



Algunos lugares comunes (erróneos) respecto de la *transpirabilidad* de la construcción

En el artículo que se reproduce a continuación, su autor Carlos Castro, Arquitecto Presidente del Comité Técnico de Aipex (Asociación Ibérica de Poliestireno Extruido), pormenoriza el concepto de transpirabilidad a través de dos interrogaciones que considera "lugares comunes" y que merecen ser matizados.

Esta misma Asociación tiene previsto impartir una charla técnica en el colegio el próximo día 5 de abril, que correrá a cargo del mismo Arquitecto y que tiene por objetivo entender el valor que ofrece la componente energética en rehabilitación de edificios y se celebrará bajo el título "Rehabilitación energética de la envolvente térmica del edificio".

PRIMER LUGAR COMÚN SOBRE EL CONCEPTO DE *TRANSPIRABILIDAD*: ¿ES QUE EL AIRE DEBE PASAR A TRAVÉS DE LOS CERRAMIENTOS?

Al hablar de *transpirabilidad*, se llega a confundir el movimiento del vapor de agua a través del cerramiento, dado por el puro mecanismo físico de difusión, debido a las diferentes concentraciones y presiones de vapor entre interior y exterior, con el **inaceptable** movimiento de aire (y con el aire, el vapor contenido en él) a través del cerramiento.

En efecto, el buen comportamiento higrotérmico del edificio exige que sus cerramientos sean lo más estancos que se pueda al paso de aire por simple convección a su través. Cuando ocurre este movimiento por convección se producen tres efectos perniciosos:

1. La transmisión térmica aumenta a través del cerramiento. No hay que olvidar que la convección es uno de los tres mecanismos físicos de transmisión de calor. Así, una cámara de aire con aislante instalado en ella ve fácilmente reducida a la mitad su resistencia térmica si el aislante no se instala correctamente y no se impiden las corrientes de convección en la cámara.
2. Asimismo las infiltraciones de aire excesivas introducen aire frío exterior en el interior. En definitiva el balance energético del edificio se desequilibra y aumenta la demanda energética por excesiva -e incontrolada- renovación del aire.
3. Lo peor es que si hay *in*-filtraciones, también hay *ex*-filtraciones, es decir, aire interior con alto grado de humedad sale al exterior a través de los cerramientos, incorrectamente "transpirables". ¿Qué pasa entonces? Pues que es tal la cantidad de humedad que porta consigo el aire, que se alcanza fácilmente la saturación (punto de rocío) en el interior del cerramiento. Esta es la principal razón, y con mucha diferencia, para que se produzcan las llamadas *condensaciones intersticiales*. En realidad, la cantidad de vapor movido por convección y condensado puede ser del orden de uno (x 10), dos (x 100) y hasta tres (x 1000) órdenes de magnitud la cantidad condensada por mera difusión del vapor. Es decir, si se suele considerar, en el cálculo estricto de condensación por difusión de vapor, un valor máximo aceptable de unos pocos cientos de gramos (200-500) de vapor condensado por m² de cerramiento **al mes**, resulta que ese mismo valor y bastante más se puede tener, **¡cada día o menos!**, si el vapor se ha introducido en el cerramiento por exfiltraciones y convección asociada.



Ahora bien, una vez aclarado que la *transpirabilidad* así entendida no lleva a una buena construcción sino, todo lo contrario, lleva a una patología, cabe preguntarse dónde puede producirse en los edificios y, en tal caso, qué soluciones adoptar.

En la construcción habitual de una pared exterior con aislamiento en cámara sucede que la doble hoja que cobija dicha cámara suele ser muy desequilibrada en la típica construcción que se da en España:

- La hoja exterior, el "medio pie" o, en el mejor de los casos, "pie" de fábrica de ladrillo (o de bloque), sea cara vista o tosco para enfoscar, se puede considerar estanca al aire, sobre todo por la presencia de ese enfoscado, y en particular si se tiene la tradicional precaución de enfoscar también por la cara interior de esa hoja exterior. De este modo dicha fábrica exterior queda construida aceptablemente, sobre todo por la idea de que es la parte del muro expuesta a las inclemencias meteorológicas (lluvia-viento).
- Sin embargo, la hoja interior con la que se ha trasdosado la cámara con el aislamiento, es una fábrica más endeble, incluso de ladrillo de hueco sencillo (el vulgar "panderete"), que, además, recibe todo el impacto de rozas abiertas para tomas de corriente, mecanismos y canalizaciones eléctricas y de todo tipo. Resultado: fisuraciones, grietas, juntas y todo tipo de vías



sin sellar adecuadamente, por las que el aire interior "exfiltra" a la cámara y condensa en cuanto alcanza el punto de rocío. Esto comenzará más bien en el propio espesor del aislamiento, si es bastante o totalmente poroso, o más bien en su cara fría, si es poco o nada poroso.

Junto a las múltiples rozas para paso de instalaciones, la colocación de las ventanas puede originar también numerosas entradas de aire en comunicación con la cámara si su instalación no se ha hecho mediante un sellado cuidadoso en el encuentro con el muro... ¡Por no hablar de capialzados y cintas de persianas!

Soluciones:

- Sellar cualquier posible entrada de aire en la cámara, en particular las originadas por la instalación de las ventanas.
- Disponer como hoja interior del muro una fábrica que asegure la estanqueidad al aire, a pesar de las rozas previstas (ladrillo de hueco doble como mínimo).
- Incorporar membranas paravientos "transpirables". Sin embargo este tipo de láminas se utilizan sobre todo en construcción ligera (madera, paneles prefabricados, etc.) más que en construcción pesada, basada en hormigón y albañilería tradicional.
- Disponer en la cámara *aislantes higrotérmicos* como el XPS, prácticamente insensibles a ataques de humedad, de forma que, si llega aire cargado de humedad que condensa, al menos no afectará a las prestaciones del aislante.
- Disponer *aislante térmicos*, pero con la consistencia adecuada y la protección necesaria dada por barreras o frenos paravapor. Es muy importante entonces comprobar la cuidadosa instalación de la barrera y su correcto y efectivo sellado/encintado. Puede ser más efectivo aún prever una cámara de aire muy ventilada en la cara fría del aislante. De esta forma, si se forma condensación, también se favorecerá su evaporación y, en definitiva, su secado (es la imagen de la ropa húmeda tendida y puesta a secar).

- Como propuesta relativamente novedosa en la construcción española, puede ser recomendable hacer, al término de la obra, un ensayo in-situ tipo "puerta soplante" (*blower door test*, norma de referencia UNE EN 13829). Es el tipo de ensayo más generalizado para verificar la estanqueidad al aire del edificio.

SEGUNDO LUGAR COMÚN SOBRE EL CONCEPTO DE *TRANSPIRABILIDAD*: ¿ES QUE ES UN PROBLEMA CONSTRUCTIVO EL QUE LOS CERRAMIENTOS PUEDAN SER "POCO" TRANSPIRABLES, ES DECIR, RESISTENTES A LA DIFUSIÓN DEL VAPOR?

Una vez que descartamos el movimiento del aire a través del cerramiento, comprendiendo que es algo negativo y patológico, queda examinar el puro proceso de difusión del vapor. A tal fin, nos podemos valer del método de cálculo definido en la norma UNE EN 13788, que permite hacer el cálculo de difusión de vapor siguiendo el conocido método del diagrama de Glaser.

Se empieza definiendo unas condiciones interiores y exteriores para las que basta dar las medias mensuales de temperatura y humedad relativa. Sirven las medias mensuales dada la gran lentitud del proceso de difusión de vapor.

En realidad, definida una temperatura T y una humedad relativa HR , lo que se tiene es una presión de vapor que caracteriza al ambiente.



Debido a las numerosas fuentes productoras de vapor en el ambiente interior habrá siempre unas condiciones de mayor presión de vapor en el interior que en el exterior. Esto se aplica especialmente a las condiciones climáticas europeas en invierno. En climas tropicales y en la estación cálida y húmeda es al revés: habrá más presión de vapor en el exterior que en el interior.

En la norma UNE EN 13788 se caracterizan los diversos ambiente interiores en función de su grado higrotérmico (o humedad relativa, HR). Pues bien, se considera adecuado en toda Europa (EN = Norma Europea) que una vivienda tenga $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ y 55% HR como condiciones mensuales medias.

¿Cómo se logra mantener esas condiciones interiores? Es decir, ¿cómo se logra que la vivienda no vea aumentado su grado hi-



grométrico hasta el punto en que se favorezca la aparición de moho en las superficies interiores de los cerramientos exteriores -con > 80% HR- o incluso de condensaciones superficiales -en saturación = 100%HR-?

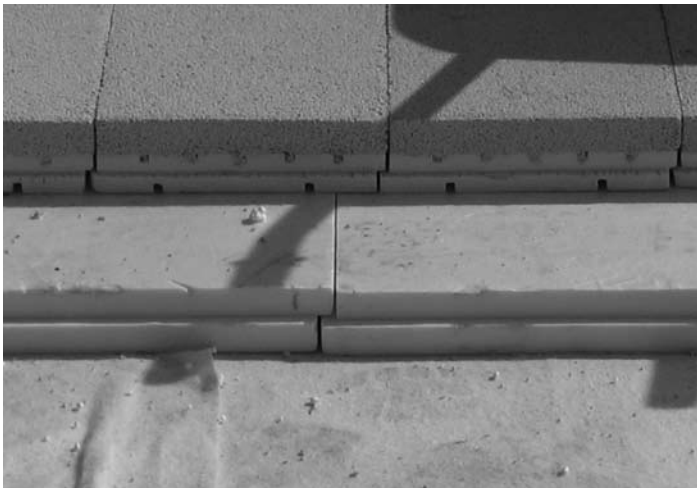
Evidentemente la respuesta es ventilando. Con tal objeto se debe garantizar una renovación del aire interior. Con 0.5 renovaciones a la hora (es decir, el volumen interior de aire se renueva entero cada dos horas) ya es suficiente, en el uso de la vivienda, para mantener las condiciones interiores mencionadas y para todas las condiciones climáticas exteriores existentes en nuestro país y en todos los países europeos.



Con dicha renovación del aire interior alrededor del 95-99% del vapor producido en el interior de la vivienda se elimina al exterior sin ninguna dificultad.

El 1-5% restante se va a difundir sin mayor dificultad a través de los cerramientos que forman la envolvente de la casa o vivienda.

La pregunta ahora es la siguiente: ¿en qué medida influye la resistencia a la difusión del vapor de los cerramientos a la hora de evitar problemas ocasionados por esta difusión de vapor?



O, dicho en lenguaje coloquial: ¿en qué medida influye la *transpirabilidad* de los cerramientos a la hora de evitar problemas ocasionados por esta difusión de vapor?

Lo primero que hay que entender es que el único problema que puede acarrear la difusión del vapor a través de un cerramiento es que se condense en el interior del cerramiento. Un flujo de vapor sin condensación asociada no es problema, sea cual sea la cantidad que se esté difundiendo (poca, en todo caso). Repitamos, entonces, la pregunta: ¿en qué medida influye la *transpirabilidad* de los cerramientos a la hora de evitar condensaciones intersticiales?

La respuesta es que la mayor *transpirabilidad*, o más exactamente, la mayor permeabilidad a la difusión del vapor, es una característica adecuada en la medida en que el material que la presenta sea igualmente transmisor de la energía, del calor.

Consecuentemente los materiales aislantes del calor que no sean análogamente resistentes a la difusión del vapor, presentan mayor riesgo de condensación intersticial.

Sin necesidad de poner cifras está claro que los aislamientos térmicos dividen el cerramiento en una parte cálida y una parte fría. En tal caso un aislante térmico permeable al vapor ("transpirable") implica una presencia de vapor más elevada en su cara fría, tan elevada que será más probable que se alcance la saturación (= condensación intersticial).

Los materiales de construcción usuales "transpiran" el vapor en medida equivalente a como "transmiten" el calor. Ese comportamiento digamos "armónico" reduce el riesgo de formación de condensaciones intersticiales.

Los *aislantes higrotérmicos*, como el XPS, "transpiran" (vapor) y "transmiten" (calor) en forma proporcional y armónica también ("transpiran" menos exactamente en la medida en que transmiten menos).

El problema viene, pues, de la mano de materiales aislantes puramente térmicos que presentan comportamientos disímiles frente a los dos fenómenos de difusión de vapor y de transmisión de calor. Es por ello que, en casos donde las condiciones climáticas y de uso lo requieran, habrá que disponer barreras o frenos paravapor, productos que, esta vez sí, conllevan una *transpirabilidad* varios órdenes de magnitud inferior.