

El Código Técnico de la Edificación (CTE), en su Documento Básico de Salubridad (DB-HS) recoge las exigencias básicas de protección frente a la humedad (DB-HS1). Su objetivo, según viene recogido en el artículo 13 de la parte I del CTE, es:

"Limitar 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."

El procedimiento de verificación está recogido en el Apartado 1.2 del DB-HS1 y para fachadas es el siguiente:

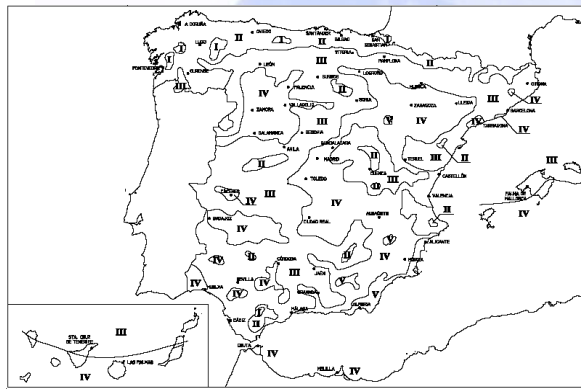
- Hay que conocer el grado de impermeabilidad según el CTE que se exigirá a dicha fachada.
- En función de ese grado de impermeabilidad, hay que seleccionar alguna de las soluciones constructivas propuestas, u otra que iguale sus prestaciones.
- Hay que verificar las características de los puntos singulares.

El poliuretano proyectado cumple con el grado 5 de impermeabilidad de fachadas según el CTE

Grado de impermeabilidad de una fachada. Definición.

El Apartado 2.3.1 del DB-HS1 asigna un grado de impermeabilidad mínimo exigido a las fachadas en función de la zona pluviométrica (Mapa Figura 2.4 del CTE) y el grado de exposición al viento, que a su vez depende del entorno del edificio (rural o urbano), de la zona eólica (Mapa Figura 2.5 del CTE) y de la altura del edificio.

En función de estos parámetros, se asigna un grado de impermeabilidad que va desde el Grado 1, el grado de mínima exigencia, hasta el Grado 5, el grado de máxima exigencia.



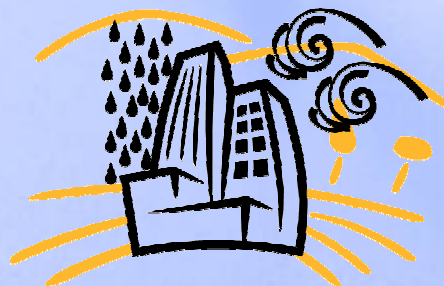
Mapa de zonas pluviométricas (Figura 2.4 del CTE).



Mapa de zonas eólicas (Figura 2.5 del CTE).



Grado de Impermeabilidad 1: edificio bajo en un entorno urbano, en una zona de poca viento, y de poca lluvia.



Grado de Impermeabilidad 5: Edificio alto en un entorno rural, en una zona de mucho viento, y de mucha lluvia.

Soluciones constructivas para cumplir el CTE

El DB-HS1 en el apartado 2.3.2 proporciona diversas soluciones constructivas para cumplir con los diferentes grados de impermeabilidad. Así en caso de fachadas sin revestimiento exterior, podemos encontrar, entre otros, los ejemplos contiguos:

Si una solución es válida para un grado determinado, lógicamente lo es también para cualquier otro grado inferior. Es decir, con un revestimiento continuo intermedio como el poliuretano proyectado sobre la cara interior del cerramiento exterior, no sería necesario tomar ninguna otra precaución adicional y se cumpliría con el máximo grado de impermeabilidad, el Grado 5, válido para cualquier zona climática.

Sin un revestimiento continuo impermeable como el poliuretano proyectado, únicamente se puede alcanzar el máximo grado de impermeabilidad en fábricas vistas con una cámara ventilada de entre 3 y 10 cm y un aislante no hidrófilo contra la hoja interior.

Además, el DB-HS1 dice:

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

"El aislante térmico debe colocarse de forma continua y estable"

El poliuretano proyectado es no hidrófilo y se aplica en continuo, sin juntas, y adherido.

"Cuando el aislante térmico sea a base de paneles o mantas y no rellene la totalidad del espacio entre las dos hojas de la fachada, el aislante térmico debe disponerse en contacto con la hoja interior y deben utilizarse elementos separadores entre la hoja exterior y el aislante."

El poliuretano proyectado, al no ser a base de paneles o mantas, se puede aplicar directamente sobre la hoja exterior sin necesidad de estos elementos separadores, lo que simplifica notablemente su correcta instalación.

Grado 1 de impermeabilidad:

Se alcanzaría con
 $\frac{1}{2}$ pie ladrillo cara vista con juntas
 sin interrupción
 + 10 mm enfoscado normal
 + cualquier producto aislante

Grado 2 de impermeabilidad:

Se alcanzaría con
 $\frac{1}{2}$ pie ladrillo cara vista con juntas
 sin interrupción
 + 10 mm enfoscado norma
 + aislante no hidrófilo

Grado 3 de impermeabilidad:

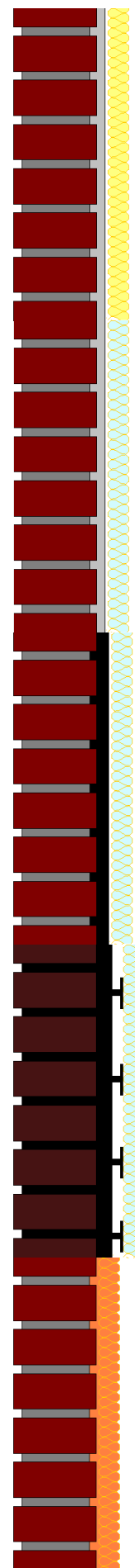
Se alcanzaría con
 $\frac{1}{2}$ pie ladrillo cara vista con juntas
 sin interrupción
 + 15 mm enfoscado hidrófugo
 + aislante no hidrófilo

Grado 4 de impermeabilidad:

Se alcanzaría con
 $\frac{1}{2}$ pie ladrillo cara vista
 hidrofugado con juntas
 hidrófugas sin interrupción
 + 15 mm enfoscado hidrófugo
 + aislante no hidrófilo situado en
 la cara interior de la cámara con
 separadores

Grado 5 de impermeabilidad:

Se alcanzaría con
 $\frac{1}{2}$ pie ladrillo cara vista
 + revestimiento continuo
 intermedio (una proyección de
 poliuretano sin enfoscado previo)



Poliuretano proyectado: un revestimiento continuo intermedio

Según el DB-HS1 apartado 2.3.2, para que un producto sea considerado un revestimiento continuo intermedio ha de cumplir las siguientes características:

"Estanquidad al agua suficiente para que el agua de filtración no entre en contacto con la hoja del cerramiento dispuesta inmediatamente por el interior del mismo."

Todos los ensayos realizados para la determinación de la estanqueidad al agua del poliuretano proyectado de celda cerrada de 3 cm de espesor, realizados según la norma UNE-EN1928:2000, obtienen un resultado satisfactorio con una presión de agua de 0.6 bar (equivalente a 6 metros de columna de agua) durante 24 horas, para todas las densidades entre 30 y 50 kg/m³. (Ver Anexo 1)

"Adherencia al soporte suficiente para garantizar su estabilidad."

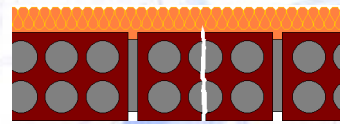
La naturaleza autoadherente del poliuretano proyectado garantiza su fijación a la mayoría de los materiales de construcción (ladrillo, cemento, madera, hierro...) manteniéndose sin posibilidad de movimiento durante toda la vida útil del producto.

"Permeabilidad suficiente al vapor para evitar su deterioro como consecuencia de una acumulación de vapor entre él y la hoja principal."

El poliuretano proyectado tiene un factor de permeabilidad al vapor de agua μ entre 60 y 150, variable según la densidad, lo que permite diseñar soluciones seguras y sin condensaciones en prácticamente cualquier condición climática. Además, al mismo tiempo de desempeñar la función de sistema continuo intermedio, desempeña la función de aislamiento térmico, y como tal está sujeto a la exigencia incluida en el CTE DB-HE1 Apartado 3.2.3.2 que dice "Salvo expresa justificación en el proyecto, se considerará nula la cantidad de agua condensada admisible en los materiales aislantes", por lo que esta característica deberá estar garantizada y justificada mediante el cálculo pertinente en las condiciones más desfavorables.

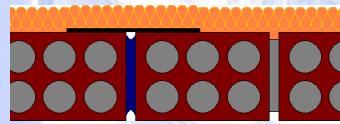
"Adaptación a los movimientos del soporte y comportamiento muy bueno frente a la fisuración, de forma que no se fisure debido a los esfuerzos mecánicos producidos por el movimiento de la estructura, por los esfuerzos térmicos relacionados con el clima y con la alternancia día-noche, ni por la retracción propia del material constituyente del mismo."

El poliuretano proyectado tiene cierta flexibilidad que le confiere un buen comportamiento frente a la fisuración. Es capaz de absorber pequeños movimientos de la estructura sin fisurarse y mantenerse adherido al soporte. El espesor de la espuma es superior al de otros sistemas de impermeabilización, lo que le permite absorber fisuras de entre 1 y 5 mm sin que éstas se propaguen a la superficie externa.



Buen comportamiento frente a la fisuración.

En caso de encontrar una Junta de dilatación, será necesaria la utilización de una banda plástica antiadherente de unos 30 cm de anchura para garantizar la integridad del poliuretano en el movimiento de esa junta.



Solución en junta de dilatación con banda antiadherente.

"Estabilidad frente a los ataques físicos, químicos y biológicos que evite la degradación de su masa."

El poliuretano proyectado es resistente a los disolventes normalmente utilizados en construcción (adhesivos, pinturas, pastas bituminosas, conservantes para la madera, masillas sellantes...). Además es resistente al envejecimiento, inmune ante la acción de las raíces e inerte frente a los mohos. También es imputrescible, estable ante el detritus, inodoro y fisiológicamente inocuo. Es químicamente neutro.

Por otra parte, el Catálogo de Elementos Constructivos del CTE recoge este comportamiento de la espuma de poliuretano en la tabla 4.2.1, donde se incluyen todas las soluciones de fachada de fábrica vista con aislamiento por el interior.

"El poliuretano proyectado con un espesor medio $\geq 40\text{mm}$ y una densidad $\geq 35\text{ kg/m}^3$ puede considerarse revestimiento de tipo B3, además de ser aislante térmico."

Por todo esto, es fácil concluir que una proyección de poliuretano es simultáneamente un Sistema Continuo Intermedio y un Aislamiento Térmico no hidrófilo, por lo que un paramento de ladrillo cara vista, sin más especificaciones adicionales, con una proyección de poliuretano directamente sobre el ladrillo, cumplirá el máximo grado de impermeabilidad, el Grado 5, siendo una solución válida para fachadas de cualquier tipo de edificio en cualquier localización.

Confirmación de la experiencia

A TEPA, la Asociación Técnica del Poliuretano Aplicado, ha realizado dos ensayos a gran escala que vienen a confirmar las buenas propiedades del poliuretano proyectado para proteger frente a la entrada de agua:

- Investigación sobre nuevas aplicaciones de espuma de poliuretano aplicada in situ realizado por Instituto Eduardo Torroja (Ver Anexo 2, Informe del Instituto Eduardo Torroja N° 17257)
- Ensayo de resistencia al agua de lluvia según norma UNE-EN 12865, realizado por CIDEMCO sobre un murete de ladrillo cara vista revestido con poliuretano proyectado (Ver Anexo 3, Informe de CIDEMCO N° 13752)

Investigación del Instituto Eduardo Torroja

En 1998 ATEPA ensayó el comportamiento del poliuretano proyectado sobre la superficie interior de un paramento de ladrillo visto, con y sin enfoscado, frente a la acción de la lluvia. Al no existir ningún ensayo normalizado, se definió junto con el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja el siguiente ensayo:

Se construyó una caseta de ladrillo cara vista con llagas verticales sin mortero, e internamente se enfoscó medio lienzo, dejando el otro medio sin enfoscar. Con posterioridad, se proyectaron 4 cm de poliuretano de densidad 30 kg/m³.



Detalle de las llagas verticales sin mortero.



Detalle del lienzo con la mitad sin enfoscar.



Detalle del lienzo tras la proyección de espuma de poliuretano.



Vista superior de la caseta, con la cubierta inundada e impermeabilizada con poliuretano proyectado.



Transcurso del ensayo.

Simultáneamente, sobre la cubierta plana se proyectaron 5 cm de poliuretano de densidad 50 kg/m³ y posteriormente se inundó con agua.

Una vez terminada la caseta, se sometió a un régimen de 8 horas diarias de riego por escorrentía durante un mes de cada una de las cuatro estaciones del año.

Resultado

Como resultado tras un año de ensayo se obtuvo que en ninguna circunstancia se detectó penetración de agua a través de las superficies cubiertas con poliuretano proyectado.

Ensayo de resistencia al agua de lluvia según norma UNE-EN 12865

Con posterioridad se publicó la Norma UNE-EN 12865:2002, Comportamiento higrotérmico de componentes y elementos de construcción. Determinación de la resistencia al agua de lluvia de muros exteriores bajo impulsos de presión de aire. Por ello, en junio de 2006 se realizó un ensayo en CIDEMCO según dicha norma.

Este ensayo se realizó sobre una probeta de 1,6 m de ancho por 3 m de largo (superficie útil de ensayo: 1,2 m x 2,4 m) compuesta por 1/2 pie de ladrillo cara vista y 35 mm de poliuretano proyectado directamente sobre el ladrillo.

El ensayo consiste en proyectar continuamente una película de agua sobre la cara exterior de la probeta, y aplicar una diferencia de presión positiva entre la cara exterior mojada y la cara interior seca. La presión se aplica a impulsos, de forma que se simulen los embates del viento.

Resultado

El ensayo se prolongó hasta 140 minutos, elevando la presión sobre la cara mojada del muro hasta los 1800 Pa, sin que se produjesen en ningún momento penetraciones de agua. De esta forma se llegó a simular una velocidad de viento de casi 200 km/h sin penetración alguna de agua.



Ladrillo macizo cara vista no hidrofugado de 105 mm de espesor con mortero de cemento no hidrofugado en las juntas, dosificación 1:3

Espuma de poliuretano proyectada
 ● Conductividad térmica $\lambda=0.028$ W/m·K
 ● Densidad $d=35$ kg/m³
 ● Espesor medio $e=35$ mm
 ● Gas expandente: HFC

Solución constructiva ensayada para cumplir con la máxima exigencia de impermeabilidad.



Estado de la muestra tras el ensayo, sin que se apreciaran penetraciones de agua.



Vista lateral de la muestra tras el ensayo, donde se aprecia cómo el poliuretano se comportó como una barrera contra el agua, aún cuando ésta llegó a saturar el ladrillo y el mortero.

Resultados de la experiencia del mercado

El poliuretano aplicado es el material de aislamiento térmico más utilizado en el mercado español. El consumo aproximado del año 2007 de poliuretano proyectado alcanza las 50.000 toneladas, de las cuales la gran mayoría van destinadas al aislamiento y protección de fachadas.

Por ello, podemos hablar de más de 550 millones de m² aislados en España sin patologías significativas.

Conclusión

- El CTE DB-HS1 recoge las nuevas exigencias de protección de los edificios frente a la penetración de agua, y el poliuretano proyectado, al ser un sistema continuo intermedio, cumple sin enfoscado previo con el Grado 5 de impermeabilidad, la máxima exigencia de protección, de la forma más sencilla y económica.

ANEXOS

Anexo 1

www.atepa.org/estanqueidad.pdf

Anexo 2

www.atepa.org/17257_Impermeabilidad_IET.pdf

Anexo 3

www.atepa.org/noenfosc.pdf

