

## El Estándar Passivhaus: una hoja de ruta fiable hacia el edificio de consumo casi nulo, también para los componentes cerámicos

Luis A. Martínez, Passivhaus Consultores (www.passivhausconsultores.com)

Hace ya 7 años que la Directiva Europea 30/2010 sobre el edificio de consumo casi nulo (ECCN) puso encima de la mesa un nuevo reto para el conjunto del sector de la edificación. Si no nos equivocamos, llevará u obligará a un replanteamiento no menor acerca de cómo proyectamos y construimos edificios. También acerca de los componentes y materiales con los cuales los construimos. Y sólo quedan apenas dos años para su esperada entrada en vigor.

Es aquí donde el Estándar Passivhaus se propone como una hoja de ruta fiable para que los ECCN realmente garanticen las prestaciones energéticas y de confort que tienen que ofrecer. En este artículo nos proponemos exponer de modo muy sencillo qué es el Estándar Passivhaus y cómo concibe el edificio, subrayando los aspectos más importantes a la hora de abordarlo con nuevas perspectivas por parte de los actores del sector.

Básicamente, el Estándar señala cinco criterios o parámetros para que un edificio sea considerado de consumo casi nulo y, a continuación, ofrece cinco principios con los que llegar a obtener esos mismos parámetros. Es decir, nos viene a señalar los números y el modo de obtenerlos. La interrelación entre criterios y principios es tan estrecha que, en la práctica, se retroalimentan mutuamente. Si cumplimos los criterios es porque, normalmente, hemos aplicado los principios y viceversa.

### Los 5 Criterios para cumplir el estándar Passivhaus son estos:

- Demanda máxima de calefacción de 15 kWh/(m<sup>2</sup>año) o carga de calefacción 10W/m<sup>2</sup>.
- Demanda máxima de refrigeración de 15 kWh/(m<sup>2</sup>año) [revisable en función de la localidad].
- Demanda de energía primaria renovable (PER)
  - < 60 kWh/m<sup>2</sup>año PH CLASSIC
  - < 45 kWh/m<sup>2</sup>año PH PLUS
  - < 30 kWh/m<sup>2</sup>año PH PREMIUM
- Hermeticidad al aire n50 ≤ 0,6 r/h<sup>-1</sup>
- Periodos de sobrecalentamiento en verano por encima de 25°C inferiores al 10%



### Los 5 Principios para obtener los criterios son estos:

1. AISLAMIENTO.
2. HERMETICIDAD Y ESTANQUEIDAD.
3. PUENTES TÉRMICOS.
4. VENTANAS Y CERRAMIENTOS.
5. VENTILACIÓN.

Si los situamos en la conocida imagen del propio Passivhaus Institut, los visualizamos así: (figura 1)

Como se puede apreciar, cuatro de los cinco Principios tienen relación directa con la envolvente del edificio, que es donde aplica el tipo de materiales con los que proyectamos, calculamos y construimos la envolvente. Aquí, los productos cerámicos tienen mucho que decir. El quinto, se ocupa de las instalaciones. Si los

describimos brevemente se entenderán mejor. Todavía, se suele decir que estos cinco principios, en realidad, son siete o, 5+2. Nos referimos a la orientación bioclimática o ganancia solar (y pérdidas), y el cálculo del balance energético. La razón de estos dos principios "extra" es que responden a que el edificio pasivo cuenta con el aprovechamiento de las ganancias solares para optimizar su demanda y, en segundo lugar, el cálculo del balance energético del edificio conocido como PHPP-, es requisito indispensable para todo proyecto Passivhaus. De nuevo, la rehabilitación, donde nos encontramos con edificios que tienen ya una orientación determinada e, incluso en obra nueva, si la parcela reúne unas condiciones poco favorables en principio, el proyectista no deja de tener que afrontar el reto del cumplimiento de los criterios bajo estas condiciones.

### LOS 5 PRINCIPIOS PARA OBTENER LOS CRITERIOS DE CUMPLIMIENTO DEL ESTANDAR PASSIVHAUS

#### 1. AISLAMIENTO

La envolvente esta concebida con una línea continua de aislamiento que abarca todo su perímetro. Es la conocida como regla del rotulador. Indica que debemos trazar una línea continua sin levantar el rotulador del plano para garantizar todo el aislamiento de la envolvente. Nos tiene que garantizar que las pérdidas térmicas que vayamos a tener

a través del aislamiento, sean las que serán calculadas en el PHPP. En rehabilitación, por razones obvias, esta línea no siempre es posible. En estos casos, se estudian y calculan todas las fachadas, muros, etc., y sus orientaciones, y se determina cómo, por dónde y con qué materiales se puede aislar. Con el aislamiento estamos trabajando la envolvente en su dimensión térmica. Normalmente, el espesor del aislamiento va a ser superior al utilizado en España. No obstante, la evolución de los materiales y productos - entre los que se

**AISLAMIENTO**

**FACHADA**

Sistema: SATE  
 Tipo: XPS  
 Espesor: 25 cm  
 Conductividad: 0,034 W/m²k

**FACHADA EN CONTACTO CON TERRENO O LOCAL NO CALEFACTADO**

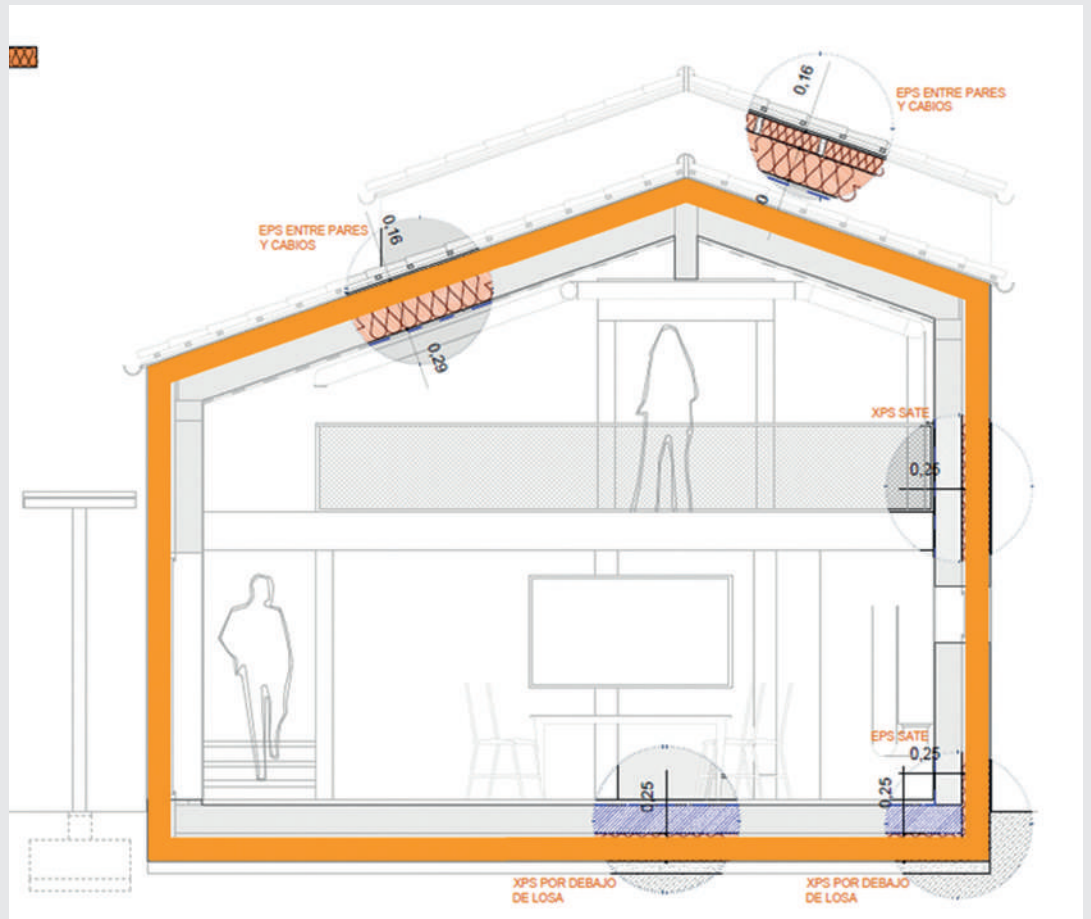
Sistema: SATE  
 Tipo: EPS  
 Espesor: 25 cm  
 Conductividad: 0,037 W/m²k

**CUBIERTA**

Sistema: Aislamiento entre ... y clavos  
 Tipo: EPS  
 Espesor: 30+15 cm / 20+18 cm  
 Conductividad: 0,037 W/m²k

**LOSA**

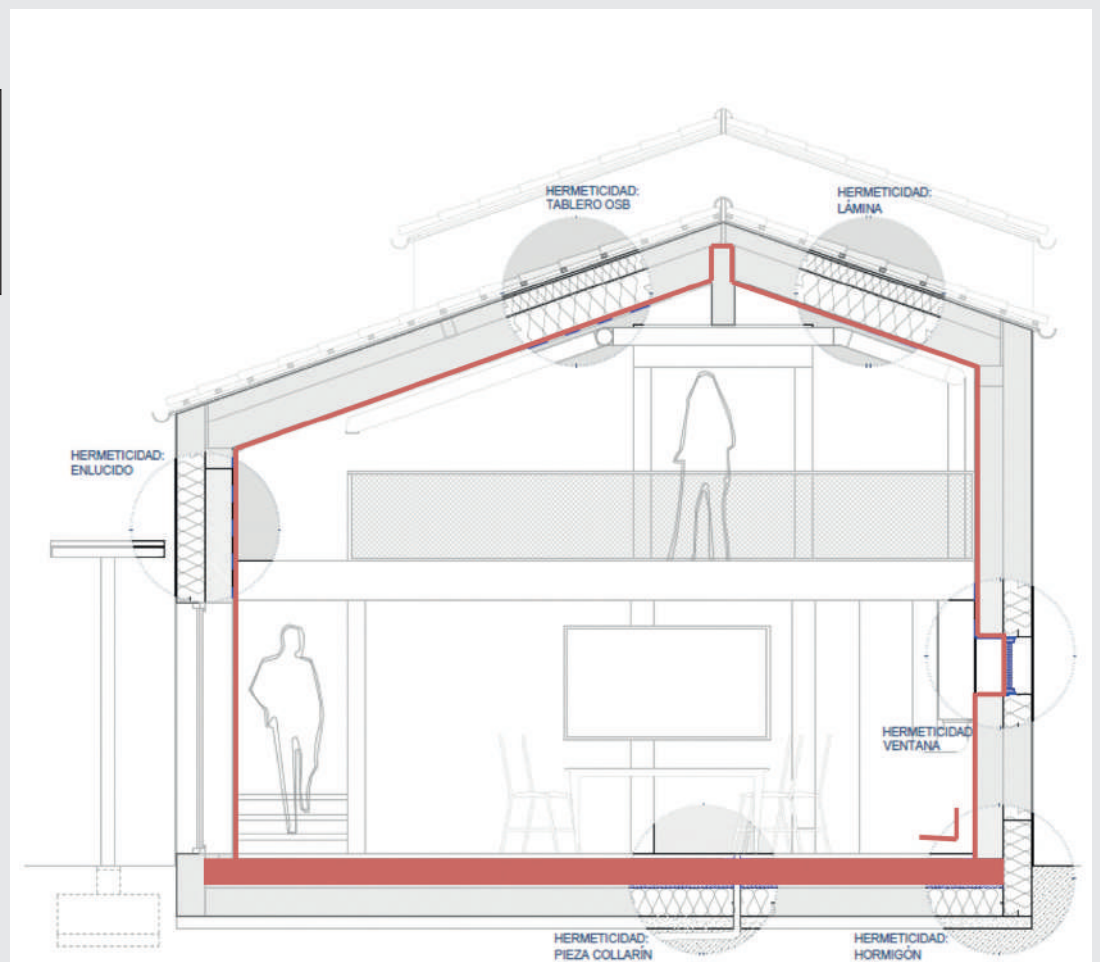
Sistema: Aislamiento por debajo de losa  
 Tipo: XPS  
 Espesor: 25 cm  
 Conductividad: 0,034 W/m²k



(figura 2) Aislamiento Fuente: Propiedad. Passivhaus Consultores. Autor VAND arquitectura

**HERMETICIDAD:**

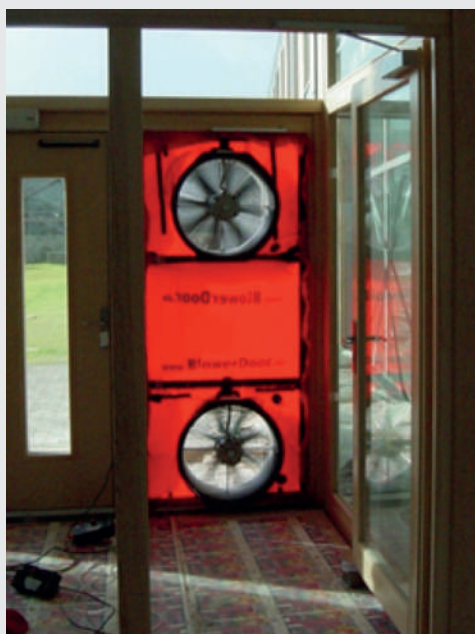
- - - capa estanca
- perforación de la capa estanca (suelo)
- perforación de la capa estanca (fachada)



(figura 3) Hermeticidad. Fuente: Propiedad. Passivhaus Consultores. Autor VAND arquitectura



(figura 4) Fuente: Onhaus



(figura 5) Fuente: Passivhaus Institut



(figura 6) Fuente: Onhaus



(figura 7) Fuente: Onhaus

encuentran los bloques Termoarcilla® en sus diversas configuraciones y estructuras - van a multiplicar las posibilidades de configuración de la capa térmica. Otro aspecto relevante al máximo es la ubicación del edificio de que se trate. El aislamiento habrá de dar respuesta al clima con el que el edificio tiene que convivir toda su vida, no siendo lo mismo, por ejemplo, el interior de la península que el litoral o, dentro de cada una de estas, las propias variaciones climáticas que contengan. No debemos caer en el error de pensar que una vivienda solo necesita aislamiento térmico si está en un lugar donde hace frío. Y que por estar situada en clima cálido, no debe tener aislamiento o que no lo necesita porque no hace frío". El concepto de la envolvente tiene que ver con el comportamiento físico que va a desarrollar el edificio en los próximos cincuenta años o más y el control que vamos a tener de ese rendimiento desde el mismo proyecto hasta toda su vida útil. Es decir, en relación a su propio comportamiento físico y su interrelación con el entorno. En la siguiente imagen (figura 2) lo apreciamos mucho mejor.

## 2. HERMETICIDAD Y ESTANQUEIDAD

Para el tratamiento de la hermeticidad y estanqueidad de nuestro edificio, nuestro objetivo es reducir al máximo las infiltraciones que podamos tener. Un criterio que lo garantiza es seguir la regla del lápiz que consiste en trazar una línea continua por el interior del perímetro de la envolvente sin levantar el lápiz. Este gesto asegura que las infiltraciones de aire son las mínimas posibles y, siempre, dentro del criterio que el Estándar Passivhaus señala (figura 3).

La exigencia del Estándar del valor  $n_{50} \leq 0,6 \text{ r/h}^{-1}$  de resistencia al aire significa que no puede haber una renovación del aire en nuestra casa superior a 0,6 renovaciones a la hora. Es decir, renovamos, como máximo, el 60% del aire que tenemos en una estancia cada hora. Los valores habituales en las casas que vivimos ahora, llegan a alcanzar, en el mejor de los casos 2 ó 3 renovaciones completas de aire a la hora. Esto es, aunque no nos lo parezca, en nuestra casa se filtra aire hasta tal punto que se renueva al 100% varias veces a la hora. Y no es infrecuente encontrar casas con 10 renovaciones completas a la hora.

En ningún caso nuestro edificio Passivhaus "no respira", sino que lo hace bajo el control necesario para que podamos determinar las pérdidas y ganancias que consideramos aceptables dentro de los parámetros del Estándar. Tenemos bajo control, también, la permeabilidad al vapor de agua, bajo lo que se denomina "efecto embudo", utilizado para expresar la importancia de los valores permeabilidad de los materiales -valor Sd- que utilizamos en la envolvente. Teniendo siempre presente que los valores de esos materiales tiene que estar en progresión de menor a mayor en dirección a la parte exterior de la envolvente para obtener una buena regulación del vapor y que no provoque patologías en la envolvente.

La prueba más habitual con la que controlamos las infiltraciones se denomina prueba de puerta soplante, más conocida como blower-door test. En esta prueba, sometemos a la envolvente a una sobrepresión y/o succión a 50 pascales y obtenemos el valor de estanqueidad al aire del edificio (figura 4).

En la imagen, se aprecia qué sucede cuando no hemos trabajado convenientemente uno de los puntos débiles de la ventana, su instalación. Si emitimos una fuente de humo desde el exterior con el test en operación, el humo infiltra por la parte inferior del marco. No es difícil adivinar que las pérdidas térmicas además de la falta de confort que va a producir, podrán impedirnos alcanzar los criterios Passivhaus (figura 5).

## 3. PUENTES TÉRMICOS

El puente térmico es otro de los principios del Estándar Passivhaus. Si como estamos exponiendo, el Estándar concibe el edificio desde dos conceptos principales, como son la envolvente y la instalación, el puente térmico toma su relevancia de su presencia en la primera. Tanto en el aislamiento como en la estanqueidad y hermeticidad, estamos antes dos líneas continuas que, tomadas en su conjunto, representan la mejor garantía de ausencia de puentes térmicos.

El riesgo de puente térmico lo tenemos en aquellos puntos de la envolvente donde se producen encuentros de planos, de partes constructivas o, también, porque en algunas partes de esos mismos planos por el material o por cómo lo hemos aplicado- puede haber zonas o partes más proclives a la transmisión térmica. El Código Técnico de la Edificación los define perfectamente. Nos obliga, también, a comprender la importancia que tiene el conocimiento de las herramientas y técnicas para identificarlos. Nos referimos aquí a la termografía que, al igual que la prueba de puerta soplante, son dos técnicas que los profesionales de la edificación tienen que acostumbrarse a utilizar o llevar en su "nueva caja de herramientas". Siendo conscientes de que requiere consideración de la Norma que aplique y tratamiento especializado. Es con la imagen termográfica que mejor identificamos el concepto (figura 6).

Con el puente térmico, estamos ante una pérdida de energía. Si no hemos aislado bien, la conducción térmica que se va a producir generará patologías bien conocidas, aparecerá, por ejemplo, condensación, humedad y moho (figura 7).

Tendremos, también, seguramente, infiltraciones y, además, nuestro sistema de ventilación, no funcionará adecuadamente. En una edificación nueva proyectada y construida bajo el Estándar Passivhaus, no deberíamos tener puentes térmicos.

En rehabilitación, los identificamos, calculamos y, si no se pueden tratar adecuadamente, se minimizan al máximo y se comprende su comportamiento físico a lo largo del tiempo. Es decir, necesitamos prestar la máxima atención a los detalles. A aquellos puntos donde se produce el riesgo de puente térmico, porque son la mejor prueba para chequear si hemos conseguido una envolvente adecuada al Estándar Passivhaus.

#### 4. VENTANAS Y CERRAMIENTOS

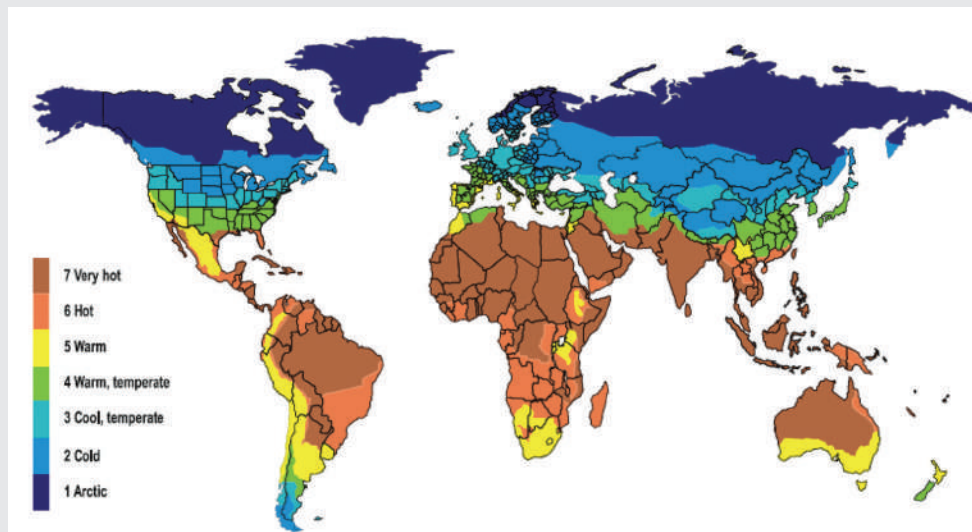
Cuando abordamos la envolvente, distinguimos entre la envolvente opaca y la envolvente transparente. En esta última, nos referimos a lo que comúnmente llamamos ventanas. Pero en el Estándar Passivhaus, la envolvente transparente, como concepto, es mucho más que lo que podríamos caracterizar como una ventana. De inicio, se concibe a este elemento como parte integral de la envolvente y no, como vulgarmente diríamos, el objeto con el que tapamos los huecos de los muros.

Si a los rendimientos que el Estándar Passivhaus le exige a una ventana, le sumamos los que normalmente ya estamos familiarizados, nos encontramos con, al menos, quince requisitos a cumplir. Es difícil pensar en algún otro elemento que atraiga sobre sí una mayor concentración de funciones operativas:

- |                                   |                                 |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| 1. Vistas al exterior             | 9. Seguridad                    |
| 2. Uso de la luz natural          | 10. Comportamiento acústico     |
| 3. Ganancias térmicas             | 11. Instalación                 |
| 4. Reducir pérdidas energía       | 12. Elementos de control solar  |
| 5. Aislamiento térmico            | 13. Fácil manejo                |
| 6. Estanqueidad y hermeticidad    | 14. Durabilidad y mantenimiento |
| 7. Ventilación (verano), nocturna | 15. Herraje                     |
| 8. Sin puentes térmicos           |                                 |

Como solemos decir, esto es una buena noticia para todos los profesionales que se dedican a los cerramientos. Las prestaciones que tiene que satisfacer implican de modo prácticamente obligatorio el que no podamos considerar ventanas que no sean de muy alta calidad. En el presupuesto del edificio, pasan a tener un papel protagonista y es difícil que podamos escatimar en su coste, si es que realmente estamos considerando con seriedad el cumplimiento de los criterios del Estándar Passivhaus.

El valor U - factor de transmitancia térmica- que una ventana tiene que cumplir, según el Estándar, depende del clima en el que vaya a estar instalada. En el siguiente mapa, mostramos la calificación climática que el propio Passivhaus Institut establece donde se observa que en España, la península e islas se encuadran en clima cálido-templado (**figura 8**).



(figura 8) Fuente: Passivhaus Institut

En el clima cálido templado, el valor U de una ventana instalada en vertical es de  $1,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Naturalmente, siempre depende de la ubicación geográfica del Edificio. El cálculo de este valor se obtiene a partir de los valores que presenta el vidrio, el marco, el intercalario y la instalación. En esto último hay que hacer especial énfasis puesto que una ventana de muy alta calidad puede verse arruinada en sus prestaciones si la instalación no ha sido hecha adecuadamente. La Certificación Passivhaus de la ventana, es el camino más rápido para asegurarnos que cumple con todos los parámetros citados. En la imagen se muestra un ejemplo de los sellos de Certificación Passivhaus que un fabricante español ha obtenido y un ángulo de la ventana donde se aprecian sus elementos: (**figura 9**)

En general, y esto de en general hay que repetirlo, puesto que hay excepciones en ventanas que son también válidas para Passivhaus, la ventana bajo el Estándar que tiende a estar presente en el mercado, tiene un perfil de siete cámaras, vidrio

(figura 9) Fuente: Replus



triple, triple junta, intercalario de material con muy baja transmitancia y una instalación que garantiza la hermeticidad, estanqueidad y aislamiento adecuadamente.

## 5. VENTILACIÓN

Una vez que tenemos la envolvente Passivhaus perfectamente diseñada y construida, habremos obtenido un espacio interior lo más estable posible en cuanto a variación de temperatura. También, habremos, por expresarlo así, independizado el interior de nuestro edificio del exterior y las variaciones de temperatura que este pueda tener a lo largo del día y la noche. Ahora, con la ventilación nos adentramos en la clave para el tratamiento del aire en el espacio interior que la envolvente nos ha preparado.

Como sabemos, la ventilación es necesaria para garantizar la higiene y salubridad del aire que respiramos en el interior de nuestra casa. También es indispensable para evitar condensaciones en el interior, regular la humedad o para que la concentración de partículas de CO<sub>2</sub> no se eleve hasta cantidades desaconsejables. Sin esta ventilación, no podríamos hablar de confort térmico o, simplemente, de confort.

En el Estándar Passivhaus, la ventilación se produce utilizando una máquina de ventilación mecánica controlada con recuperador de calor. Funciona bajo un principio muy simple: se intercambia el aire y su temperatura, que hay dentro del edificio con el que proviene de fuera. Es un intercambio conocido como aire-aire y es el más frecuente. No obstante, existen otras muchas variaciones pero, básicamente, se trata de aprovechar la diferente temperatura del aire interior y el exterior e intercambiar su frío y/o calor. Incluida la posibilidad de enfriar o calentar ese mismo aire con dispositivos instalados en la admisión del aire sí, debido a la temperatura exterior, así se requiere.

En invierno, el aire caliente que tendremos dentro de nuestra casa, intercambia su temperatura con el aire más frío que habrá fuera. Al expulsar el aire caliente hacia afuera, calienta el aire de admisión frío y no viciado y lo introduce en nuestra casa a una temperatura mucho más alta. Las máquinas de ventilación con recuperador de calor, pueden llegar a recuperar un porcentaje muy alto del calor que expulsamos de casa hacia afuera y transmitirle su temperatura al aire frío renovado, que se introducirá en casa ya a una temperatura adecuada. En verano, se realiza la operación contraria. Afuera, el aire estará a mayor temperatura que el de dentro de nuestra casa y es, ahora, éste, el que enfría el aire exterior caliente.

En ningún caso esto quiere decir que no se puedan abrir las ventanas en una vivienda Passivhaus, o que no podamos ventilar de modo natural por la noche. Tampoco que no se necesite un aporte de calor y frío al sistema de ventilación allí donde, por la ubicación geográfica de la vivienda y sus características climatológicas, se necesite y el cálculo realizado con el PHPP lo establezca.

La ventilación Passivhaus es la clave de nuestro confort en el interior de la vivienda, nos proporciona aire limpio y de muy alta calidad, higiénico y filtrado. Renovado en el volumen adecuado y evita la aparición de humedades y moho en casa.

## COSTES

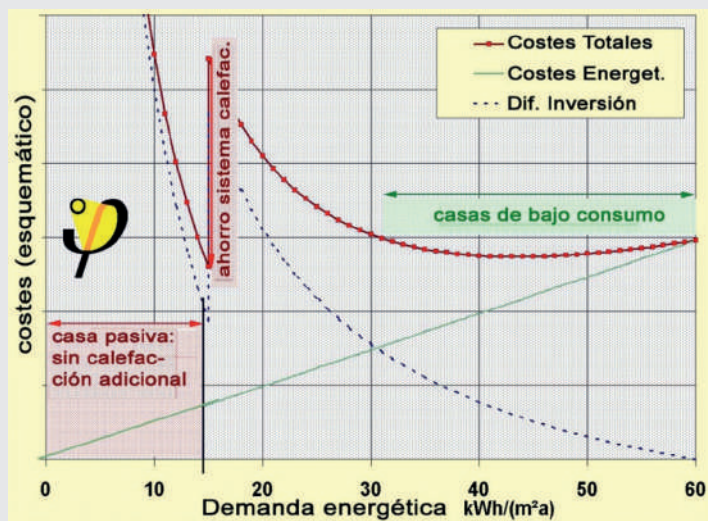
Con frecuencia se pregunta por qué el edificio de consumo casi nulo es, precisamente, casi, y no nulo o cero o de balance cero. Una de las cosas que más claramente se aprecia con los ECCN es que, para hablar con realismo de abastecimiento energético de fuente renovable, antes, hay que disminuir drásticamente la demanda energética de los edificios. Todavía hoy, el fundador del Passivhaus Institut, en su primera visita a España -que tuvimos el honor de preparar personalmente a través del Consorcio Passivhaus-,<sup>1</sup> lo volvía a repetir en la entrevista que concedió a El País, como casi un lugar común: El gran reto es reducir el consumo de energía.<sup>2</sup> Dicho así, parece una obviedad, pero la expresión tiene toda la historia del Estándar Passivhaus detrás y está dicha, en al menos un sentido, para que se reflexione acerca de la importancia del autoconsumo y como se puede maximizar el impacto de la producción de energía renovable, siempre y cuando tengamos, como punto de partida, edificios de consumo casi nulo. O lo que es lo mismo, una demanda bajísima, cercana a cero por ahora.

Es una obviedad decir que, hoy en día, no hay nada que impida que una casa, tecnológicamente hablando, pueda producir la energía que consume a través de sus propios sistemas activos. Normalmente, energía solar fotovoltaica con acumuladores o baterías. Aspectos legales aparte, la cuestión a la que la palabra casi remite es al óptimo del coste entre la inversión a realizar y su amortización en un periodo de tiempo determinado. Es en esta palabra donde se sitúa toda la carga económica y la rentabilidad de la instalación y el edificio de consumo casi nulo.

<sup>1</sup> Fuente: Luis A. Martínez. Entrevista del Hotel Alfonso XII. Madrid. El Consorcio Passivhaus, del que somos miembros los firmantes de este artículo, invitó y organizó la visita del Dr. Wolfgang Feist a España, por primera vez, el pasado 15 de octubre de 2016.

<sup>2</sup> A. Zabalbeascoa. Entrevista a Wolfgang Feist, Diario El País. Domingo, 15 de enero de 2017. Suplemento Ideas, página 5.

Observemos el siguiente gráfico (figura 10):



(figura 10) Passivhaus Institut

Se aprecia claramente una línea roja de derecha a izquierda - como la disminución de la demanda energética de nuestra casa nos obliga a invertir, inicialmente, más cantidad de dinero en el tratamiento de la envolvente (mayor aislamiento, mejores ventanas, etc.). Debido a esa misma inversión, llega un punto en el que, precisamente, podemos prescindir de la calefacción y/o la climatización de nuestra vivienda. Este hecho es el que produce los ahorros que equilibran la inversión extra que estábamos realizando. Ese punto de equilibrio es el que se indica en la demanda de energética de 15 kWh/(m²año) y que se convierte en el criterio principal del Estándar. Esta es la justificación conceptual del casi que contiene la expresión consumo casi nulo.

La inversión necesaria para que el casi desapareciera, implicaría unos mayores costes de inversión y un periodo muy largo de amortización. Sin duda, esta es una cuestión siempre a debate y dependiente de muchos factores. Por lo que aquí nos limitamos a exponerla conceptualmente y a señalar que los costes de una edificación Passivhaus no se pueden calcular por medio de métodos estáticos. Pues sólo tienen en cuenta el momento único de la inversión inicial y si es mayor o menor que un edificio convencional. En una vivienda Passivhaus, no se dejan sin contabilizar el valor económico de ahorro energético, el valor residual de la edificación, el ciclo de vida de los materiales o el impacto medioambiental. Por no mencionar lo que se denominan beneficios no energéticos, siempre de difícil cuantificación, como el confort, la salud o el bienestar que nos produce el ECCN.

## CAPACITACIÓN

Por último, no nos gustaría dejar de apuntar la importancia de la capacitación profesional para abordar con garantía el diseño y la construcción de los ECCN. Aquí, por ejemplo, la empresa Formación Passivhaus ([www.formacionpassivhaus.com](http://www.formacionpassivhaus.com)), los mayores especialistas en España en formación oficial del Passivhaus Institut, pueden dar fe de la evolución de esta formación y del tipo de perfil profesional que acude a los cursos. En un número cada vez más creciente, un porcentaje significativo pero muy bajo aún en comparación con todo lo que el sector de la edificación representa, está comenzando a comprender que la Directiva Europea 30/2010 sobre el edificio de consumo casi nulo (ECCN) es un cambio realmente cualitativo para el sector y que pone en evidencia la necesidad de formarse adecuadamente, no solo los arquitectos, sino los propios gerentes, promotores y constructores.

Y, para terminar, también hay que señalar que los productos cerámicos, como en el caso que aquí se presenta, están en primera fila de competencia para ser utilizados en el ECCN. Y la oportunidad que se abre para que sean parte protagonista de la envolvente del edificio no les exime de una puesta al día en la línea que los principios Passivhaus indican, que son muy capaces de alcanzar en prestaciones y rendimientos.



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.

+ en [www.conarquitectura.com](http://www.conarquitectura.com)

Productos: todos

Dirigido a: Proyectista

Contenidos: Diseño