DITE 034 (ETAG 034), 5.000 mm² por metro frente a los 1.500 mm² por metro indicados en los documentos básicos.

En la tabla 1 se combinan las casuísticas indicadas en los distintos documentos de referencia.

Relación entre los espesores de la cámara y las superficies de aberturas de ventilación para que la cámara de aire sea considerada como muy ventilada.

Espesor de la cámara de aire	Superficie mínima de aberturas de ventilación por metro lineal en la parte superior o inferior del paño de fachada					
	< 1.500 mm ²	Altura entre forjados (m)				≥ 5.000 mm ²
		2,5	3,0	3,5	4,0	
< 20 mm	No muy ventilada	Muy ventilada (1)	Muy ventilada (1)	Muy ventilada (1)	Muy ventilada (1)	Muy ventilada (1)
≥ 20 mm < 30 mm	No muy ventilada	Muy ventilada (1)	Muy ventilada (1)	Muy ventilada (1)	Muy ventilada (1)	Muy ventilada (2)
≥ 30 mm ≤ 100 mm	No muy ventilada	Muy ventilada	Muy ventilada	Muy ventilada	Muy ventilada	Muy ventilada

(1) No cumple el criterio de espesor de la cámara en la definición del nivel de prestación B3 del DB HS1 del CTE.

(2) Criterio mínimo de cámara de aire indicado en el borrador de Guía de DITE 034 (ETAG 034).

Hoja exterior de revestimiento

En relación a la *hoja exterior*, debe distinguirse entre:

- las hojas exteriores pesadas (habitualmente de obra de fábrica) que principalmente se apoyan sobre el forjado (solución constructiva considerada en el DB HS 1), y

- las hojas exteriores de piezas de revestimiento discontinuo, pasantes por delante de los forjados y colgadas de la estructura mediante elementos de fijación y subestructuras principalmente metálicas (solución constructiva no considerada en el DB HS 1). Esta última tipología de hoja exterior es la que está cubierta por la futura Guía de DITE 034.

Los componentes principales de las hojas exteriores de revestimiento son:

- Elemento de revestimiento discontinuo o piel exterior. Este revestimiento puede ser de muy diversos materiales siendo uno de los más extendidos las baldosas y placas porcelánicas.

- Elementos de fijación del revestimiento, principalmente elementos metálicos para una fijación mecánica tales como grapas, perfiles o railes horizontales, fijaciones puntuales, etc.

- Subestructura de sujeción del revestimiento y su elemento de fijación a la estructura soporte del edificio (frente de forjado, hoja interior principal o substrato). Los componentes más habituales de esta subestructura son:

- Perfiles verticales.
- Ménsulas o escuadras de fijación de los perfiles.
- Elementos de fijación de los perfiles a las ménsulas o escuadras.
- Anclajes para la fijación de las ménsulas o escuadras a la estructura soporte.

Hoja interior

Atendiendo a los conceptos indicados en el DB HS1 y el borrador de la Guía de DITE 034, los principales componentes de una *hoja interior* son:

- *Hoja principal o substrato* se definen como:

- *hoja principal* es la “hoja de una fachada cuya función es la de soportar el resto de las hojas y componentes de la fachada, así como, en su caso desempeñar la función estructural” (apéndice A, DB HS1).

- *substrato* es la pared que en sí misma aporta los requisitos de estanqueidad al aire y resistencia mecánica de la fachada. Como ejemplos de substrato están, entre otras, las paredes de obra de fábrica (borrador Guía de DITE 034).

- Capa de aislamiento térmico: principalmente posicionada por la cara exterior de la hoja principal y en contacto con la cámara ventilada.

- Revestimiento o trasdosado interior con o sin cámara de aire (no ventilada) y con o sin aislamiento térmico.

3. Bases para la justificación de las soluciones técnicas alternativas al CTE

Tal como se indica en el artículo 5 del CTE, para la justificación de las *exigencias básicas* del CTE, existen dos alternativas posibles:

- Adoptar en el proyecto soluciones técnicas basadas en los DB, cuya aplicación acredita su cumplimiento.

- Adoptar soluciones técnicas *alternativas* que requieren la justificación específica del cumplimiento de las exigencias básicas.

Asimismo, en este mismo artículo se indica que la base de la justificación de las soluciones técnicas alternativas a las consideradas en los DB del CTE es establecer la equivalencia de las prestaciones respecto a las que se obtendrían de aplicar los DB.

Para poder establecer esta equivalencia, es necesario extraer y clasificar el tipo de información que contienen estos DB, según el planteamiento que se hace en el propio artículo 3 del CTE. De acuerdo con éste, se puede considerar que en los DB las exigencias básicas se traducen en:

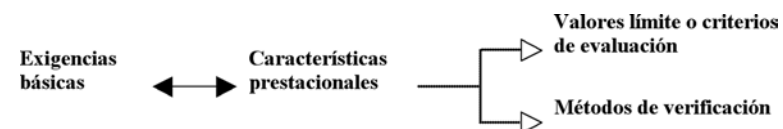
- características prestacionales cuantificables y aplicables al sistema constructivo completo o a partes de él.

- valores límite o criterios de evaluación para comprobar el cumplimiento de estas características.

- métodos de verificación o procedimientos para evaluar de un modo homogéneo los valores límite de las características que se consideren en cada caso.

Por tanto, la justificación técnica y cuantitativa del cumplimiento de las exigencias básicas del CTE pasa por establecer las características

prestacionales de cada exigencia básica, verificando con métodos adecuados al sistema constructivo que se cumple un valor límite o criterio determinado para esa característica.



El establecimiento de las características aplicables a un sistema constructivo alternativo es relativamente sencillo cuando se considera que éste es equivalente a sistemas del mismo uso que presentan soluciones técnicas basadas en los DB.

En cambio puede no ser tan sencillo, incluso si la mayor parte de las características prestacionales pueden estar consideradas en los DB, establecer los valores límite o criterios de evaluación y los métodos de verificación, ya que estos conceptos normalmente dependen en buena medida de los aspectos particulares del sistema constructivo en estudio.

En este sentido, con objeto de facilitar el proceso de justificación de una solución técnica alternativa, se propone la metodología que se desarrolla a continuación, basada en clasificar las características prestacionales en función de su grado de definición dentro de los DB y, de igual modo, el grado de definición de sus valores límite, y de sus criterios de evaluación y métodos de verificación asociados.

Así pues, las características prestacionales aplicables a un sistema constructivo alternativo se pueden clasificar en lo que aquí venimos a llamar 3 “niveles”:

1. Características que se encuentran plenamente definidas en los DB, incluido su valor límite o criterio de evaluación y su método de verificación y que por tanto se pueden justificar por aplicación directa de los DB.
2. Características que se encuentran parcialmente definidas en los DB, en este sentido podemos encontrar:
 - A. Características indicadas en los DB que tienen definido el valor límite o criterio de evaluación pero no el método de verificación.
 - B. Características indicadas en los DB que tienen definido el método de verificación pero no el valor límite o criterio de evaluación.
 - C. Características indicadas en los DB que no tienen definido ni el valor límite o criterio de evaluación ni el método de verificación.
3. Características que, siendo aplicables al sistema constructivo alternativo, no se encuentran definidas dentro de los DB pero sí se encuentra definida la exigencia básica en el CTE.

En la tabla 2 se representa esquemáticamente lo indicado en los párrafos anteriores:

Nivel de definición de las exigencias básicas y características prestacionales aplicables a las soluciones alternativas de sistemas constructivos.

Nivel de definición	Nivel 1	Nivel 2			Nivel 3
Exigencia básica	Sí	Sí			Sí
Característica prestacional	Sí	Sí			No
		a	b	c	
Valor límite o criterio de evaluación	Sí	Sí	No	No	No
Método de verificación	Sí	No	Sí	No	No

Las características prestacionales de una solución técnica constructiva que pertenezca al nivel 2 o 3 de los indicados en la tabla 2 son las más difíciles de abordar por los técnicos responsables de un proyecto, ya que para la justificación deben adoptar valores, criterios y métodos de conocimiento muy especializado.

En los siguientes apartados se pretende abordar estas cuestiones para los sistemas constructivos de cerramiento de fachada ventilada los cuales son considerados como soluciones técnicas alternativas al CTE.

4. La justificación de los sistemas de cerramiento de fachada ventilada

Teniendo en cuenta lo indicado en el apartado anterior, en primer lugar hay que establecer las características prestacionales de cada exigencia básica del CTE aplicables a los sistemas de cerramiento de fachada ventilada. En la tabla 3 estas características se presentan de forma sintética relacionadas con los requisitos y las exigencias básicas, juntamente con la indicación del subsistema del cerramiento (hoja interior, hoja exterior o componentes individuales) a la cual le aplica la exigencia, y el “nivel” de definición de la exigencia que se prevé dentro de los DB.

Requisitos, exigencias básicas y características prestacionales aplicables a los cerramientos de fachada ventilada.

Requisito	Exigencia	Característica	Aplicable a	Nivel de definición según tabla 2
Seguridad estructural (SE)	SE1: Resistencia y estabilidad	Resistencia mecánica y estabilidad	Hoja interior y Hoja exterior	Nivel 1
	SE2: Aptitud de servicio	Deformación (flechas y desplomes)	Hoja interior y Hoja exterior	Nivel 2
Seguridad en caso de incendio (SI)	SI1: Propagación interior	Reacción al fuego de la cara interior	Hoja interior	Nivel 1
	SI2: Propagación exterior	Reacción al fuego de la cara exterior	Hoja exterior	Nivel 1
		Resistencia al fuego	Hoja interior	Nivel 1
Higiene, salud y protección del medio ambiente (HS)	HS1: Protección frente a la humedad	Grado de impermeabilidad al agua de lluvia	Hoja interior y Hoja exterior	Nivel 2
		Capacidad de drenaje de la cámara de aire	Hoja exterior	Nivel 2
		Limitación de condensaciones	Hoja interior	Nivel 1
	Sustancias peligrosas	Contenido o desprendimiento de sustancias peligrosas	Materiales de los componentes	Nivel 3
Seguridad de utilización y accesibilidad (SUA)	SUA2: Riesgo de impacto	Resistencia a impactos	Hoja interior y Hoja exterior	Nivel 3
	SUA8: Riesgo de acción del rayo	Equipotencialidad	Hoja interior y Hoja exterior	Nivel 3
Protección frente al ruido (HR)	HR: Protección contra el ruido	Aislamiento al ruido aéreo procedente del exterior	Hoja interior	Nivel 1
Ahorro de energía y aislamiento térmico (HE)	HE1: Limitación de la demanda energética	Aislamiento térmico	Hoja interior	Nivel 1
		Permeabilidad al aire	Hoja interior	Nivel 2
Otros requisitos adicionales	Durabilidad	Corrosión	Componentes metálicos	Nivel 3
		Comportamiento a envejecimiento acelerado	Materiales de los componentes	Nivel 3
	Identificación de los componentes	Características de los componentes relacionadas con las prestaciones del sistema	Componentes	Nivel 2

La tabla 3 esboza las líneas maestras de la evaluación de sistemas de cerramiento de fachada ventilada si bien, dado que dichos sistemas pueden ser muy diversos y desiguales (en cuanto a materiales, tipologías y dimensiones de los elementos que constituyen la piel exterior, materiales y fundamento de la subestructura), es siempre necesario particularizar y desarrollar este análisis específicamente para cada sistema constructivo en cuestión.

A continuación se desarrollan los aspectos básicos que deben ser considerados en el análisis y justificación de los cerramientos de fachada ventilada, ordenados por requisitos y exigencias básicas, aportando cuando es posible ejemplos de aplicación a una de las soluciones prototípicas más utilizadas, que es la formada por una hoja exterior de revestimiento cerámico fijado mecánicamente a la estructura del edificio y a una pared de obra de fábrica de ladrillo que actúa como hoja principal.

4.1 Seguridad estructural (SE)

Las exigencias básicas de seguridad estructural (SE1: Resistencia y estabilidad y SE2: Aptitud de servicio) se definen en el Artículo 10 del CTE. Las características prestacionales relacionadas con estas exigencias son la resistencia y estabilidad del sistema y las deformaciones, principalmente las flechas y desplomes aplicables tanto a la hoja exterior como a la hoja interior del cerramiento de fachada.

En el caso de la resistencia mecánica y estabilidad, los criterios de evaluación y métodos de verificación podrían asimilarse a los indicados en el DB SE, por ejemplo considerando las verificaciones basadas en coeficientes parciales indicadas en el apartado 4.2 de dicho documento.

En el caso de las deformaciones, si bien los métodos de verificación podrían asimilarse a los indicados en el apartado 4.3 del DB SE, no ocurre lo mismo con los valores límite, ya que, por ejemplo, los valores límite de las flechas indicadas en el apartado 4.3.3.1 corresponden a estructuras horizontales. En este caso se deberán establecer valores límite adecuados al sistema que se esté estudiando, por ejemplo, si los revestimientos son fijados mediante perfiles horizontales tipo raíl, las deformaciones que deben tener estos perfiles deben ser compatibles con las deformaciones del revestimiento. Para el análisis de esta compatibilidad podrían ser útiles métodos de ensayo como el de resistencia a la acción del viento indicado en la futura Guía de DITE 034.



Imagen 1: Ensayo de resistencia al viento

Sobre la hoja exterior se recomienda realizar comprobaciones mediante cálculo de:

- flexión del elemento de revestimiento y, en su caso, rotura de la ranura, cuando éste sea fijado mecánicamente de forma oculta,
- resistencia del elemento de fijación mecánica del revestimiento. En el caso de perfiles horizontales de fijación, además se deberá comprobar la deformación de este perfil,
- resistencia de las uniones del elemento de fijación del revestimiento con el perfil vertical de la subestructura,
- resistencia y deformación de los perfiles verticales de la subestructura,
- resistencia de los elementos de unión de los perfiles a las ménsulas,
- resistencia y deformación de las ménsulas,
- resistencia de los anclajes de las ménsulas a la estructura soporte.



Ensayo de resistencia de la ranura del revestimiento.



Ensayo de ménsulas a carga horizontal (succión).

El modelo de cálculo debe representar adecuadamente los puntos de apoyo tal y como se representan en el diseño del sistema, siendo recomendable independizar los movimientos de la hoja exterior de los movimientos de la estructura del edificio y de la hoja principal.

Las acciones a considerar deben ser principalmente las acciones debidas al viento y al peso propio de los componentes. Asimismo, cuando sea necesario, también se deberán considerar acciones debidas al sismo y las debidas a variaciones de temperatura y humedad, especialmente si el sistema contempla materiales sensibles a estas variaciones higrotérmicas (a modo de ejemplo, los revestimientos de gres porcelánico serían poco sensibles mientras que los elementos metálicos sí serían sensibles a las oscilaciones, principalmente de la temperatura).

Sobre la hoja interior se recomienda realizar comprobaciones mediante cálculo de su resistencia y estabilidad, teniendo en cuenta que las acciones debidas al viento y al peso propio de la hoja exterior se transmiten a la hoja principal de forma puntual, en los puntos de fijación de la subestructura de la hoja exterior. Por ejemplo, en el caso de una obra de fábrica de ladrillo, se podrían considerar los criterios y métodos de verificación indicados en el DB SE-F. Complementariamente se debería considerar la prescripción de un ensayo en obra de extracción de los anclajes sobre el soporte, que valide los valores límites utilizados en los cálculos de comprobación.

4.2 Seguridad en caso de incendio (SI)

Las exigencias básicas de seguridad en caso de incendio se definen en el Artículo 11 del CTE (SI1 y SI2). Las características prestacionales a considerar son la reacción y la resistencia al fuego. En este caso, la justificación de las exigencias básicas y sus características prestacionales puede realizarse directamente aplicando los valores límite y métodos de verificación indicados en el DB SI1, para propagación interior y DB SI2 para propagación exterior.

Respecto a la propagación por el interior, debe tenerse en cuenta lo indicado en la tabla 4.1 del DB SI1, aplicado a la hoja interior del cerramiento de fachada.

Respecto a la propagación por el exterior, deberán considerarse los valores límite y criterios de evaluación de resistencia al fuego indicados en el DB SI2 (propagación horizontal y propagación vertical) aplicables al tramo de fachada que debe impedir la propagación del fuego de un recinto a otro a través de la fachada. Este requisito deberá ser asumido, en el caso que nos ocupa, por la hoja interior del cerramiento de fachada ventilada. Por ejemplo, si consideramos que la hoja principal del cerramiento de fachada ventilada está formada por una pared de obra de fábrica de ladrillo de 11,5 mm de espesor guarnecida por la cara expuesta (cara interior), tal como se indica en la tabla F.1 del Anejo F del DB SI, su resistencia al fuego sería EI 180 y en consecuencia la fachada cumpliría el valor límite (EI 60) indicado en el DB SI2.

Respecto a la reacción al fuego en fachadas, los componentes de la hoja exterior, especialmente el revestimiento exterior, deben cumplir con el valor límite indicado en el párrafo 4 del apartado 1 del DB SI2 en las condiciones establecidas. Adicionalmente, los componentes auxiliares de la hoja exterior (por ejemplo, sellado de juntas) o los componentes que se encuentren sobre la superficie exterior de la hoja principal y en contacto con la cámara de aire (por ejemplo, aislantes térmicos) también deben cumplir con este valor límite para las condiciones establecidas en el DB SI2.

Adicionalmente, se deberá analizar si es necesaria la incorporación de barreras cortafuego horizontales en la cámara ventilada para impedir que, por el efecto chimenea, se aumente la propagación de un eventual incendio por la cámara de aire.

4.3 Higiene, salud y protección del medio ambiente (HS)

La exigencia básica de protección contra la humedad se define en el Artículo 13.1 del CTE. Las características prestacionales que deben considerarse son el grado de impermeabilidad al agua de lluvia, la capacidad de evacuación y la limitación de condensaciones.

El grado de impermeabilidad en las soluciones de cerramiento de fachada ventilada se define a partir de los valores límite indicados en la tabla 2.5 del DB HS1 en función de la zona pluviométrica y del grado de exposición al viento del cerramiento de fachada. Asimismo, en la tabla 2.7 se indican las condiciones que deben cumplir las soluciones constructivas de las fachadas a partir de la definición de los niveles de prestaciones para cerramientos con revestimiento exterior. Estos niveles de prestaciones se definen como:

- resistencia a la filtración de agua del revestimiento exterior (R),
- resistencia a la filtración de agua de la barrera contra la penetración de agua (B),
- composición de la hoja principal (C).

Si bien los valores límite y condiciones de las fachadas pueden asimilarse a las indicadas en el DB HS1, la definición de los niveles prestacionales R, B y C pueden valorarse a partir de métodos de verificación ligeramente distintos a los indicados en dicho documento básico.

Por ejemplo, para los cerramientos de fachada ventilada con revestimiento exterior de placas cerámicas fijadas mecánicamente y con una hoja principal de obra de fábrica de ladrillo, los niveles de prestación que se les podrían asignar son:

- Una barrera contra la penetración del agua alta (B3) debido a la presencia de la cámara ventilada siempre que se incorpore un aislante no hidrófilo por la cara exterior de la hoja principal, sin embargo, las condiciones de espesores de la cámara, aberturas mínimas de ventilación, evacuación del agua filtrada a la cámara de aire y sobre todo las soluciones de puntos singulares, parece que son más propias de sistemas de cerramientos de fachada ventilada de doble hoja pesada que de sistemas cerramientos de fachada ventilada de revestimiento exterior, en consecuencia, la justificación de esta exigencia deberá adaptarse a las condiciones de la fachada en estudio y deberán analizarse y definirse las soluciones de puntos singulares equivalentes a las indicadas en el apartado 2.3.3 del DB HS1.

- Una resistencia del revestimiento a la filtración del agua alta (R2) para las hojas exteriores que tengan juntas abiertas y que no cumplan la condición de cámara ventilada indicada para el nivel de prestación B3, siempre que se disponga por la cara exterior de la hoja principal de un enfoscado de mortero, y una resistencia a la filtración del agua muy alta (R3) para las hojas exteriores de juntas cerradas entre placas o con geometrías específicas de juntas que impidan la filtración del agua a través del revestimiento.

Una composición de la hoja principal C1 o C2 en función del espesor del ladrillo que se utilice.

Respecto a la capacidad de evacuación del agua que pudiera filtrarse a la cámara de aire, el método de verificación está directamente relacionado con el diseño de los componentes de la hoja exterior y el análisis de las soluciones constructivas en los puntos singulares de la fachada, principalmente en los encuentros con los huecos, soluciones de coronación y arranque de la fachada.

Respecto a la limitación de condensaciones, tal como se indica en el DB HS1, los valores límite y métodos de verificación son los indicados en el DB HE1 y por ejemplo, son plenamente aplicables a los sistemas cerramientos de fachada ventilada con revestimiento exterior cerámico fijado mecánicamente y con hoja interior de obra de fábrica de ladrillo.

Los cálculos de la limitación de condensaciones deberán realizarse según lo indicado en el apéndice G del DB HE1 para la hoja interior del cerramiento de fachada ventilada teniendo en cuenta que, tal como se indica en el Apéndice E, para cámaras de aire muy ventiladas, la resistencia térmica total del cerramiento se obtendrá despreciando la resistencia térmica de la cámara de aire y las de las demás capas entre la cámara de aire y el ambiente exterior, e incluyendo una resistencia superficial exterior correspondiente al aire en calma, igual a la resistencia superficial interior del mismo elemento.

Asimismo, se deberá tener en cuenta que las condensaciones superficiales dependen principalmente del aislamiento térmico del cerramiento de fachada, mientras que las condensaciones intersticiales dependerán de la combinación de aislamiento y permeabilidad al vapor de cada una de las capas así como de su posición relativa dentro del cerramiento, debiendo ser las capas más exteriores del cerramiento más permeables al vapor de agua mientras que, de ser necesarias barreras de vapor, éstas deberían colocarse en las capas interiores.

Por otra parte, aunque específicamente no se indique en el CTE, se podría considerar como una exigencia adicional de este requisito básico, el contenido o desprendimiento de sustancias peligrosas de los materiales de los componentes del cerramiento de fachada ventilada. En este sentido, se podría tomar como referencia lo indicado en el informe técnico de EOTA TR034.

4.4 Seguridad de utilización y accesibilidad (SUA)

Las exigencias básicas de seguridad frente a riesgo de impacto o atrapamiento (SUA2) y de seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo, no son directamente aplicables a los cerramientos de fachada ventilada en la forma en que se describen en el Artículo 12.2 y 12.8 del CTE ya que estos artículos se refieren a reducir el riesgo de que los usuarios puedan sufrir estas acciones y no se refieren al riesgo de que estas acciones las sufran los sistemas constructivos.

Sin embargo, y puesto que la fachada debe ser funcional en las condiciones de uso previstas, cabe evaluar su comportamiento frente a los posibles impactos procedentes del exterior del edificio y procedentes del interior, para lo cual se emplean los métodos de evaluación propuestos en el borrador de Guía de DITE 034 (*Kits for external wall claddings*) y de la Guía de DITE 003 (*Internal partitions kits*).



Ensayo de impacto de cuerpo duro (1 kg).



Ensayo de impacto de cuerpo blando (3 kg).

Para esta evaluación deben tenerse en cuenta las características del edificio, y las de sus usuarios (por el interior y por el exterior), lo cual condicionará la severidad de las posibles acciones.

Asimismo, en relación al riesgo de la acción de rayos, se deberá garantizar la equipotencialidad de los elementos metálicos que puedan formar parte del cerramiento de fachada ventilada, especialmente en la subestructura de la hoja exterior.

Respecto al criterio de evaluación y método de verificación para la equipotencialidad de la subestructura metálica de la hoja exterior del cerramiento, se puede tomar como referencia lo indicado en la norma armonizada UNE EN 13830 de muros cortina.

4.5 Protección frente al ruido (HR)

La exigencia básica de protección frente el ruido se define en el Artículo 14 del CTE, siendo la principal característica a considerar el aislamiento a ruido aéreo procedente del exterior.

La justificación de esta exigencia básica puede realizarse si se considera que el elemento constructivo de fachada indicado en el DB HR es la hoja interior del sistema de cerramiento de fachada ventilada. Los valores límite relativos al aislamiento a ruido aéreo procedente del exterior indicados en el párrafo iv) del apartado 2.1.1 del DB HR y los métodos de verificación indicados en este mismo documento básico, pueden aplicarse completamente sobre esta hoja interior. Cabe destacar por otro lado que la prestación de aislamiento al ruido aéreo de esta hoja interior recaerá en gran medida en la prestación de los cerramientos de los huecos de la fachada, y su correcta incorporación y sellado sobre la fachada.

4.6 Ahorro de energía y aislamiento térmico (HE)

La exigencia básica HE1 de limitación de la demanda energética se define en el Artículo 15.1 del CTE y se puede justificar a partir de las características prestacionales de aislamiento térmico y permeabilidad al aire.

Respecto al aislamiento térmico, los valores límite y el método de verificación indicados en el DB HE1 son completamente aplicables a la hoja interior. Sin embargo, en el caso de que se utilice la opción general para los cálculos, los resultados pueden ser menos favorables si no se considera la hoja exterior en estos cálculos, si bien, para que la hoja exterior y la cámara de aire ventilada puedan considerarse en los programas de cálculo establecidos hasta el momento, son necesarias ciertas adaptaciones.

Respecto al requisito de permeabilidad al aire, los valores límite y métodos de verificación indicados en el DB HE1 se refieren a la carpintería o huecos de los cerramientos. No obstante, en el caso de cerramientos de fachada ventilada esta característica debería justificarse también sobre la solución constructiva de la parte opaca de la hoja interior así como de los encuentros de los distintos elementos de huecos con los elementos del sistema de cerramiento de fachada ventilada.

En este sentido, el criterio de evaluación deberá ir en la línea de no permitir la entrada de aire al interior del edificio, es decir garantizar la estanqueidad al aire de la hoja interior. Los métodos de verificación que pueden ser aplicados dependerán principalmente de la naturaleza del sistema que constituye dicha hoja interior, si bien, como requisito transversal independiente de la naturaleza de la misma, debe considerarse el análisis de los puntos singulares y de los encuentros entre elementos de fachada.

4.7 Otros requisitos adicionales

Adicionalmente a los requisitos básicos se deben considerar otros requisitos relacionados con la durabilidad e identificación de los componentes que forman parte del sistema de cerramiento de fachada ventilada, con la finalidad de evaluar la durabilidad de las prestaciones declaradas del sistema.

4.7.1 Durabilidad

La durabilidad de los revestimientos de fachada ventilada debe abordarse en primer lugar a través de buenas medidas de diseño en proyecto, prestando especial atención a la resolución de puntos singulares, y a su correcta ejecución y mantenimiento posterior. La durabilidad de los componentes de los componentes será función principalmente de los ambientes, de las condiciones climáticas y de exposición a las cuales están sometidos.

Una de las características directamente relacionada con la durabilidad es la corrosión de los componentes metálicos, especialmente los componentes de la hoja exterior del cerramiento (elementos de fijación del revestimiento y subestructura), teniendo en cuenta tanto la corrosión por las condiciones del ambiente exterior como la posible corrosión por par galvánico.

Los métodos para la verificación de la corrosión, según la tipología de material y su protección, están prácticamente pautados si tomamos como referencia las normas internacionales, sin embargo, aunque dichas normas establecen una clasificación de ambientes (rural, marino, industrial, etc.), es necesario establecer la relación entre estos ambientes y la localización específica donde se encontrará la edificación.

Otra vía para analizar la durabilidad de los componentes es su comportamiento frente a ciclos de envejecimiento acelerado representativos de las condiciones de servicio, como por ejemplo: ciclos de hielo-deshielo, ciclos de calor-lluvia, ciclos de calor-frío, cargas mecánicas cíclicas, etc. En muchas normas de componentes de revestimiento exterior se consideran ciclos de envejecimiento acelerado (principalmente hielo-deshielo).

4.7.2 Identificación de los componentes

Los distintos componentes que forman el sistema de cerramiento de fachada ventilada tienen una serie de características que están relacionadas directa o indirectamente con las características prestacionales del sistema. Para que la justificación de las exigencias básicas pueda realizarse, es fundamental que estas características de los componentes hayan sido declaradas.

Los valores de estas características deberán ser aportados por los proveedores de los productos o fabricantes, utilizando en la medida de lo posible, métodos de ensayo normalizados o incluidos en los documentos de referencia. Por ejemplo, las dimensiones y resistencia a flexión de los revestimientos porcelánicos necesarios para el análisis de la resistencia de las placas a las acciones de viento pueden obtenerse de la declaración de los valores de las características según la norma armonizada UNE EN 14411. Para la obtención de los valores resistentes de la ranura del revestimiento (cuando ésta exista), de las fijaciones del revestimiento exterior y de los componentes de la subestructura, pueden tomarse como referencia los criterios y métodos de ensayo descritos en la futura Guía de DITE 034. Estos valores estarán incluidos en los futuros DITE para kits cubiertos por esta Guía.

5. El Documento de Adecuación al Uso (DAU)

Tal como se ha indicado anteriormente, la justificación de las exigencias básicas del CTE en sistemas constructivos alternativos a los contemplados en los DB requiere de un conocimiento muy especializado del sistema, así como de otros documentos de referencia que puedan presentar datos objetivos sobre el sistema y sobre sus componentes.

Sin embargo, en la mayor parte de los casos los técnicos no disponen de toda esta información que les permitiría realizar este análisis, y por tanto, trasladan estas cuestiones a las empresas titulares de los productos de construcción o sistemas constructivos.

Una de las opciones que tienen estas empresas es la de disponer de un documento DAU de su sistema constructivo, que supone una evaluación técnica favorable de la idoneidad del sistema para los usos previstos, en los términos previstos por el artículo 5.2 del CTE.

El DAU es la declaración de la opinión favorable de las prestaciones de un producto o sistema constructivo innovador en relación a los usos previstos y a las soluciones constructivas definidas, en el ámbito de la edificación y de la ingeniería civil.

En el DAU se evalúa el sistema constructivo propuesto de un modo particularizado y transversal respecto a las exigencias básicas del CTE, a partir de evidencias técnicas contrastadas. También se dan respuestas a los distintos vacíos normativos que puedan existir tomando como referencia documentos nacionales, europeos e internacionales que puedan estar relacionados con el sistema objeto del DAU. Además, en el DAU se consideran otros aspectos del sistema que son útiles para el proyectista, director de obra y demás agentes que intervienen en proceso constructivo.

Dado que se trata de un análisis complejo, sería preferible que los técnicos responsables de las obras concentrasen su atención en la particularización de las soluciones genéricas de sistemas (incluidas y validadas éstas en los DAU) a la casuística particular de la obra en cuestión, en función de las condiciones particulares de uso, dimensionales y ambientales que concurren en la misma, y concluyendo finalmente la suficiencia a los efectos de dicha obra de los valores cuantificados para la solución genérica.

Así pues, la redacción y ejecución de obras de construcción con soluciones técnicas alternativas podría resultar más óptima si se toma como punto de partida un Documento de Adecuación al Uso, ya que permite disponer, a priori, de la cuantificación de los valores de sus características prestacionales así como los criterios de proyecto y ejecución necesarios para el adecuado conocimiento del sistema a utilizar en la obra.

6. Resumen

Los sistemas de cerramiento de fachada ventilada son considerados como soluciones técnicas alternativas a las consideradas en los Documentos Básicos del CTE y por tanto es necesario un análisis específico para la justificación del cumplimiento de las exigencias básicas del CTE.

Esta justificación pasa por verificar, con métodos adecuados al sistema constructivo en estudio, que éste cumple con los valores límite o criterios de evaluación establecidos para las características prestacionales relacionadas con cada exigencia básica.

Algunas características prestacionales del sistema se justifican por aplicación directa de los Documentos Básicos, sin embargo, para otras características esta justificación requiere de un análisis más particularizado siendo necesario establecer valores límite y métodos de verificación acordes con el sistema de cerramiento de fachada ventilada en estudio.

Los sistemas constructivos que disponen de un Documento de Adecuación al Uso (DAU) son analizados, evaluados y certificados en función de su uso previsto en la obra, estableciendo, cuando sea posible, la justificación directa de la exigencia básica, e indicando, cuando no sea posible esta justificación directa, los valores de referencia de las características de los componentes y sistema, los criterios de evaluación y los métodos más adecuados para que los técnicos puedan realizar dicha justificación particular en el contexto de la obra en cuestión.

María Bento Fernández

Unidad de Calidad de Productos

ITeC – Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña

qualprod@itec.es · www.itec.es

The façade ventilated systems and the CTE

1 Introduction

Ventilated façade enclosure solutions have not been adequately provided for in the Basic Documents (DB) of the Technical Building Code (CTE). Consequently, many ventilated façade enclosures must be treated as alternative solutions to the ones provided for in the CTE, and their compliance therewith must be demonstrated by establishing the equivalence between these and the ones obtained when applying the DB.

This article aims to highlight the aspects and lines of work that can be considered when providing evidence of compliance with the basic requirements of the CTE in these types of enclosures.

2 Terms and definitions

The following specific terminology is considered to be in line with the terms used in the CTE and the harmonised European technical specifications:

Enclosure: the vertical construction element that separates the interior from the exterior.

Ventilated façade enclosure: a façade enclosure comprised of an *interior panel* and *exterior panel* which are separated by an air chamber that is *ventilated*.

Ventilated air chamber: an air chamber that is connected to the exterior and of sufficient size to enable the circulation of air and, consequently, the diffusion of steam and the transmission of heat by convection.

Exterior wall coating: the layer of an enclosure that is in contact with the exterior and which can be light or heavy.

Interior wall: a wall that is composed of a substrate (which provides the sealant and mechanical resistance requirements) and a main panel (which supports the other panels and components of the façade).

3 Basis for the justification of alternative technical solutions to the CTE

As set out in Article 5 of the CTE, there are two possible alternatives when providing evidence of compliance with the basic CTE requirements:

The implementation of technical solutions based on the Basic Documents, which is sufficient proof of compliance.

The implementation of alternative technical solutions requires specific evidence of compliance with the basic requirements.

Moreover, the same article stipulates that the basis for the justification of alternative technical solutions to those set out in the Basic Documents of the CTE is to establish the equivalence between these and the ones obtained when applying the DB.

4 Justification of ventilated façade enclosure systems

Bearing in mind the above, it is first necessary to establish the characteristics of the basic CTE requirements that apply to ventilated façade enclosure systems. The following table provides a summary of these characteristics in relation to the basic requirements and demands, along with an indication of the enclosure subsystem (interior panel, exterior panel or individual components) that must meet the requirement, and the “level” of definition of the requirement as set out in the Basic Documents.

Requirement	Basic requirement	Characteristic	Applicable to	Level of definition according to table 2
Structural security (SE)	SE1: Resistance and stability	Mechanical resistance and stability	Interior panel Exterior panel	Level 1
	SE2: Fitness for service	Deformation (deflection and collapse)	Interior panel Exterior panel	Level 2
Fire safety (SI)	SI1: Internal propagation	Interior side's reaction to fire	Interior panel	Level 1
		Exterior side's reaction to fire	Exterior panel	Level 1
	SI2: External propagation	Fire resistance	Interior panel	Level 1
Health, safety and environmental protection (HS)	HS1: Protection against humidity	Degree of impermeability to rainwater	Interior panel Exterior panel	Level 2
		Drainage capacity of the air chamber	Exterior panel	Level 2
	Hazardous substances	Condensation limitation	Interior panel	Level 1
Content or emission of hazardous substances		Component materials	Level 3	
Safety of use and accessibility (SUA)	SUA2: Risk of impact	Impact resistance	Interior panel Exterior panel	Level 3
	SUA8: Risk of lightning strike	Equipotentiality	Interior panel Exterior panel	Level 3
Acoustic protection (HR)	HR: Acoustic protection	Insulation against airborne noise from the outside	Interior panel	Level 1
		Thermal insulation	Interior panel	Level 1
Energy saving and thermal insulation (HE)	HE1: Restriction of energy demand	Permeability to air	Interior panel	Level 2
		Corrosion	Metal components	Level 3
Additional requirements	Durability	Reaction to accelerated ageing	Component materials	Level 3
		Characteristics of the components relating to system performance	Components	Level 2
	Identification of components			

Table: Requirements, basic requirements and performance characteristics that apply to ventilated façade enclosures.

This table provides a brief overview of the evaluation of ventilated façade enclosure systems. Nevertheless, as such systems can vary considerably (in terms of materials, typologies and the size of the elements comprising the exterior skin, materials and foundation of the substructure) it is always necessary to carry out a specific analysis for each construction system.

5 The Fitness for Use Document (DAU)

As mentioned previously, providing evidence that the construction systems not covered in the DB comply with the basic requirements of the CTE requires very specialised knowledge of the system and other reference documents that can provide objective data on the system and its components.

In most cases, however, technicians do not have all the information required to conduct this analysis and, therefore, forward the matter to the companies that own the construction products and/or systems.

One option available to such companies is to have a Fitness for Use Document (DAU) for their construction system, which is a favourable technical evaluation of the adequateness of the system for the uses for which it is intended, in the terms set out in Article 5.2 of the CTE.

The DAU is a declaration of the favourable opinion of the characteristics of an innovative construction product or system with regard to the uses for which it is intended and the defined construction solutions in the field of construction and civil engineering.