

CRITICA ENERGÉTICA A DOS DOCUMENTOS DEL CTE (HE1 y HS3)

“No es eficiente el que más tiene, sino el que menos necesita. La importancia de construir bien”.

Trabajo Fin de Grado. Curso 2019-2020

Alumno : Antonio Díaz García

Tutor: Rafael García Quesada

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS
 - 1.1. Introducción
 - 1.2. Objetivos del trabajo
2. DOCUMENTOS BASE
 - 2.1. Directiva europea
 - 2.2. Normativa española
 - 2.3. Estándar Passivhaus
3. BALANCE ENERGÉTICO DE UN EDIFICIO
 - 3.1. Ganancias solares
 - 3.2. Ganancias internas
 - 3.3. Pérdidas
 - 3.4. Ejemplo práctico de balance energético
4. CRÍTICA AL DB-HE1
"Condiciones para el control de la demanda energética"
 - 4.1. Restablecer valores límite de demanda energética
 - 4.2. Continuidad en el aislamiento
 - 4.2.1. Diferenciación de espacios
 - 4.2.2. Continuidad del aislamiento. "Regla del rotulador"
 - 4.2.3. Importancia de los puentes térmicos
 - 4.2.4. Infiltraciones
 - 4.3. Cámara de aire
 - 4.3.1. Historia de las cámaras de aire
 - 4.3.2. Aparición del aislamiento térmico
 - 4.3.3. Obsolescencia
 - 4.3.3.1. Obsolescencia térmica
 - 4.3.3.2. Obsolescencia por condensaciones
 - 4.3.4. Restauración energética.
 - 4.4. Valores de transmitancia térmica
 - 4.4.1. Transmitancia térmica en verano
 - 4.4.2. Valores de transmitancia insuficientes. NZEB- Camino a seguir.
 - ¿Qué quiere decir el "casi" en edificios de consumo casi nulo?
5. CRÍTICA AL DB-HS3
"Calidad del aire"
 - 5.1. Análisis crítico de cada apartado
 - 5.2. Tipos de ventilación
 - 5.2.1. Ventilación híbrida
 - 5.2.2. Ventilación mecánica
 - 5.2.2.1. Con extracción mecánica
 - 5.2.2.2. Con impulsión y extracción mecánica
 - 5.2.2.3. Con impulsión y extracción mecánica con recuperador de calor
 - 5.2.3. Ventilación natural (clima mediterráneo)
 - 5.3. Pérdidas energéticas por ventilación
6. ¿ Por qué invertir en un edificio de consumo casi nulo?
 - 6.1. Ejemplo práctico. Comparación económica de una rehabilitación Enerphit y una rehabilitación con CTE
7. Conclusiones
 - 7.1. DB-HE1 → enfocado en una envolvente continua con bajas transmitancias
 - 7.2. DB-HS3 → encaminado a una revisión completa
8. Bibliografía

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1.Introducción

"Incluso si dejásemos de generar gases de efecto invernadero ahora, tardaríamos unos 120 años en parar el cambio climático que ya hemos generado hoy" ¹

Ya se han realizado muchas irregularidades, y si a esto no se le pone fin, cada vez será más grave y las consecuencias de nuestros actos serán irreparables, siendo demasiado tarde para ponerle solución. Por ello, el presente Trabajo de Fin de Grado se plantea para dar una respuesta a los retos que se presentan dentro de los campos de la construcción, y por lo tanto de la arquitectura, en relación con el calentamiento global y el cambio climático.

"Las ciudades de todo el mundo constituyen la principal causa del cambio climático, pero también pueden formar parte de la solución para lograr la reducción de los nocivos gases de efecto invernadero" ²

El informe realizado por ONU-Hábitat en 2011, titulado "Ciudades y cambio climático", plantea que una posible solución para reducir el cambio climático, más importante que generar energías más limpias, sería reducir el consumo de tanta energía.

En esta dirección se están generando alternativas a lo actual, buscando sistemas que producen energías más limpias, menos contaminantes y más eficientes con un menor consumo energético.

Las ciudades, actualmente, son las mayores productoras de gases de efecto invernadero, no solo por la combustión de los carburantes de los automóviles, sino también por la gran cantidad de energía que es demandada por parte de los ciudadanos para su confort debido a la poca eficiencia que tienen las viviendas actuales, que para tener un estado de bienestar necesitan una gran demanda de energía para la climatización de los usuarios. Estos consumos podrían disminuir si a la hora de construir y de plantear las instalaciones se tuviesen en cuenta algunos pautas que hiciesen el edificio más pasivo y por lo tanto, con una mayor independencia del uso de energía.



Consumo de energía por sectores UE-28
Fuente: Directiva 2002/91/UE

¹ Liliet Heredero, "Las ciudades, "Ciudades: las mayores contaminantes del planeta", BBC Mundo, 2011.

² Directora ejecutiva de ONU-Habitat, Maimunah Mohd Sharif, "Las ciudades, "causa y solución" del cambio climático", 2011.

1.2. Objetivos del trabajo

Conocidos los nuevos caminos que se están tomando hacia un mundo más eficiente y sostenible, en este trabajo se busca fomentar algunas de las medidas que nos permiten construir y rehabilitar los edificios de manera que el consumo de energía sea mínimo, incluso innecesario. Proyectando, diseñando y construyendo así, un edificio de consumo casi nulo que se adapta a las exigencias actuales de sostenibilidad y eficiencia energética.

Partiendo de un estudio detallado del Código Técnico de la Edificación, y en concreto, los documentos **DB-HE1 Ahorro de energía** y **DB-HS3 Salubridad**, se realizará una crítica energética de estos documentos en los que se observan algunas deficiencias en sistemas constructivos que son permitidas a la hora de diseñar y construir un edificio. Además, no fomenta una construcción adaptada a las nuevas tecnologías. Están muy alejadas de las directivas sobre eficiencia energética que se tratan en la Directiva Europea 2010/31/UE. Se propondrá una solución a seguir, tomando como referencia estándar de edificios pasivos muy conocidos como *passivhaus*, que cuenta con unos requisitos que combinan un consumo de energía muy bajo con un elevado confort interior a un precio asequible.

Todo ello tendrá como objetivo final alcanzar los objetivos marcados en la **Directiva 2010/31/UE** relativa a la eficiencia energética de los edificios, según la cual todos los edificios que se construyan a partir del 31 de diciembre de 2020, o bien en el caso de los edificios públicos a partir del 31 de diciembre de 2018, deberán ser de consumo de energía casi nulo - **NZEB (Near Zero Energy Building)**.

Aunque en el trabajo se ha comentado la importancia de la construcción en las nuevas viviendas, no podemos dejar de quitarle importancia a la rehabilitación de los edificios existentes, ya que actualmente la mayoría de los edificios construidos carecen de unas condiciones de confort óptimas, con envolventes térmicas e instalaciones inadecuadas, muy alejadas de los requerimientos de las normativas actuales. Replantearse el modo de construcción llevado a cabo hasta ahora, puede ayudarnos a solucionar errores que hemos ido acumulando.

Documento Básico HE

Ahorro de energía

- HE0 Limitación del consumo energético
- HE1 Condiciones para el control de la demanda energética**
- HE2 Condiciones de las instalaciones térmicas
- HE3 Condiciones de las instalaciones de iluminación
- HE4 Contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria
- HE5 Generación mínima de energía eléctrica

20 diciembre 2019

Fuente: Código Técnico de la Edificación

Documento Básico HS

Salubridad

- HS 1 Protección frente a la humedad
- HS 2 Recogida y evacuación de residuos
- HS 3 Calidad del aire interior**
- HS 4 Suministro de agua
- HS 5 Evacuación de aguas
- HS 6 Protección frente a la exposición al radón

20 diciembre 2019

Fuente: Código Técnico de la Edificación

2. DOCUMENTOS BASE

2.1. Directiva europea

Los **Edificios de Consumo Casi Nulo**, a partir de ahora NZEB (Near Zero Energy Building), aparecen como un concepto fundamental en la evolución de las normas europeas que regulan la eficiencia energética de edificios desde el año 2002, en las que se publica la primera directiva de eficiencia energética de edificios: Directiva 2002/91/UE, EPBD (Energy Performance of Building Directive).

Incluye en su ámbito de aplicación tanto a los edificios de nueva construcción como a los existentes cuando sufran reformas importantes, dejando a cada legislación el criterio de definir cuáles son esas reformas.

Cada Estado Miembro determinará los requisitos mínimos de eficiencia de los edificios, adaptados a las condiciones climáticas y particularidades locales, así como al entorno ambiental interior y la relación coste-eficiencia. Se exige que estos se asienten sobre una metodología de cálculo de la eficiencia energética de los edificios y que la revisión de los mismos se realice al menos cada cinco años para reflejar los posibles progresos técnicos alcanzados.

“Es responsabilidad exclusiva de los Estados miembros establecer requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios y de sus elementos. Esos requisitos deben establecerse de forma que alcancen un equilibrio óptimo entre las inversiones realizadas y los costes energéticos ahorrados a lo largo del ciclo de vida del edificio, sin perjuicio del derecho de los Estados miembros de establecer unos requisitos mínimos que sean más eficientes energéticamente que los niveles óptimos de eficiencia energética.”

Introduce, también, el Certificado de Eficiencia Energética (CEE) de edificios y obliga a los estados miembros a ponerlo a disposición de los propietarios de los edificios cuando éstos se construyan, vendan o alquilen. La validez de los certificados se establece en 10 años.

Esta directiva está marcada por el compromiso de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero adquirida por la UE con el **Protocolo de Kioto** (1997) y la optimización de la eficiencia energética de los edificios, establecidas en el **Plan 20/20/20** (2007) que requiere:

- Reducción de emisiones de efecto invernadero en un 20%.
- Ahorro en el consumo de energía del 20%.
- Promoción de las energías renovables en un 20%.

Aunque hasta 2010 con la directiva 2010/31/UE que deroga la anterior, no aparece su definición y su plazo de implicación en la UE.

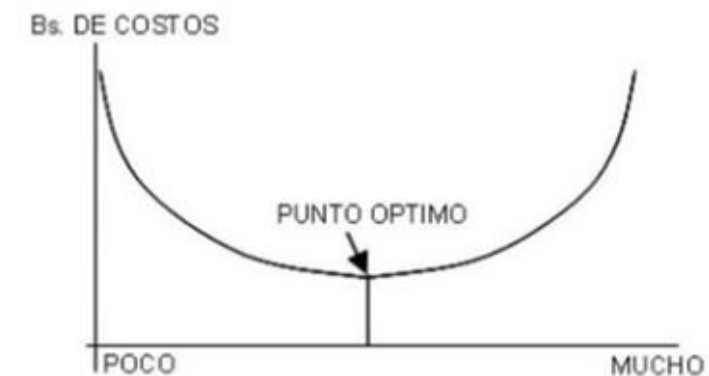
La directiva 2010/31/EU define los NZEB como **“edificios con un nivel de eficiencia energética muy alto [...]. La cantidad casi nula o baja de energía requerida debería estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida energía procedente de fuentes renovables producida in situ o en el entorno”**.³

Implica un muy alto nivel de eficiencia energética, entendida como **“cantidad de energía calculada o medida que se necesita para satisfacer la demanda de energía asociada a un uso normal del edificio, incluyendo la energía consumida en la calefacción, la refrigeración, la ventilación, el calentamiento del agua y la iluminación”**.³

Exige que el consumo bajo de energía se cubra en gran parte mediante energías procedentes de fuentes renovables, definidas como “energías procedentes de fuentes renovables no fósiles, es decir, energía eólica, solar, aerotérmica, geotérmica, hidrotérmica y oceánica, hidráulica, biomasa, gases de vertedero, gases de plantas de depuración y biogás”.

Mantiene la exigencia del desarrollo de una metodología de cálculo de la eficiencia energética de los edificios con arreglo a un marco general común y la aplicación de requisitos mínimos de la eficiencia energética con el fin de alcanzar niveles óptimos de rentabilidad.

El concepto de nivel óptimo de rentabilidad, se define en la propia directiva como el **“nivel de eficiencia energética que conlleve el coste más bajo durante el ciclo de vida útil estimado [...]”**.



Nivel óptimo de rentabilidad según la Directiva 2010/30/UE
Fuente: Directiva 2010/30/UE

³ Artículo 2. DIRECTIVA 2010/31/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios.

Los estados deben desarrollar las medidas e instrumentos necesarios para el dimensionado, control y correcta instalación de las instalaciones de los edificios. En España se desarrolla el Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios (RITE) para cumplir con este objetivo. Se transponen las exigencias de eficiencia energética y de seguridad que deben cumplir las instalaciones térmicas en los edificios para atender la demanda de bienestar e higiene de las personas.

En la directiva 2010/31/EU se marcan unos objetivos. El más importante, ya comentado anteriormente:

"Los Estados miembros se asegurarán de que:

a) a más tardar el 31 de diciembre de 2020, todos los edificios nuevos sean edificios de consumo de energía casi nulo, y de que

b) después del 31 de diciembre de 2018, los edificios nuevos que estén ocupados y sean propiedad de autoridades públicas sean edificios de consumo de energía casi nulo."⁴



Calendario de implantación de los ECCN en la UE.
Fuente: BPIE,2015

⁴ Artículo 9. Directiva 2010/31/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios.

2.2. Normativa española.

DB-HE. CTE 2006

La transposición de la directiva 2002/91/CE relativa a la eficiencia energética de edificios se materializa en la normativa española con la aprobación de 2007 del DB-HE de Ahorro de Energía del CTE. Obliga a fijar unos requisitos mínimos de eficiencia energética para los edificios nuevos y para grandes edificios existentes que se reformen. Para ello, se establece un conjunto de exigencias en 5 Documentos Básicos cuyo objetivo es la reducción de la demanda energética de los edificios y el empleo de energía solar.

En concreto, el DB-HE 1 del CTE 2006 limitaba la demanda energética, fijando las características de los cerramientos y de la envolvente térmica del edificio. Se distinguía una opción simplificada que exigía el cumplimiento de unos valores límite de los parámetros característicos medios de los cerramientos, y una opción general que comparaba el edificio objeto con un edificio de referencia.

DB-HE. CTE 2013

La actualización del DB-HE tiene como principal objetivo hacer más restrictivos los requisitos de eficiencia energética de los edificios nuevos y la extensión de estos requisitos a los edificios que se reformen, amplien o cambien de uso. Obliga a una revisión periódica de la normativa en intervalos no superiores a cinco años. En cuanto al DB-HE 1:

-Aumenta las exigencias de la limitación de la demanda de energía y la referencia del cumplimiento de la normativa a valores determinados de demanda [kWh/m² año] y no a parámetros característicos de los cerramientos.

- Se mantiene la obligación de cumplimiento del DB-HE para intervenciones importantes (> 25% de la superficie de la envolvente).

- Se establecen exigencias para intervenciones de reformas, ampliaciones o cambios de uso.

- Se establecen valores máximos de transmitancia térmica que deben cumplir los elementos que se sustituyan, incorporen nuevos o se modifiquen sustancialmente.

Con el RD 235/2013 de 5 de abril, se establece el procedimiento de certificación energética de edificios: transpone la Directiva 2010/31/UE en lo relativo a los requisitos de los certificados de eficiencia energética y deroga el anterior RD 47/2007. En particular amplía el ámbito de aplicación a edificios existentes cuando se vendan o alquilen y a edificios de la administración de uso público de más de

250 m², obligados además a exhibir la etiqueta energética. Establece los requisitos para el registro de los certificados, organismos de control y el régimen sancionador.

DB-HE. CTE 2019

Una vez aprobado el DB HE 2019, con la actualización del Real decreto 732/2019, se establece el marco normativo para cumplir con el objetivo de que antes de finales de 2020 todos los nuevos edificios que se construyan deberán ser edificios de Consumo de Energía Casi Nulo.

Actualiza las exigencias de eficiencia energética y completa la definición de los NZEB: **"edificio, nuevo o existente, que cumple con las exigencias reglamentarias establecidas en este Documento Básico "DB HE Ahorro de Energía" en lo referente a la limitación de consumo energético para edificios de nueva construcción".**⁵

En lo relativo al DB-HE 1, se sustituyen los anteriores indicadores de demanda energética de calefacción y refrigeración por nuevos indicadores cuyo objetivo es limitar las necesidades de energía del edificio en base al cuidado de aspectos pasivos de su diseño:

- Indicador de transmitancia térmica global K [W/m²K] para asegurar la eficiencia energética de la envolvente.

- Indicador de control solar Q_{sol;jul/Autil} [kWh/m²mes] para garantizar el control efectivo de las ganancias solares.

Se mantiene la limitación de las descompensaciones en edificios de uso residencial privado mediante el indicador U [W/m²K] y la limitación de condensaciones.

El DB-HE utiliza indicadores para cuantificar las exigencias de los requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios. Se emplean los indicadores para reflejar los aspectos más relevantes para la reducción del consumo de energía y del uso de energía procedente de fuentes renovables.

A pesar de que la normativa se ha ido modificando cada cinco años en busca de unos edificios más eficientes, aún quedan muchos pasos por dar, sobretodo si queremos conseguir que todos los edificios que se construyan o rehabiliten sean de un consumo de energía casi nulo. El CTE aún permite sistemas constructivos, que se analizarán en el presente trabajo, que no son adecuados para llegar a construir edificios de consumo casi nulo, sobre todo si queremos aproximarnos a uno de los mayores estándares de eficiencia como puede ser Passivhaus.

⁵ Anejo A. Código Técnico de la Edificación, DB-HE 2019

2.3. Estándar Passivhaus y Enerphit.

Son varios los estándares que nos ofrece el mercado a la hora de certificar nuestros edificios pasivos.

- Passivhaus (Alemania, Austria)
- Effinergie (Francia)
- Minergie (Suiza)
- CSH (Reino Unido)
- Building Class 2020 (Dinamarca)
- Equilibrium (Canada)
- LEED (América)

La Directiva Europea 2010/31/EU fue redactada en Alemania, al igual que el estándar passivhaus, por lo que se puede ver como la directiva europea tiene como referencia este estándar a la hora de redactar las pautas a seguir para conseguir edificios de consumo casi nulo.

El concepto de edificio Passivhaus responde a un estándar de construcción internacional de edificios con un **elevado nivel de eficiencia energética, un elevado confort interior y económicamente asequibles**. Requiere el cumplimiento de unos valores límite de demandas de calefacción y refrigeración muy reducidos, inferiores a 15 kWh/m² año, y la reducción del consumo de energía primaria a un máximo de 100 kWh/m² año, incluidos los consumos vinculados al uso del edificio.

Es el estándar líder en el campo de ahorro energético, en los edificios que siguen su filosofía se consiguen ahorros generales en demandas de calefacción de un 75 al 90% en comparación con edificios construidos con los requisitos de las normas convencionales de construcción.

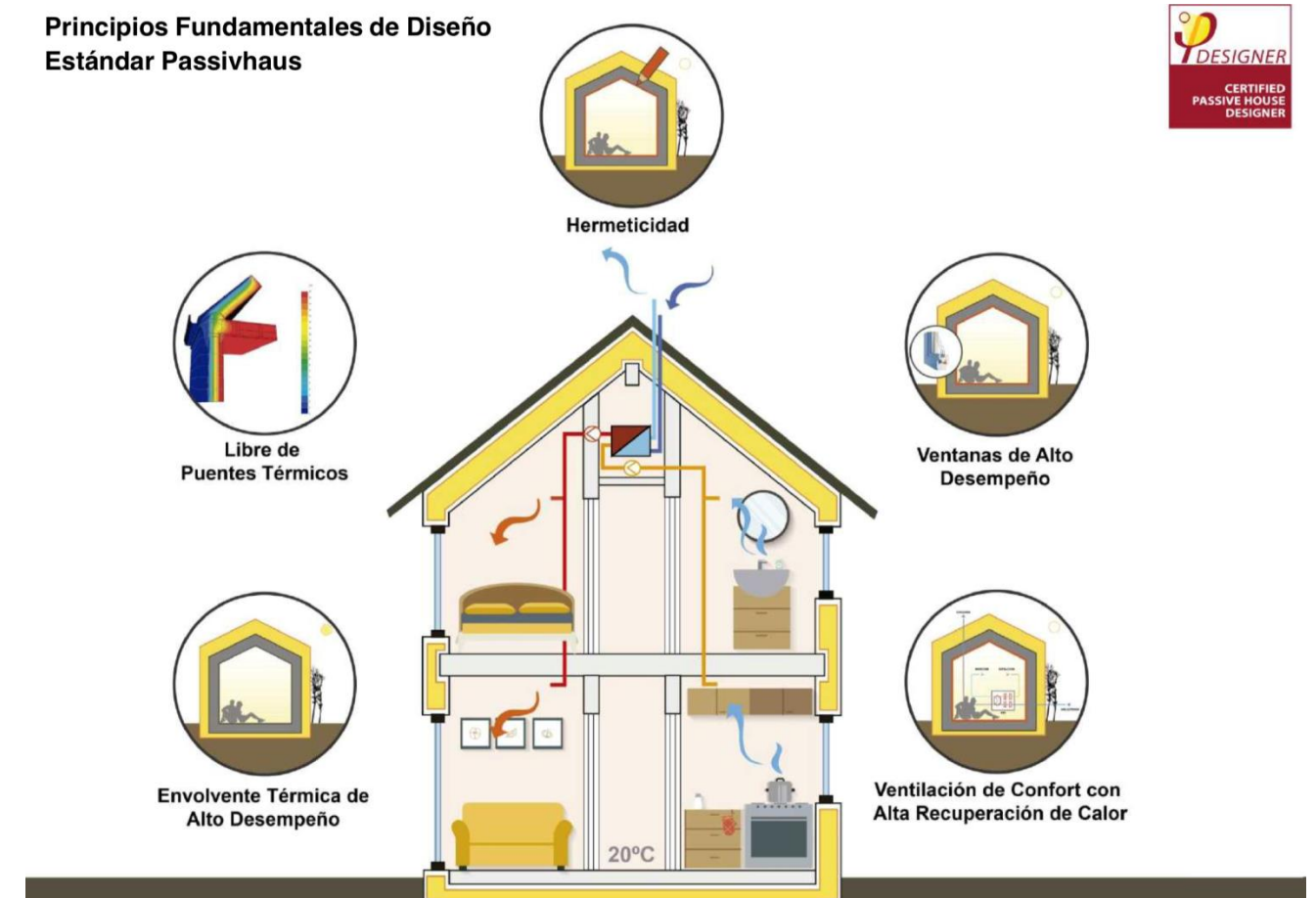
El gran ahorro mencionado se logra mediante **el uso de elementos de construcción energéticamente eficientes y con técnicas especiales de ventilación**. Este modelo reduce significativamente la demanda de calefacción, sin que los usuarios lleguen a notar ninguna diferencia. Por ello, será el modelo a seguir en este trabajo, analizando y comparando principalmente los dos documentos del código técnico, HE1 y HS3 que más relación tienen con estos criterios.

El estándar se fundamenta principalmente en una envolvente térmica con un nivel de aislamiento térmico muy elevado en la cual se eliminan los puentes térmicos y las infiltraciones de aire. La energía necesaria para cubrir la baja demanda de calefacción y refrigeración exigida, se puede cubrir fácilmente a partir de energías renovables.

Los edificios diseñados bajo el estándar Passivhaus son edificios en los que el confort térmico se puede garantizar con un pos-calentamiento o pos-enfriamiento del caudal de aire fresco necesario para tener una buena calidad de aire interior, lo cual debe lograrse independientemente del clima.

Los edificios Passivhaus pueden ser construidos con los materiales locales de cualquier parte del mundo. Tienen un ciclo de vida más largo, se pueden suministrar con energía renovable, son respetuosos con el medio ambiente y cómodos a la vez; todo el mundo podría vivir en una vivienda Passivhaus ahora y en el futuro. Los edificios Passivhaus son sostenibles.

El estándar Passivhaus se caracteriza por los siguientes principios:⁶



Cinco principios básicos del estándar passivhaus. Fuente: PEP Plataforma de Edificación Passivhaus

⁶ Plataforma de Edificación Passivhaus

1. Envoltentes térmicas. A través del aislamiento térmico se busca evitar cualquier pérdida o ganancia de calor tanto en verano como en invierno. El espesor del aislamiento será importante para tener unas transmitancias muy bajas, adaptándose a los diferentes climas. En climas fríos, los componentes opacos como el techo, muros exteriores y losa del suelo tienen valores-U de hasta 0,15 W/(m²K). Esto corresponde a un espesor de aislamiento de 15 cm.

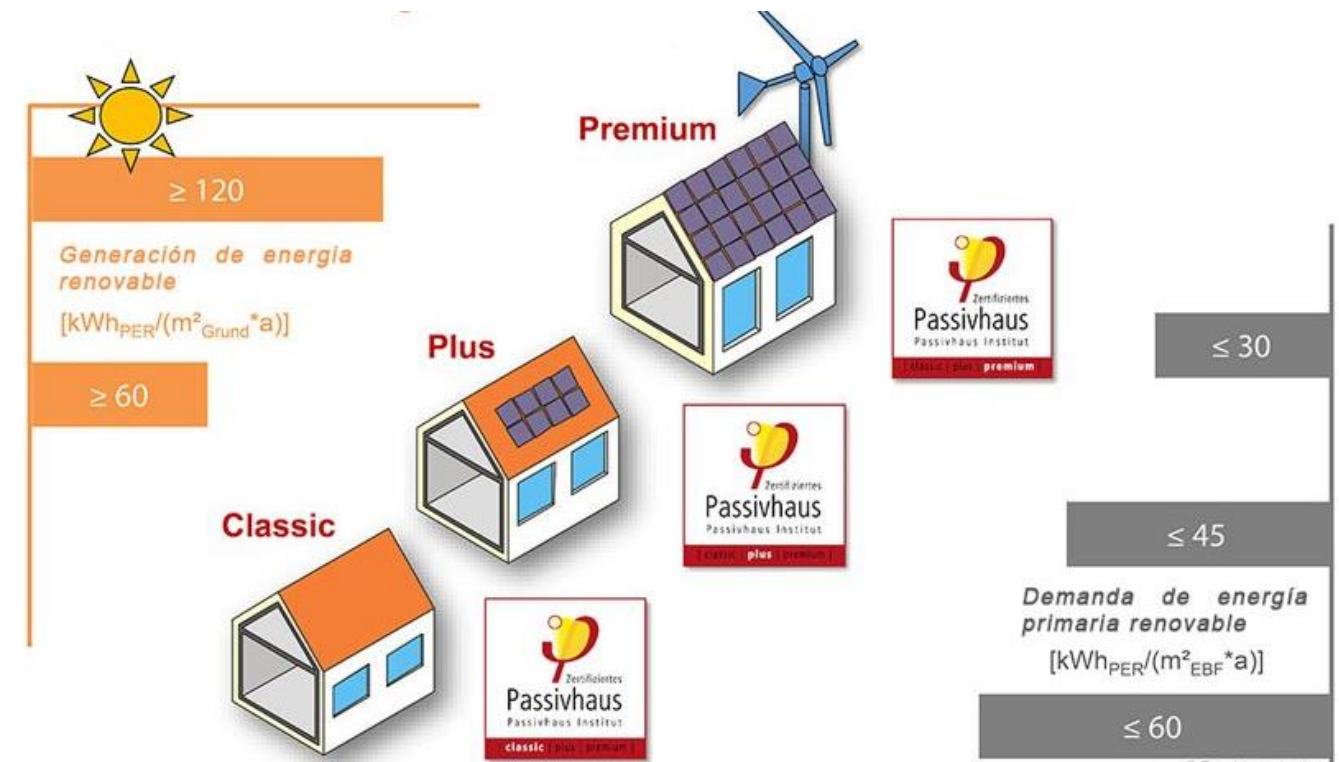
2. Ausencia de puentes térmicos. El aislamiento será continuo junto con las ventanas para evitar así los puentes térmicos, dando continuidad al aislamiento térmico gracias a un adecuado sistema constructivo de la envolvente y evitando los puntos más críticos como pueden ser los encuentros constructivos, huecos y esquinas.

3. Puertas y ventanas de altas prestaciones. Los huecos en la fachada son los puntos más débiles, por lo que es necesario una carpintería de baja transmitancia térmica con un vidrio de doble o triple hoja bajo emisivo. Las ventanas tienen valores- U de hasta 0,8 W/(m² K). El acristalamiento tiene un alto factor g de transmitancia de energía solar de 0,50 a 0,55 por lo general. La radiación solar contribuye a la reducción de la demanda de calefacción.

4. Ventilación con recuperador de calor. Todas las habitaciones del interior de la envolvente térmica se ventilan por un sistema de ventilación con recuperación de calor. El porcentaje de recuperación de calor n debe ser > 75%, de manera que se pueda garantizar la eficiencia y el confort de la habitación. El recuperador de calor utiliza el aire caliente y viciado que va a ser expulsado al exterior para precalentar el aire que proviene del exterior, de esta forma la cantidad de energía necesario para calentar el aire nuevo es mínima.

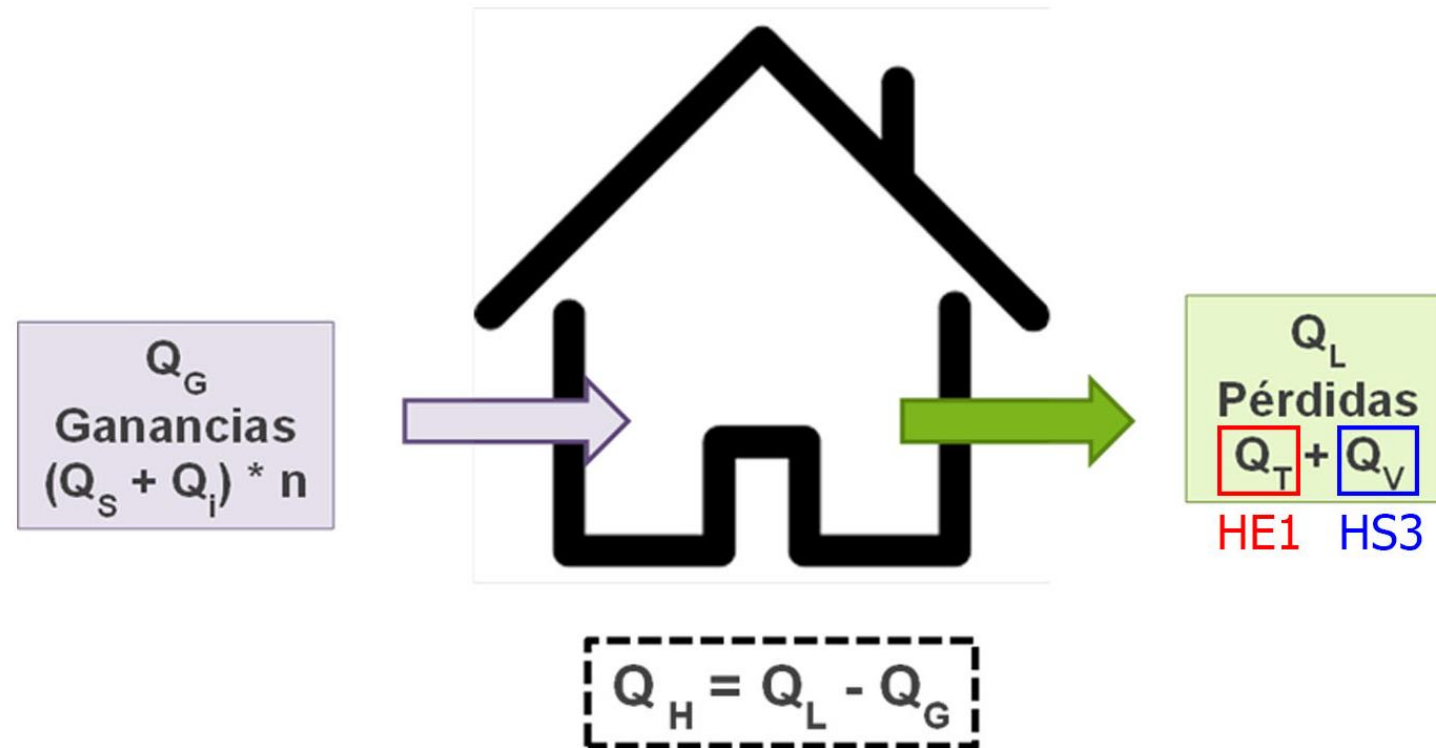
5. Hermeticidad al aire. La envolvente térmica del edificio está rodeada por una envolvente estanca, de manera que no existan pérdidas de temperatura por infiltración del aire. La hermeticidad debe probarse mediante un test de hermeticidad. Máximo valor de n₅₀ : 0,6 /h, es decir, las infiltraciones no tienen que superar los 0,6 renovaciones a la hora con una presión de 50Pa. Todo ello se puede llevar a cabo gracias al recuperador de calor.

Para la certificación de edificios Passivhaus surge el programa Passivhaus Planning Package. El Passivhaus Institute creó el PHPP como software de cálculo para modelar el funcionamiento de un edificio y estimar los balances energéticos.



Requisitos para las nuevas categorías de clasificación Passivhaus. Fuente: PEP Plataforma de Edificación Passivhaus

3. BALANCE ENERGÉTICO DE UN EDIFICIO



<p>Q_s - Ganancias solares</p> $Q_s = r \cdot g \cdot A \cdot G$ <p><i>r</i>: Factor de reducción (suciedad * vertical * sombra) <i>g</i>: Factor solar del vidrio <i>A</i>: área hueco (m^2) <i>G</i>: Radiación Global ($kWh/m^2 \cdot a$)</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Posición solar</u> • <u>Orientación de huecos</u> • <u>Clima</u> <p>La ganancia solar se debe a la ganancia pasiva de energía térmica en un espacio gracias a la radiación solar incidente.</p>	<p>Q_i - Ganancias internas</p> $Q_i = t \cdot q_i \cdot A_{SRE}$ <p><i>t</i>: tiempo de época de calefacción (d/a) <i>qi</i>: media de la carga interna (W/m^2) inv:1,6/ver:2,4 <i>A</i>: área superficie de referencia energética (m^2)</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Ocupación</u> • <u>Iluminación</u> • <u>Equipos</u> <p>Este factor será apreciable tan solo en grandes edificios, en viviendas pasará desapercibido ya que la ocupación, iluminación y equipos aportarán unas ganancias mínimas.</p>	<p>Q_T - Pérdidas por transmisión</p> $Q_T = U_M \cdot S \cdot \Delta T$ <p><i>U</i>: transmitancia térmica (W/m^2K) <i>S</i>: superficie del cerramiento (m^2) ΔT: incremento de Temperatura ($^{\circ}C$)</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Paramentos huecos</u> • <u>Paramentos opacos</u> • <u>Puentes térmicos</u> <p>Pérdidas de calor a través de los cerramientos. En invierno se pierde calor del interior al exterior ($T_i > T_e$), y en verano, entra calor del exterior.</p> <p>DB- HE1 Condiciones para el control de la demanda energética.</p>	<p>Q_V - Pérdidas por ventilación</p> $Q_V = 0,33 \cdot q_v \cdot \Delta T$ <p><i>c</i>: Capacidad calorífica del aire ($0,33 Wh/m^3 K$) <i>qv</i>: caudal mínimo de ventilación (L/S) ΔT: incremento de Temperatura ($^{\circ}C$)</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Renovación higiénica</u> • <u>Infiltraciones</u> <p>Transmisión de calor a través de los huecos para ventilación.</p> <p>DB- HS3 Calidad del aire.</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Para poder construir un edificio de consumo casi nulo hay que conseguir la **optimización del balance energético del edificio**, consiguiendo que la relación entre las ganancias y las pérdidas sea lo más **equilibrada** posible, de tal forma que el aporte necesario de la calefacción y refrigeración sea mínimo.

Para ello, las ganancias solares e internas deben ser lo más altas posibles y las pérdidas por transmisión a través de la envolvente y las pérdidas por ventilación deben ser mínimas.

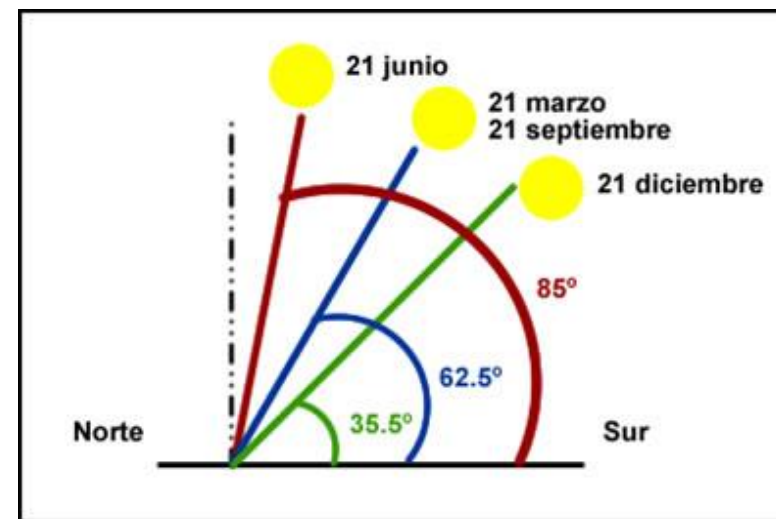
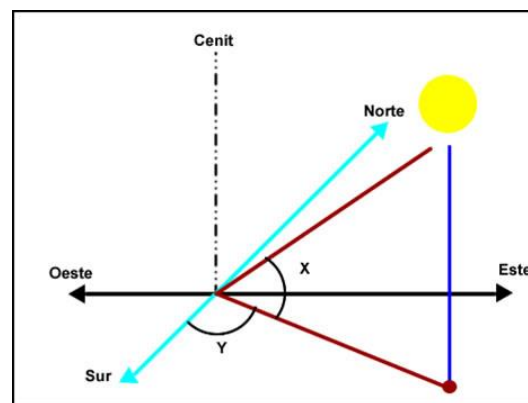
3.1. GANANCIAS SOLARES

Posición solar.

Dependerán de:

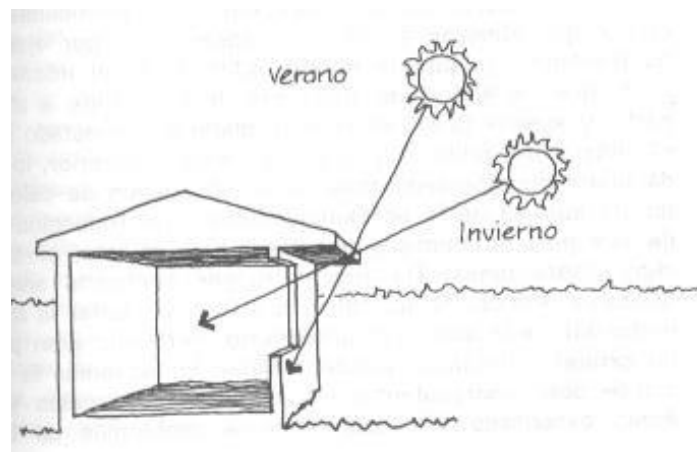
Altura (ángulo X)

Acimut (ángulo Y)



La altura y el acimut
Fuente: solete.nichese

La irradiación dependerá de la posición relativa del sol y del día del año.

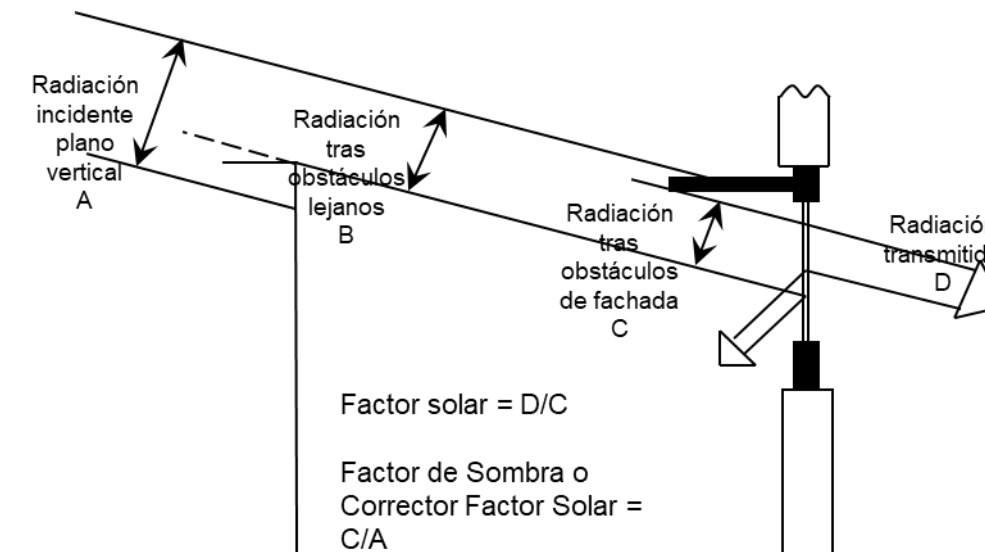


Orientación.

La elección de una **orientación favorable** es un factor determinante en el cumplimiento de los indicadores de consumo (Cep, nren y Ceptotal) exigidos en el nuevo DB HE del 2019, y favorece o flexibiliza el diseño de la envolvente térmica, logrando alcanzar los valores de consumo de los edificios ECCN.

Es necesario tener claras las ventajas e inconvenientes de las diferentes orientaciones para proyectar el edificio de forma que aproveche las ventajas que la orientación le proporciona.

La orientación determina la cantidad de radiación solar incidente en sus fachadas y condiciona el aprovechamiento de los beneficios térmicos que aporta. También permite establecer los mecanismos de protección solar necesarios para evitar el paso de la radiación solar cuando es desfavorable para mantener las condiciones de confort del edificio.



Radiación incidente
Fuente: Agencia de energía de Vigo

España se encuentra entre las latitudes del 36° 00' N y 43° 47' N, correspondiente a latitudes medias con 2 estaciones claramente diferenciadas cuya influencia en la orientación de las fachadas del edificio es determinante. En términos generales se verifica que:

En **invierno** la incidencia de la radiación solar en la **fachada Sur** de un edificio es 3 veces superior que en las fachadas Este y Oeste.

En **verano**, por el contrario, la radiación en la fachada Sur es aproximadamente la mitad que en las fachadas **Este y Oeste**.

Como técnica de acondicionamiento pasivo, la orientación óptima será aquella que proporciona la **máxima radiación durante el periodo frío** y la **mínima durante el periodo cálido**. La fachada Sur proporciona las mejores opciones de captación solar en invierno y protección de huecos en verano.

Clima

Dependiendo de los condicionantes del clima:

- En periodo frío la radiación solar adicional a través de los huecos es favorable, y permite reducir las cargas de calefacción.
- En periodo cálido, la orientación debe favorecer los mecanismos de protección solar de los huecos para disminuir el impacto de la radiación solar a través de los huecos, (principal causante del efecto invernadero y aumento de las cargas de refrigeración).

3.2. GANANCIAS INTERNAS

En el **Anexo D del DB HE**, se establecen las condiciones operacionales y perfiles de uso a tener en cuenta cuando se calcula el balance energético.



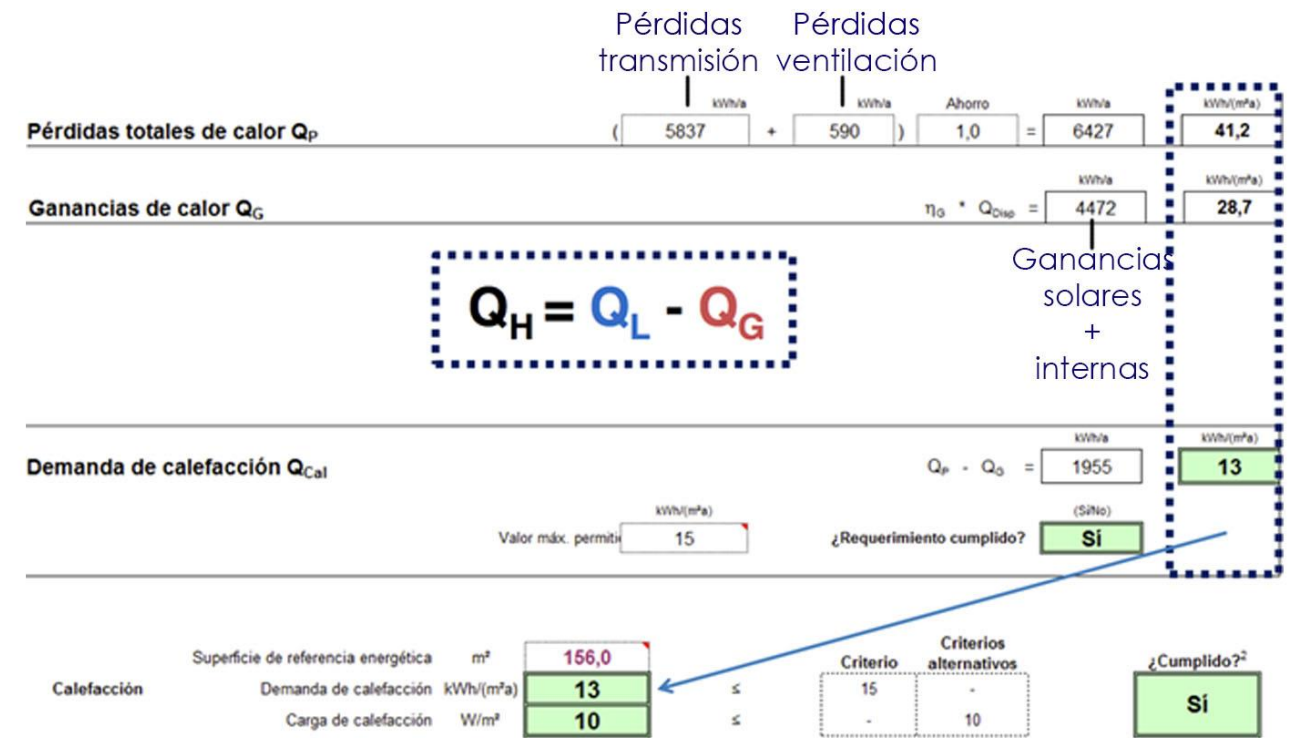
No obstante, en viviendas estas ganancias son mínimas debido a la baja ocupación y a la poca energía que irradia la iluminación y los equipos instalados.

3.3. PÉRDIDAS

Las principales pérdidas se producen por **transmisión a través de la envolvente y por ventilación**, en la renovación higiénica del aire e infiltraciones. El objetivo será que estas pérdidas sean mínimas para poder ser contrarrestadas en mayor medida por las ganancias. El CTE establece en el **DB HE-1** unos valores para que las pérdidas por transmisión a través de la envolvente sean lo más bajas posible, al igual que ocurre en el **DB HS-3** con las pérdidas de ventilación. Por ello, a continuación se estudiarán ambos documentos para ver en qué puntos la información es insuficiente o poco

restrictiva, buscando así acercarnos a edificios con un consumo de energía casi nulo.

3.4. EJEMPLO PRÁCTICO DE BALANCE ENERGÉTICO



Ejemplo práctico de Balance Energético obtenido con el software de cálculo PHPP
Fuente: Cluster CSA. Juan Carlos García Abril.

Como se puede observar en este ejemplo, al realizar la diferencia entre las pérdidas y las ganancias nos salen unas pérdidas de 13 kWh/m²a, es decir, que la demanda en calefacción y refrigeración es de 13 kWh/m²a, por lo que en este ejemplo en concreto, no solo cumple uno de los requisitos para ser un NZEB, sino que además como la demanda está por debajo de 15 kWh/m²a, cumple también uno de los requisitos para llegar a ser una vivienda con el certificado Passivhaus.

Las medidas de ahorro basadas en el balance energético tienen como objeto disminuir la demanda térmica del edificio → **PASIVAS**

Otras medidas tratan de mejorar la eficiencia de los equipos de generación de calor y frío → **ACTIVAS**

4. Crítica al DB-HE1

“Condiciones para el control de la demanda energética”

4.1. RESTABLECER VALORES LÍMITE DE DEMANDA ENERGÉTICA

Con la nueva **actualización de CTE en 2019** se ha cambiado el título del DB-HE1 de “Limitación de la demanda energética” a “Condiciones para el control de la demanda energética”. Como se puede ver en el título, el **CTE 2013 limitaba la demanda energética** de manera clara, mientras que ahora se puede ver la ambigüedad que tiene el nuevo título.

Todo esto se puede observar al estudiar las diferencias entre los dos versiones de los documentos, en la parte de cuantificación de la exigencia ha desaparecido en la nueva versión el apartado que habla de la limitación de la demanda energética del edificio, dentro de la cual se establecen unos valores límite de demanda energética de calefacción según la zona climática.

“La demanda energética de calefacción del edificio o la parte ampliada, en su caso, no debe superar el valor límite $D_{cal,lim}$ obtenido mediante la siguiente expresión:

$$D_{cal,lim} = D_{cal,base} + F_{cal,sup} / S$$

donde,

$D_{cal,lim}$ es el valor límite de la demanda energética de calefacción, expresada en $kW \cdot h/m^2 \cdot año$, considerada la superficie útil de los espacios habitables;

$D_{cal,base}$ es el valor base de la demanda energética de calefacción, para cada zona climática de invierno correspondiente al edificio, que toma los valores de la tabla 2.1;

$F_{cal,sup}$ es el factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, que toma los valores de la tabla 2.1;

S es la superficie útil de los espacios habitables del edificio, en m^2 “.

Fuente: Artículo 2.2. DB-HE 2013

Tabla 2.1 Valor base y factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción

	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
$D_{cal,base} [kW \cdot h/m^2 \cdot año]$	15	15	15	20	27	40
$F_{cal,sup}$	0	0	0	1000	2000	3000

Demanda energética de calefacción

Fuente: Artículo 2.2. DB-HE 2013

También establecía un valor límite para la demanda energética de refrigeración, valor muy importante debido a los climas que se dan en España, donde los veranos son muy calurosos.

“La demanda energética de refrigeración del edificio o la parte ampliada, en su caso, no debe superar el valor límite $D_{ref, lim} = 15 kW \cdot h/m^2 \cdot año$ para las zonas climáticas de verano 1, 2 y 3, o el valor límite $D_{ref, lim} = 20 kW \cdot h/m^2 \cdot año$ para la zona climática de verano 4.”

Fuente: Artículo 2.2. DB-HE 2013

Con esta actualización de 2019 se deja de controlar la optimización energética de un proyecto, es decir, no habría un límite de demanda energética, por lo que no importaría la orientación, compactidad, inercia, etc. del edificio. Sería suficiente con cumplir la transmitancia térmica media límite exigida por este documento.

El CTE debe **encaminarse a conseguir edificios de consumo casi nulo** a través de estrategias pasivas principalmente, como se refleja en el DB-HE-1 a través de la construcción de la envolvente. Cuando sea necesario, se estudiará el aporte de energía mediante instalaciones muy eficientes, de manera que el consumo de estas sea mínimo, de ahí la necesidad de restablecer este apartado.

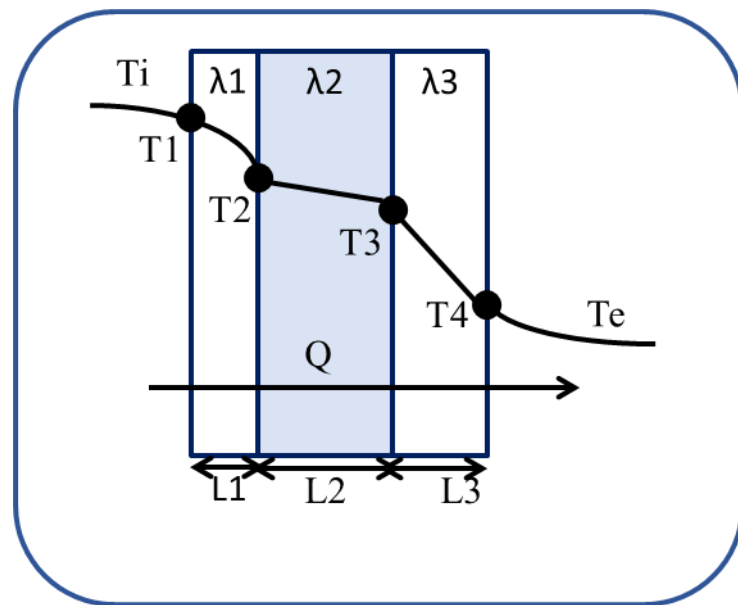
Tampoco han aprovechado esta actualización para introducir una herramienta de diseño energético que sea capaz de proporcionar a los arquitectos un mecanismo de control de confort en verano, como ya hacen algunas herramientas de estándares de edificios pasivos. Según el CTE, diseñaremos los edificios de manera automática para el confort en los meses de verano. Raramente conseguiremos edificios con un confort adecuado sino se estudia su diseño, obteniendo graves consecuencias de salud en edificios debido a los sobrecalentamientos.

4.2. CONTINUIDAD EN EL AISLAMIENTO

El objetivo principal es **ahorrar energía**. Un edificio de consumo casi nulo se debe mayoritariamente a la envolvente.

La envolvente resuelve funciones básicas de los edificios como: proteger del ruido, de las condiciones ambientales higrométricas y térmicas y preserva la estructura del edificio, pudiendo incluso formar parte del sistema estructural.

Desde el punto de vista energético, la envolvente térmica del edificio se interpreta como una piel, a través de la cual se produce la mayor parte del intercambio de calor entre el ambiente interior y el exterior, por lo que hay que tratar esta piel con cuidado para poder garantizar unas condiciones de confort en el interior.



Pérdidas de calor por transmisión.
Fuente: Elaboración propia

La transmisión de calor a través de la envolvente se produce por conducción principalmente y podemos medirla con el parámetro de transmitancia térmica del cerramiento U [W/m^2K]. En invierno se pierde calor del interior al exterior ($T_i > T_e$), y en verano, al contrario, entra calor del exterior.

Debido a las pérdidas producidas a través de la envolvente, CTE en su última actualización añade el **parámetro de compactidad**, de manera que tiene en cuenta la superficie de piel del edificio en relación con el tamaño de volumen interior, siendo lo más lógico construir un edificio minimizando la superficie de piel pero manteniendo el volumen interior.

4.2.1. Diferenciación de espacios.

En el **anexo C del DB HE** se define la envolvente térmica como: *“aquella que esta compuesta por todos los cerramientos y particiones interiores, incluyendo sus puentes térmicos, que delimitan todos los espacios habitables del edificio o parte del edificio. No obstante, a criterio del proyectista:*

a) podrá incluirse alguno o la totalidad de los espacios no habitables.

b) podrán excluirse espacios tales como:

i) espacios habitables que vayan a permanecer no acondicionados durante toda la vida del edificio, tales como escaleras, ascensores o pasillos no acondicionados,

ii) espacios muy ventilados, con una ventilación permanente de, al menos, 10 dm^3/s por m^2 de área útil de dicho espacio,

iii) espacios con grandes aberturas permanentes al exterior, de al menos 0,003 m^2 por m^2 de área útil de dicho espacio.”⁷

A la hora de hablar de la transmitancia térmica de la envolvente térmica, es muy importante tener claro cuál es la envolvente de nuestro edificio, **diferenciando** claramente los espacios que son **habitables de los no habitables** y teniendo claro por donde se producen las pérdidas.

Por ejemplo, un forjado sanitario va a estar muy ventilado y por lo tanto este espacio funcionará como un espacio no habitable, por lo que el aislamiento habrá que colocarlo en la parte superior de este forjado sanitario, de forma que evitemos cualquier pérdida de calor que pueda haber por este suelo.

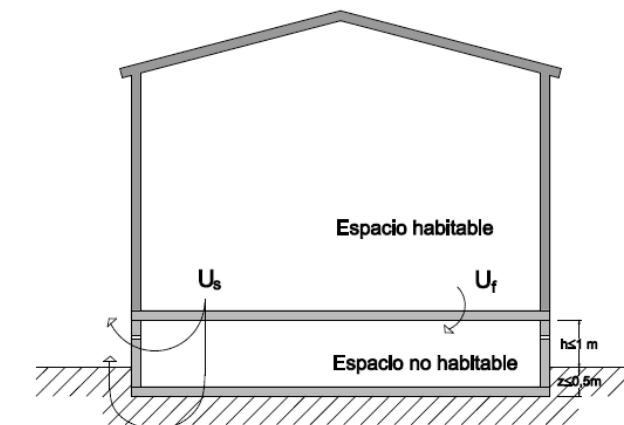


Figura 7 Cámaras sanitarias

Suelos en contacto con cámaras sanitarias.
Fuente: DA_DB-HE-1

⁷ Anexo C. Código Técnico de la Edificación, DB-HE 2019

De esta forma podemos saber donde hay que colocar el aislamiento para que las pérdidas de calor sean las mínimas posibles, porque aunque sean menores que en contacto con el exterior directamente, se producen unas pérdidas importantes. Ocurre igual con cerramientos en contacto con el terreno, con otros espacios no habitables,... El DA_DB-HE-1 nos ayuda a calcular la transmitancia de los distintos cerramientos, pero en ningún momento deja claro cuál sería la manera correcta de delimitar la envolvente de nuestro edificio.

En el **DB-HE de 2006** se incluía un esquema general de gran utilidad, que nos ayudaba a diferenciar los espacios que forman parte de la envolvente de un edificio de una manera clara.

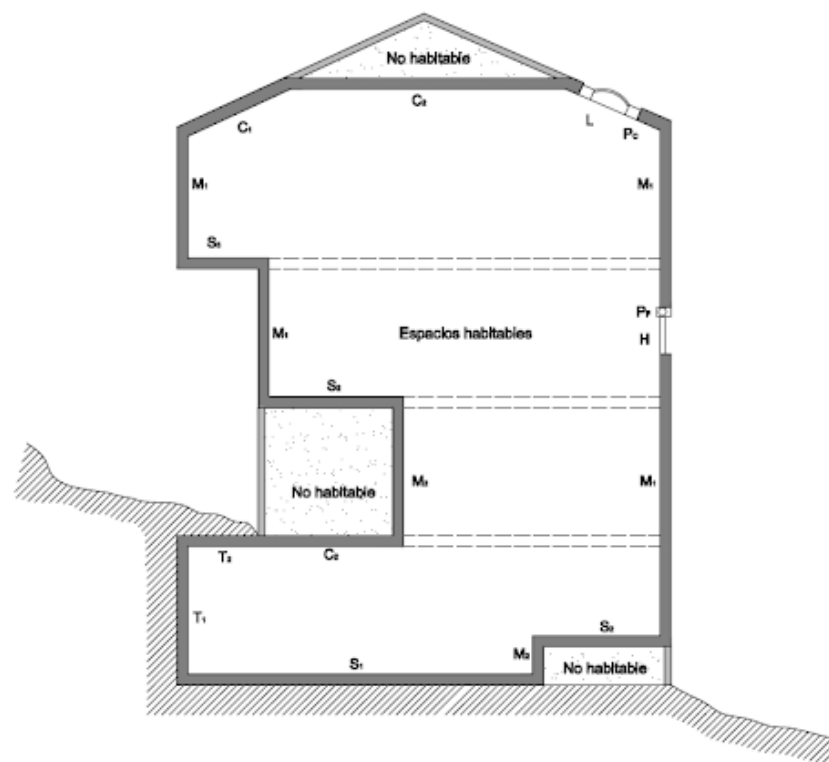


Figura 3.2 Esquema de envolvente térmica de un edificio

Esquema de envolvente térmica de un edificio.
Fuente: DB-HE-1 2006

Este esquema ha desaparecido en los posteriores documentos del CTE y se han limitado a analizar y diferenciar cada uno de los espacios en el DA_DB-HE-1, pero de manera aislada y sin establecer una idea general en el documento principal del DB-HE. Lo ideal sería, que aunque se diferenciase en el documento de apoyo cada caso específico con las aclaraciones oportunas para calcular la transmitancia, que en el documento principal cuando habla de la transmitancia de la envolvente térmica, apareciese este esquema de envolvente térmica de un edificio.

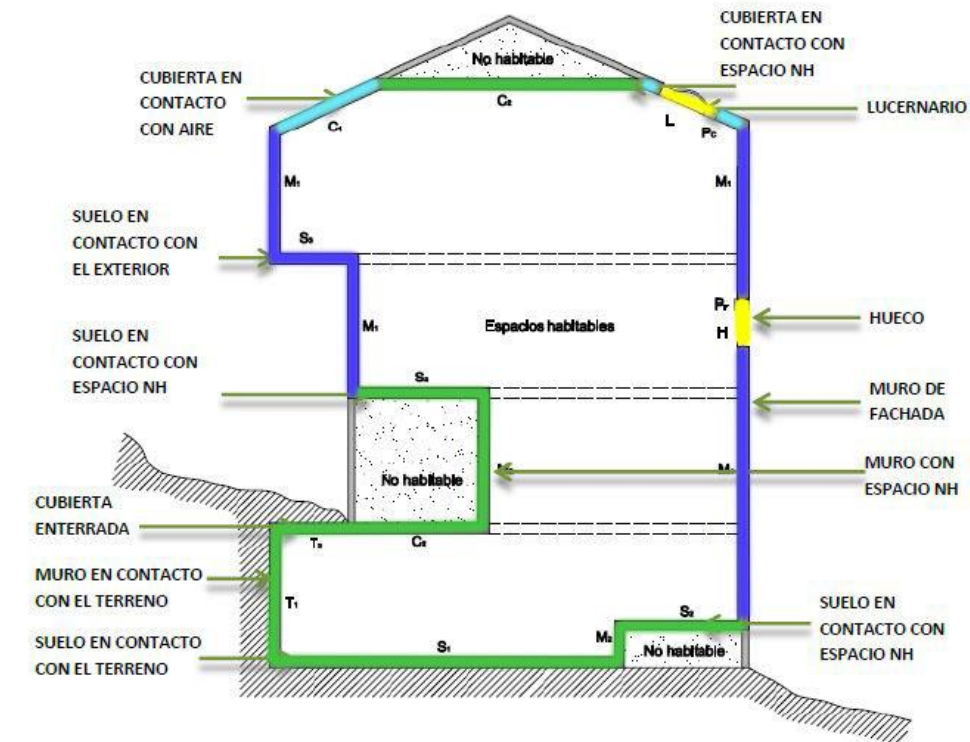


Tabla 3.1.1.a - HE1 Valores límite de transmitancia térmica, U_{lim} [W/m^2K]

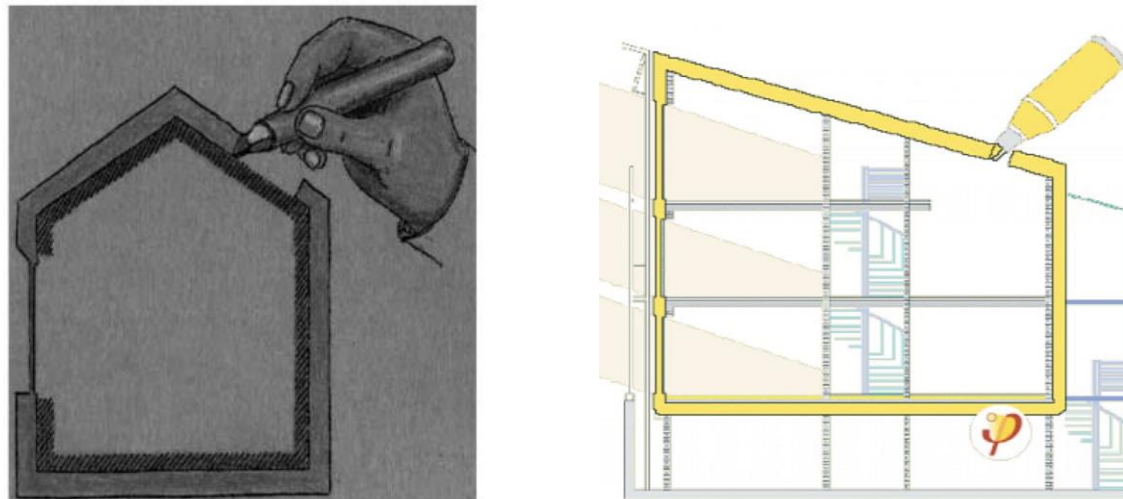
Elemento	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior (U_S, U_M)	0,80	0,70	0,56	0,49	0,41	0,37
Cubiertas en contacto con el aire exterior (U_C)	0,55	0,50	0,44	0,40	0,35	0,33
Muros, suelos y cubiertas en contacto con espacios no habitables o con el terreno (U_T) Medianerías o particiones interiores pertenecientes a la envolvente térmica (U_{MD})	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,59
Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana) (U_H) [*]	3,2	2,7	2,3	2,1	1,8	1,80
Puertas con superficie semitransparente igual o inferior al 50%					5,7	

Esquema de envolvente térmica y valores límite de transmitancia de los diferentes cerramientos.
Fuente: DB-HE 2007 (esquema) y DB-HE 2019 (valores transmitancia). Elaboración propia

Como se puede observar en este esquema, a parte de definir de forma precisa cual será la envolvente térmica del edificio, nos muestra como esta envolvente térmica con su correspondiente **capa de aislamiento debe ser continua**.

4.2.2. Capa continua del aislamiento. “Regla del rotulador”

Gracias al desarrollo de una adecuada capa de **aislamiento continuo** en la envolvente se mejora el comportamiento térmico del edificio, sobretodo en invierno, cuando la variación de temperatura entre el exterior y el interior es demasiado grande. Se puede reducir de una manera significativa el consumo total del edificio gracias a esta **estrategia pasiva**, que permite reducir de manera directa todas las pérdidas.



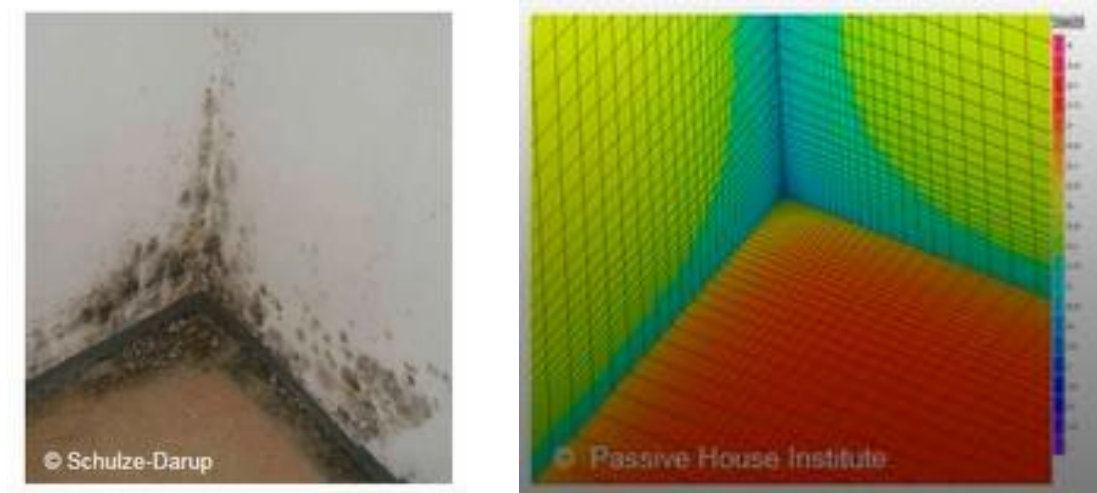
Capa continua de aislamiento. “Regla del rotulador”
Fuente: Passive House Institute (PHI)

En concreto, para conseguir la capa de aislamiento continuo y, por lo tanto, un edificio de consumo casi nulo, habría que diseñar con la «regla del rotulador» (crear una envolvente térmica sin discontinuidades de forma que se dibuje una línea continua sin levantar el rotulador). Esto supondría crear una capa de aislamiento continua, sin interrupciones, con un espesor regular y libre de puentes térmicos.

El Código Técnico de la Edificación en ningún momento menciona la “**Regla del rotulador**”, una estrategia muy importante para poder llegar a conseguir un edificio de consumo casi nulo. Si es cierto que da algunas pinceladas en el DA_DB-HE-3, donde muestra la importancia de mantener la continuidad del aislamiento en los detalles constructivos. En este Documento de Apoyo se plantea un atlas de puentes térmicos y sus posibles soluciones para no crear discontinuidades en el aislamiento en los encuentros.

4.2.3. Importancia de los puentes térmicos.

Si se dan **interrupciones en la capa de aislamiento** de la envolvente térmica, se generan **puentes térmicos**, puntos débiles de la envolvente por los que se perderá energía. Aunque en España el problema de perder calor por estos puntos no es tan grave como en otros países, debemos tener en cuenta que los puentes térmicos pueden dar problemas de condensaciones y de humedades y, por lo tanto, pueden ocasionar problemas de salud a los ocupantes del edificio.



Condensaciones intersticiales y moho superficial (síntoma habitual en las esquinas interiores)
Fuente: Passive House Institute (PHI)

Los puentes térmicos tienen una mayor importancia cuando la envolvente térmica tiene una transmitancia mínima, es decir, en edificios con bajas calidades energéticas en la envolvente apenas habrá puentes térmicos porque las mayores pérdidas se producen a través de la envolvente. Por ejemplo, en una vivienda convencional donde los muros no están aislados, habrá muchas pérdidas por la pared y el efecto del puente térmico no se notará.

Por ello, si queremos llegar a conseguir un edificio de consumo casi nulo deberemos tener cuidado de que no existan puentes térmicos, y si los hubiese en lugares donde no podamos evitarlos, intentar minimizarlos en la medida de lo posible.

CTE, aunque si nos dice cómo podemos calcular las pérdidas en puentes térmicos en el DA_DB-HE-3, no establece ningún **valor límite para limitar las pérdidas por puentes térmicos**. Es decir, podríamos diseñar una envolvente con unos paramentos de una transmitancia muy baja ($U_M = 0,1$) y luego no cuidar los puentes térmicos, pero como la transmitancia de los paramentos es muy buena cumpliríamos con los valores de transmitancia límite del CTE (por ejemplo $U_{lim} = 0,49$). Por ello, algunos de los estándares de eficiencia energética más importantes ya han limitado las pérdidas por puentes térmicos, por ejemplo, manteniendo la pérdida a través de los puentes

térmicos por debajo del 5% del total de las pérdidas de los cerramientos o limitar la transmitancia térmica lineal a un valor máximo de 0,01 W/mK.

Como he comentado en el apartado anterior, CTE plantea en DA_DB-HE-3 como mantener la continuidad del aislamiento en algunos detalles tipo para así evitar condensaciones.

**Documento de Apoyo al Documento Básico
DB-HE Ahorro de energía
Código Técnico de la Edificación**

DA DB-HE / 3

Puentes térmicos

Fuente: Código Técnico de la Edificación

Dada la importancia que tienen los puentes térmicos para el diseño de edificios de consumo casi nulo, CTE, además de **establecer un valor límite**, debería darle **más importancia en el documento principal DB-HE**, dentro del apartado HE1. Aunque sigan apareciendo cálculos y algunos detalles tipo en el Documento de Apoyo, como complemento a lo referido en el documento principal.

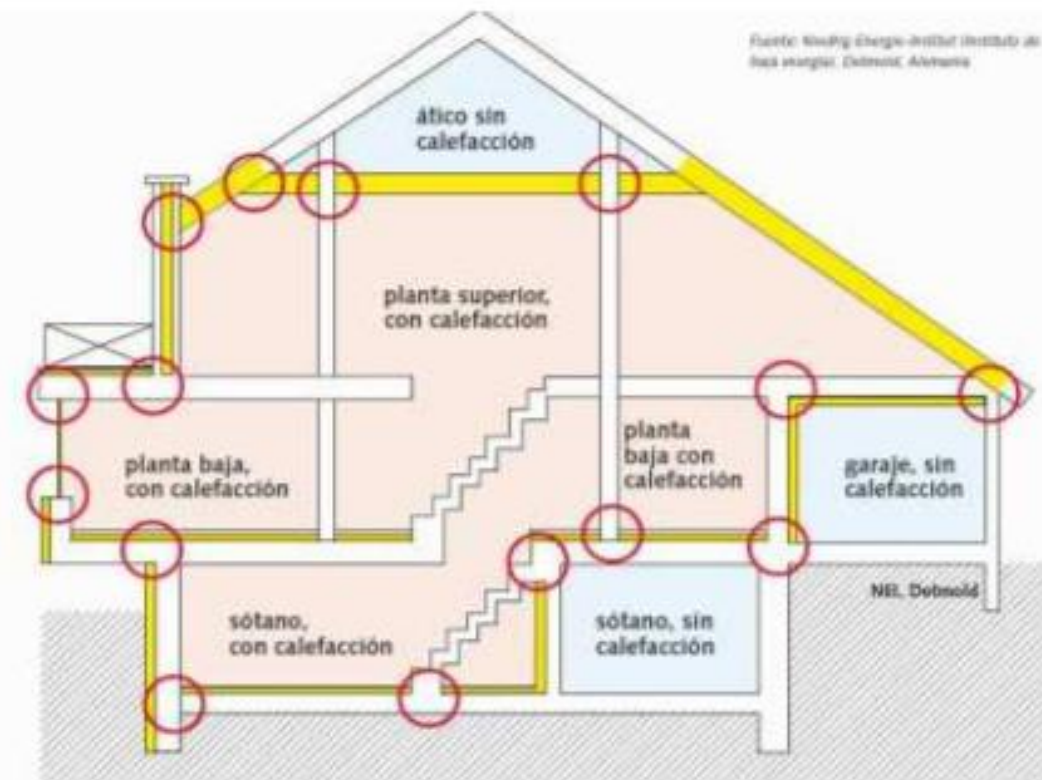
Tradicionalmente se han asociado los puentes térmicos con las ventanas y carpinterías ya que son los lugares donde se nota más la pérdida de calor y la formación de condensaciones. Es un gran error no tener en cuenta otros puntos como los cantos de forjado, las vigas y los pilares.



Puentes térmicos en frentes de forjado y pilares
Fuente: Termagraf. Enriquealario

Según el Código Técnico de la Edificación los puentes térmicos más comunes son:

- a) Puentes térmicos integrados en los cerramientos:
 - i) pilares integrados en los cerramientos de las fachadas;
 - ii) contorno de huecos y lucernarios;
 - iii) cajas de persianas;
 - iv) otros puentes térmicos integrados;
- b) Puentes térmicos formados por encuentro de cerramientos:
 - i) frentes de forjado en las fachadas;
 - ii) uniones de cubiertas con fachadas;
 - iii) cubiertas con pretil;
 - iv) cubiertas sin pretil;
 - v) uniones de fachadas con cerramientos en contacto con el terreno;
 - vi) unión de fachada con losa o solera;
 - vii) unión de fachada con muro enterrado o pantalla;
- c) Esquinas o encuentros de fachadas, que, dependiendo de la posición del ambiente exterior se subdividen en:
 - i) esquinas entrantes;
 - ii) esquinas salientes;
- d) Encuentros de voladizos con fachadas;
- e) Encuentros de tabiquería interior con cerramientos exteriores.”⁸



Señalización de puentes térmicos habituales
Fuente: Plataforma de Edificación Passivhaus (PEP)

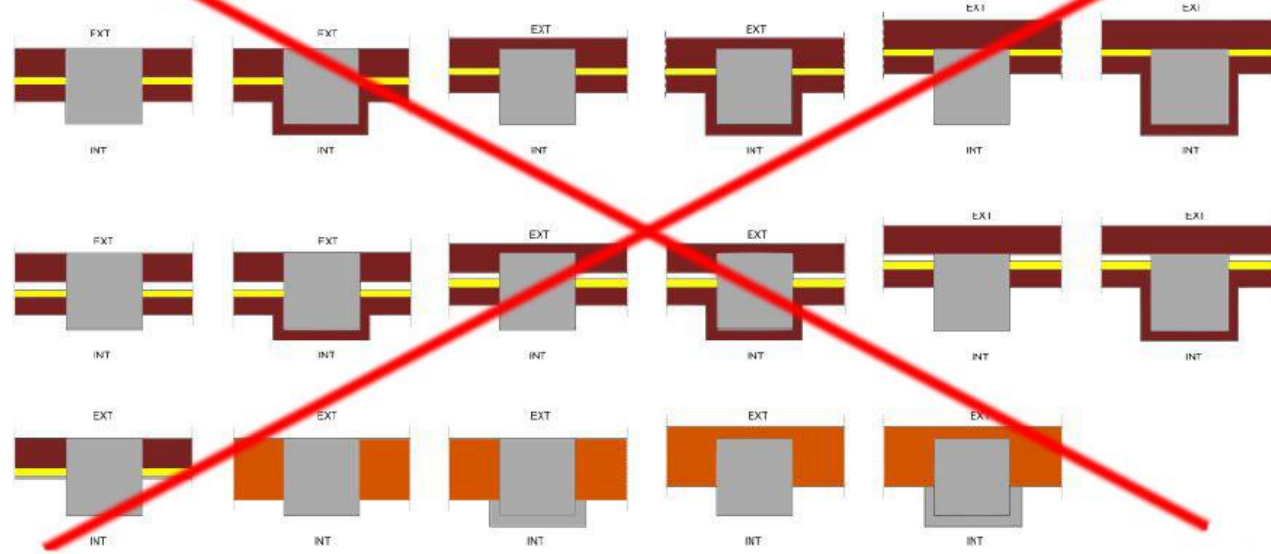
⁸ Anejo A. Código Técnico de la Edificación, DB-HE 2019

En el **DA_DB-HE-3** se establecen métodos de cálculo para saber los valores de transmitancia térmica lineal que tienen los distintos tipos de puentes térmicos más habituales. En ningún momento, aunque en los valores se vea que la transmitancia es menor, se habla de que lo que debemos conseguir es la continuidad del aislamiento para así evitar cualquier puente térmico y poder diseñar con la “Regla del rotulador” mencionada anteriormente.

Grupo 2: Pilares integrados en fachada sin continuidad del aislamiento de fachada

Este grupo recoge los detalles de pilares integrados en fachada en los que se interrumpe la continuidad del aislante del muro o los detalles sin aislamiento térmico.

Aislamiento interrumpido por el pilar



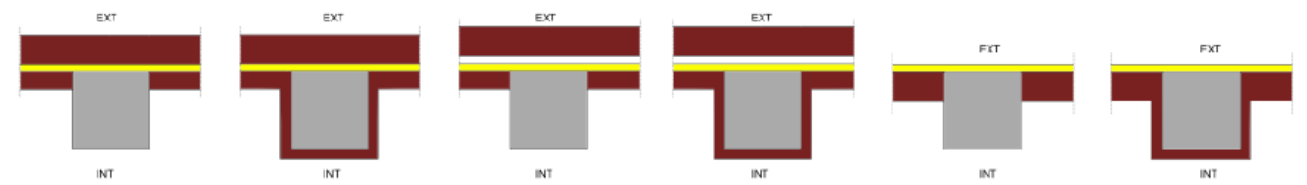
Pilares integrados en la fachada sin continuidad del aislamiento de fachada
Fuente: DA_DB-HE-3

Está bien que se ayude a calcular cuáles son las pérdidas a través de los puentes térmicos, pero si queremos conseguir edificios de consumo casi nulo (NZEB), esto debería darse únicamente cuando por circunstancias del diseño no se pueda evitar tener estos puentes térmicos. Debería dejarse más claro qué se debe hacer y qué no y cuál es el camino a seguir, potenciando construir con un diseño que preste especial atención a la envolvente térmica del edificio, siendo planificada y ejecutada con mucho cuidado.

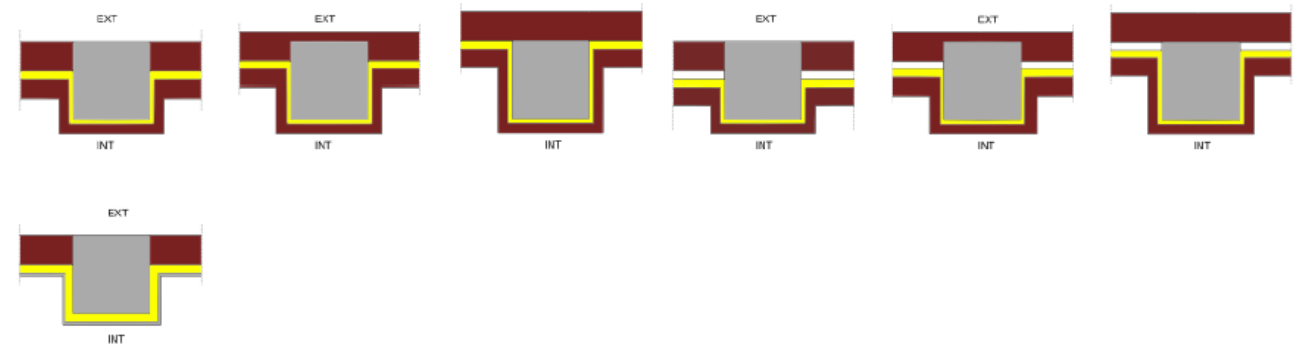
“Evitar los puentes térmicos en el diseño de un edificio puede llegar a ser una de las medidas más eficientes de ahorro energético que se pueden tomar”

Grupo 1: Pilares integrados en fachada con continuidad del aislamiento de fachada

Aislamiento continuo por el exterior del pilar



Aislamiento continuo por el interior



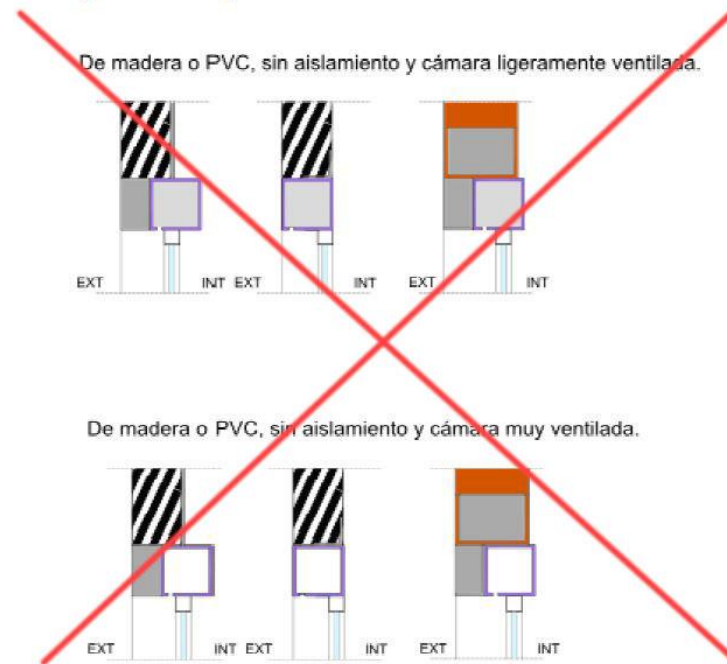
Pilares integrados en la fachada con continuidad del aislamiento de fachada
Fuente: DA_DB-HE-3

CTE menciona “*Se considera igualmente que el aislamiento es continuo aunque el que protege el pilar sea de otro tipo o espesor.*”. Aunque el aislamiento sea continuo, el espesor debe ser el mismo que en el cerramiento o al menos, si es de otro tipo, tener una transmitancia similar al del cerramiento principal, ya que la transmitancia del pilar es muy alta y lo que evita pérdidas es el aislamiento. Por ejemplo, no podemos variar de un espesor de 8 cm de aislamiento en el cerramiento principal a un espesor de 2 cm en el recubrimiento del pilar, porque aunque no haya puente térmico, sigue habiendo una pérdida importante al ser mínimo el espesor del aislamiento.

En este caso se ha estudiado las características de aislamiento en pilares integrados en fachada en el DA_DB-HE-3, sucede igual con otro tipo de puentes térmicos como huecos, capialzados, encuentros con forjados, ... Todos ellos deberían ser revisados y estudiados con suma atención, buscando siempre la misma idea, diseñar y construir edificios lo más eficientes posibles, NZEB.

4.2.3.1. Capialzados.

Grupo 2: Capialzados de PVC o madera sin aislamiento

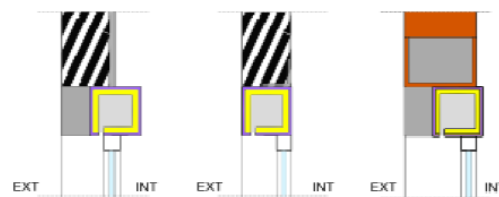


Capialzado sin aislamiento
Fuente: DA_DB-HE-3

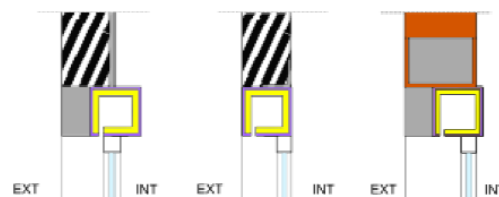
No se debería permitir en edificios nuevos la instalación de ventanas con cajas de persiana sin un mínimo de aislamiento térmico, ya que se trata de un puente térmico muy grande.

Grupo 1: Capialzados de PVC o madera con aislamiento

De madera o PVC, con aislamiento y cámara ligeramente ventilada.

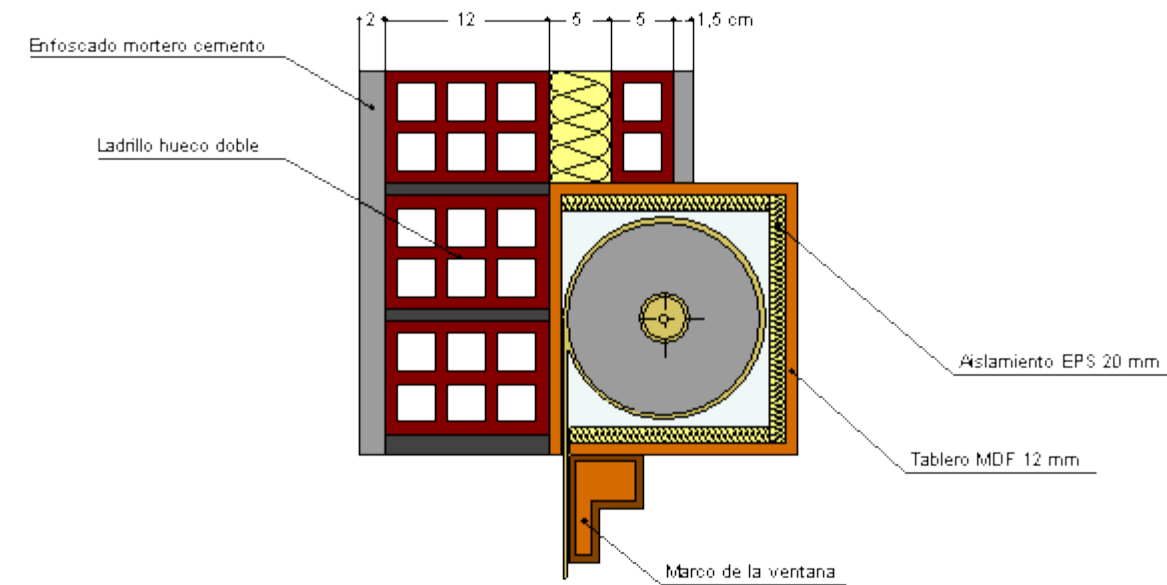


De madera o PVC, con aislamiento y cámara muy ventilada.



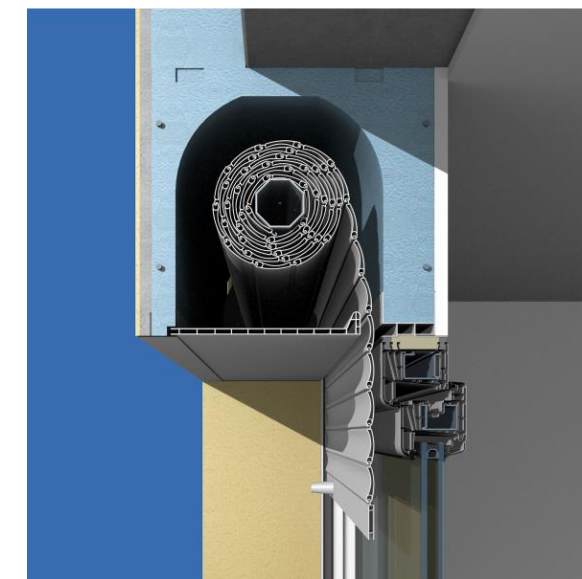
Capialzado con aislamiento
Fuente: DA_DB-HE-3

Si es cierto que el puente térmico en cajas de persiana ha ido solucionándose al añadir aislamiento en el interior, pero debemos tener cuidado ya que el aislamiento que se proyecta es de espesor mínimo en comparación con el que tiene la envolvente, produciéndose un punto débil en la envolvente. Los capialzados integrados en la carpintería no se utilizan en países con climas fríos, ya que **sigue siendo un puente térmico aunque se intente corregir con los nuevos sistemas.**



Capialzada con aislamiento como el detalle CTE
Fuente: Guía de puentes térmicos. iMventa Ingenieros

Algunas marcas comerciales si han propuesto soluciones bastantes eficientes a la hora de diseñar la caja de persiana, pero aún así es un punto de la envolvente al cual debemos prestar atención a la hora de su diseño porque sigue siendo un punto débil.



Solución adecuada de capialzada con suficiente aislamiento
Fuente: Technal ES

Si al diseñar la envolvente no conseguimos solucionar el puente térmico del capialzado, se pueden proponer otras soluciones como la contraventana.



Contraventana articulada en tijera
Fuente: Technal ES

4.2.3.2. Huecos

En el DA_DB-HE-3 del CTE nos muestra las pérdidas térmicas lineales entre los huecos y los cerramientos opacos, mostrándose como los valores más bajos se dan con la continuidad del aislamiento de fachada y la carpintería, el resto de casos donde no hay continuidad deberían evitarse si se quieren construir NZEB.

El CTE no tiene en cuenta el puente térmico que se produce entre la carpintería y la fachada durante la **puesta en obra**, ya que las ventanas son muy difíciles de colocar sin crear pequeños puentes térmicos. Algunos de los estándares de eficiencia energética cuenta con un **coeficiente de minoración** debido a la puesta en obra para calcular la transmitancia de la ventana. Por suerte, los fabricantes cada vez están más concienciados con estos temas y se colocan prácticamente sin puentes térmicos.

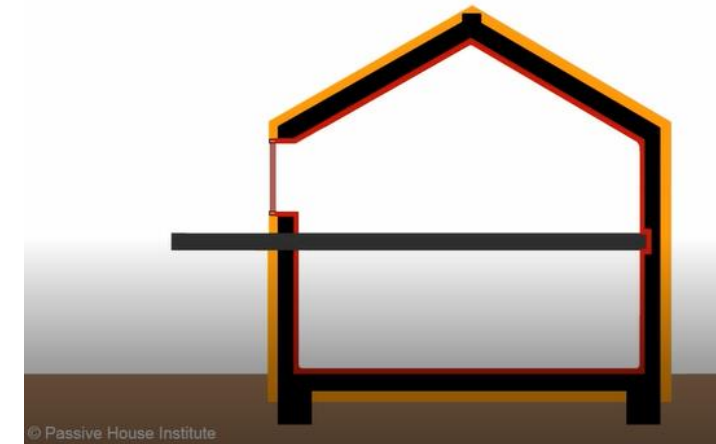


Detalle de una ventana correctamente colocada para evitar puentes térmicos
Fuente: Arrevol

4.2.3.3. Balcones

Según CTE, uno de los puentes térmicos más comunes se produce cuando se encuentran voladizos con fachadas pero en este caso no nos propone la solución a tomar en el Documento de Apoyo al igual que hacia con los demás puentes térmicos comunes, ni tampoco nos detalla las pérdidas térmicas lineales.

Claramente, el **voladizo** de un balcón al contar con una continuidad de la estructura provoca una importante discontinuidad en la envolvente térmica del edificio, por lo que hay que tenerlo en cuenta a la hora de diseñarlo para evitar los puentes térmicos.



Envolvente térmica continua con discontinuidad en encuentro de fachada con voladizo.
Fuente: Passive House Institute

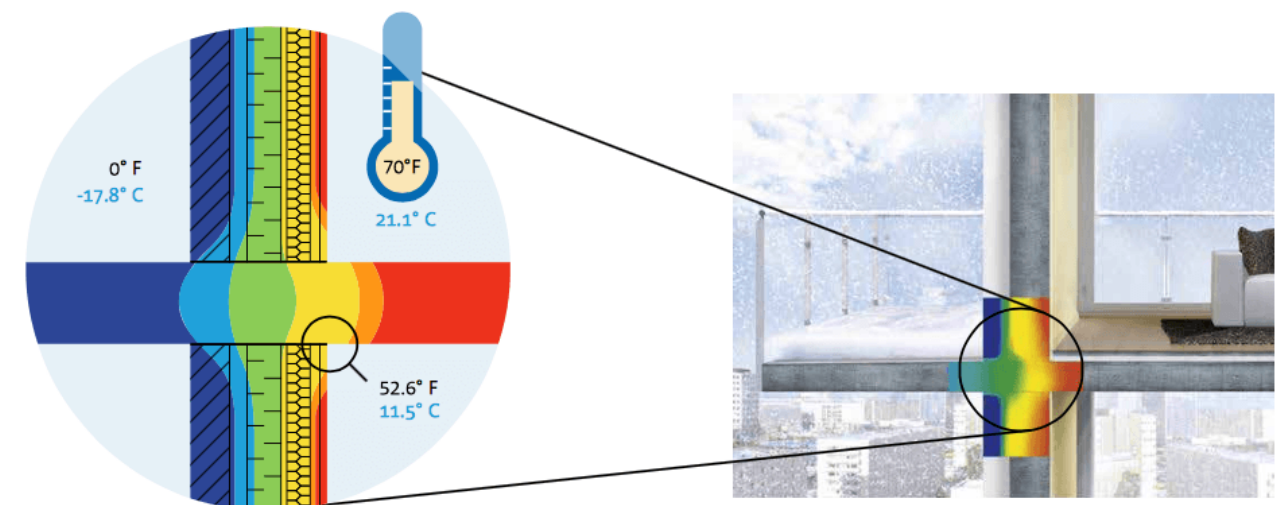
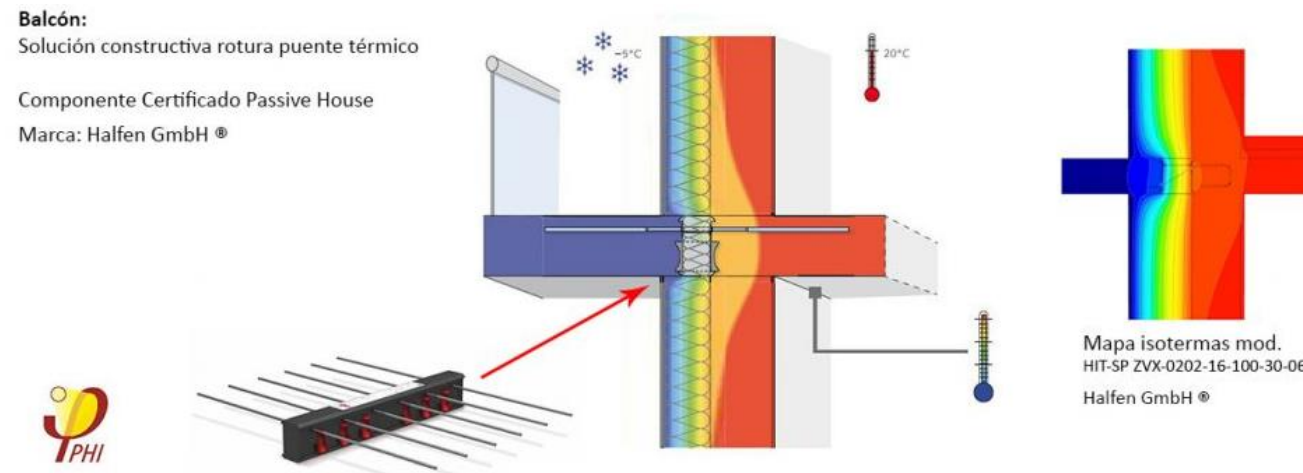


Imagen termográfica en encuentro de fachada con voladizo.
Fuente: efENERGÍA

De esta forma, la solución más sencilla sería envolver el vuelo del voladizo con la capa de aislamiento térmico, para así, mantener la continuidad de la envolvente térmica.

Otra solución, aunque algo más compleja de llevar a cabo, sería crear una ruptura del puente térmico a través del uso de **soluciones técnicas** que permitan la continuidad estructural del voladizo sin disminuir su capacidad de carga, introduciendo en el nudo un material de baja conductibilidad, disminuyendo las pérdidas en este punto entre el interior y el exterior y garantizando prácticamente la continuidad de la capa de aislamiento.

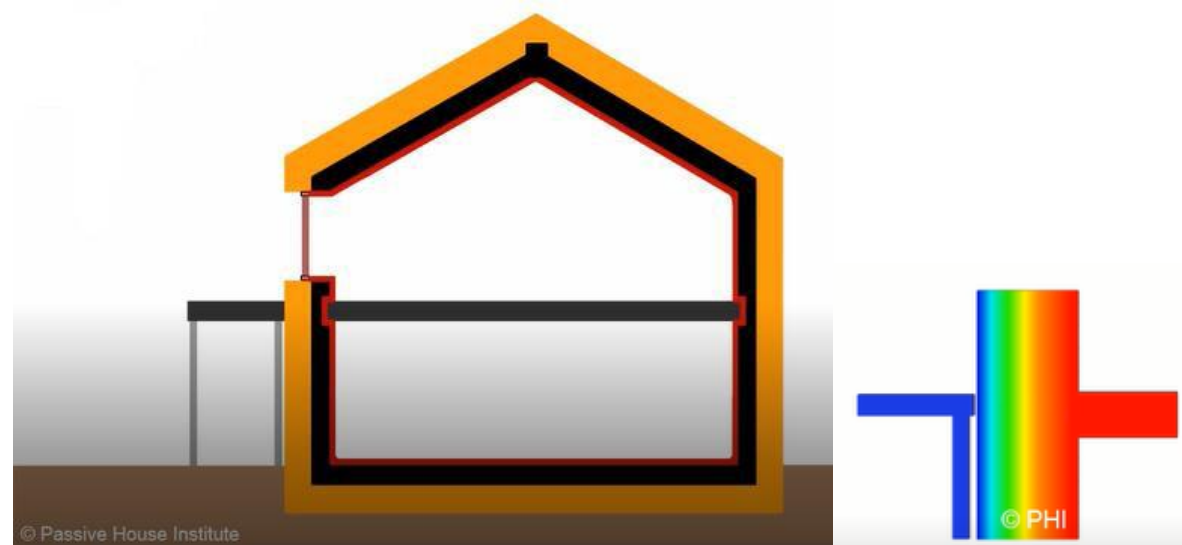


Ruptura puente térmico en saliente estructural –Componente certificado Passivhaus
Fuente: Passive House Institute



Edificio con balcón autoportante
Fuente: Passive House Institute

También podríamos crear un balcón con **estructura autoportante**, de manera que esté totalmente aislado de la estructura principal del edificio. De esta forma solo existen dos penetraciones correspondientes a los puntos de fijación y, por lo tanto, la capa de aislamiento seguirá siendo continua. Esta solución compromete a la estética de la fachada.



Ruptura puente térmico en saliente estructural. Balcón autoportante
Fuente: Passive House Institute

4.2.4. Infiltraciones.

Con la “regla del rotulador” se busca conseguir una envolvente que sea estanca, de manera que no haya infiltraciones de aire no deseadas, como podrían ser pasos de instalaciones, pequeñas grietas, mala colocación de carpinterías, etc. Podrían suponer una pérdida térmica importante por lo que hay que tenerlas muy controladas.

Estas infiltraciones se pueden medir con el **test Brower Door**. Este test de presión debería ser obligatorio para CTE ya que controla la hermeticidad de la envolvente térmica, tanto de los paramentos como de las ventanas y las uniones. De manera que la renovación higiénica y continua de aire (ventilación) del edificio se realice por lugares controlados como se verá más adelante en este trabajo.

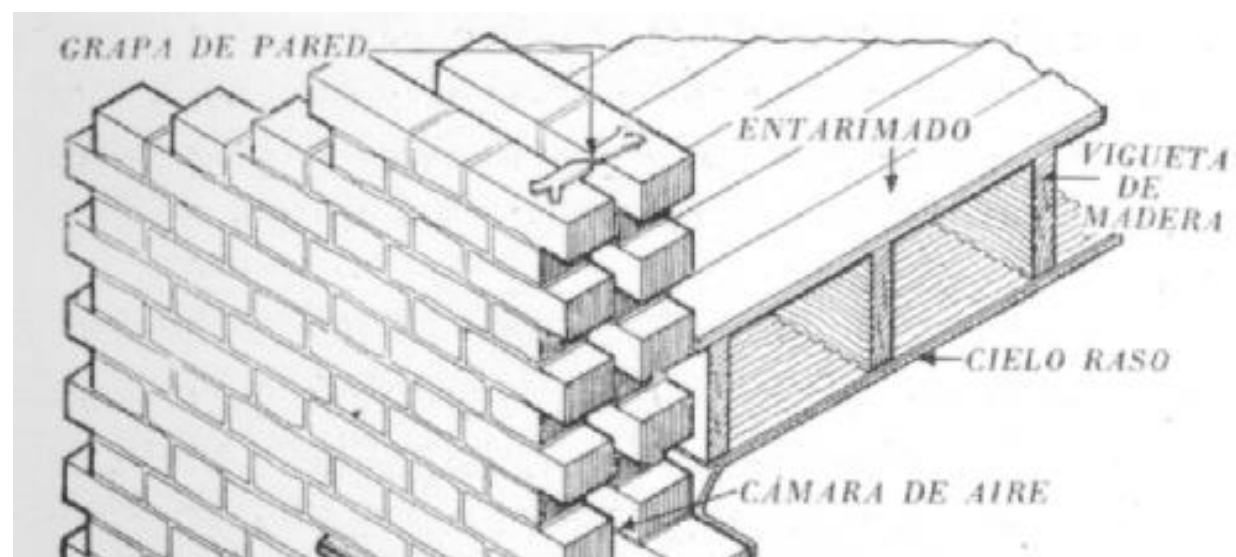
4.3. CÁMARA DE AIRE

4.3.1. Historia de las cámaras de aire.

Durante la historia de la construcción, las diferentes civilizaciones han ido adaptando las construcciones a su manera de vivir, siendo cada vez más acogedoras y confortables. Principalmente la mayoría confiaban en la **inercia térmica del grosor de sus cerramientos** de piedra, muros de tierra, tapial o adobe, que además de funcionar como sistema estructural, proporcionaban confort térmico a las construcciones.

No sería hasta la llegada de la revolución industrial, con el dominio de la tecnología a principios del siglo XX, cuando aparecería la idea de aislamiento térmico.

De hecho, no fue hasta finales del siglo XIX, cuando se planteó un nuevo sistema constructivo, el **cavity wall** o pared hueca, hasta ese momento nunca se habría pensado que una fachada hueca presentaría mejores propiedades que una maciza. Por primera vez, el muro exterior se desdoblaba en dos hojas de ladrillo, una interior de capacidad portante, con más sección y otra exterior, que cerraba la envolvente del edificio. Entre ellas se dejaba una **cámara de aire** a través de la que circulaba el aire y se evitaba el riesgo de condensaciones, al mismo tiempo que se mejoraba ostensiblemente el aislamiento térmico.

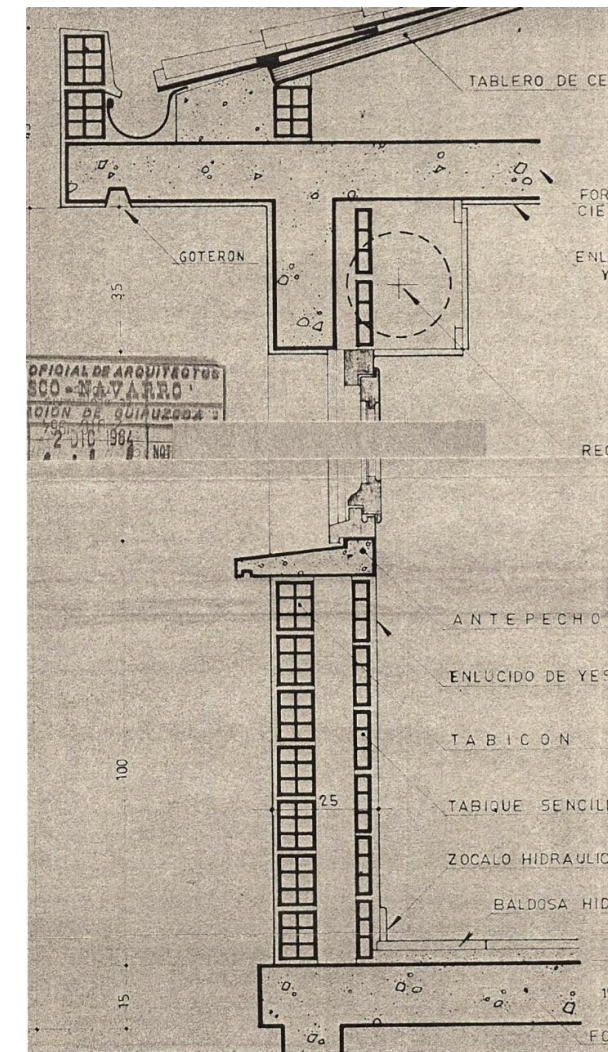


Cámara de aire en fachada de doble hoja de ladrillo con forjado de madera.
Fuente: Historia del aislamiento térmico. Stepien y Barnó

Nacen así, el **Estilo Internacional y la Bauhaus**, con una forma de proyectar pensando en la sociedad donde la luz, el espacio y la ventilación eran las principales pautas a la hora de diseñar, combatiendo la falta de higiene de muchas de las viviendas de la época.

En este periodo de guerras, un grupo de arquitectos liderado por Mies y Le Corbusier, empezaron a experimentar con nuevos sistemas constructivos (prefabricación, estandarización...) y con arquitecturas austeras, sin ornamento.

En **España**, arquitectos como Coderch, Oiza, Alejandro de la Sota, entre otros, empezaron a introducir poco a poco las cámaras de aire en sus edificios.



Detalle constructivo del conjunto de 697 viviendas residenciales en el País Vasco, redactado en 1964 por Ramón Gabaráin

Fuente: Instituto de ciencias de la construcción Eduardo Torroja

Las fachadas eran de una única hoja, sin cámara de aire, sobretudo en edificios más industriales, o de dos hojas con cámara de aire, pero siempre sin aislamiento. Lo más probable en **uso residencial** es encontrar de **dos hojas con cámara de aire**. Esta cámara de aire se construía para procurar aislamiento térmico ya que aumentaba la resistencia térmica del cerramiento. **Durante años ha sido la única forma de proporcionar aislamiento térmico** al no conocer otros sistemas.

Con la aparición de los materiales aislantes, la cámara de aire empieza a no tener sentido y llega un momento en el que incluso llega a ser un problema, por ello la obsolescencia térmica y la obsolescencia por condensaciones. (apartado 4.3.3)

4.3.2. Aparición del aislamiento térmico.

Uno de los pioneros del uso de aislamiento en sus edificios fue el arquitecto alemán Walter Gropius en la casa 20, lo podemos ver en la exposición Weissenhof. Introdujo en la fachada finas láminas de fonitram junto con un aislamiento de fibra de vidrio.

Poco a poco se fue introduciendo aislamiento en el interior de la fachada con dos hojas de ladrillo y cámara de aire. Cada vez se buscaba una sección más óptima que fuese capaz de permitir una temperatura adecuada en las viviendas. No obstante, estas soluciones constructivas presentaban muchos puentes térmicos que daban problemas de infiltraciones de agua y de humedad.



Diferentes tipos de aislamiento térmico
Fuente: Arrevol Arquitectos

En **España**, no será hasta 1979, cuando se desarrolla la **NBE-CT 79** (Normas Básicas de Edificación, Código Técnico 1979), cuando aparecerán viviendas con algo de aislamiento junto a la cámara de aire. No obstante, ya se podían observar algunos edificios puntuales que contaban con aislamiento.

En los años 80, como mucho se colocaban entre 1 y 2 cm de aislamiento térmico junto a la cámara de aire. Más adelante, durante los 90 en ocasiones se construía aplicando 3-4 cm de aislamiento, principalmente de poliuretano proyectado. A partir del 2000 se empezaron a usar también las placas de XPS, entre 4 y 6 cm. Este aislamiento aumenta debido a las prestaciones que pedía la sociedad y el mercado, pero no debido a la normativa que no era restrictiva.

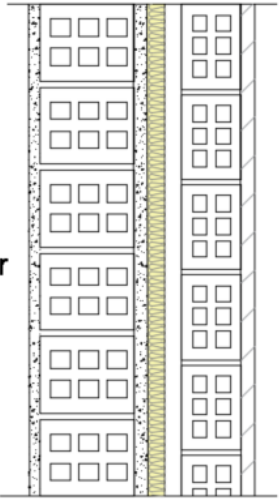
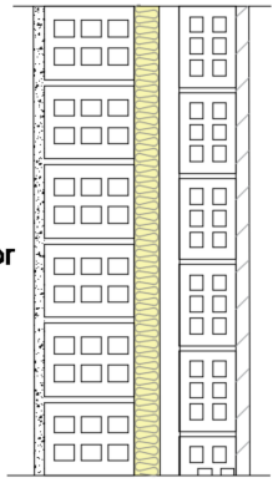
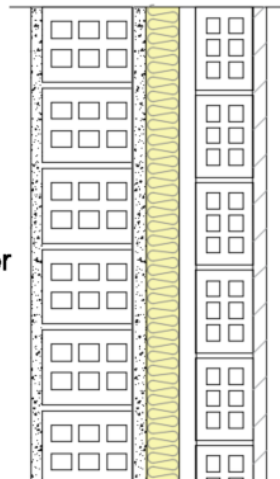
A continuación mostraremos un análisis gráfico de cómo ha ido evolucionando la envolvente de los edificios en España, mostrando las tipologías de cerramientos de fachada más comunes en cada periodo normativo con la transmitancia térmica correspondiente.

- Anterior a NBE-CT 79. Sin normativa técnica

ARQUITECTURA POPULAR	$U_M = 1,04 \text{ W/ m}^2\text{K}$
	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido $1000 < d < 1250 \rightarrow 2 \text{ cm}$ Roca natural porosa $d < 1600 \rightarrow 40 \text{ cm}$ Mortero de yeso $\rightarrow 2 \text{ cm}$
CERRAMIENTO DE UNA HOJA	$U_M = 2,08 \text{ W/ m}^2\text{K}$
	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido $1000 < d < 1250 \rightarrow 1,5 \text{ cm}$ Tabicón de LH triple $\rightarrow 11 \text{ cm}$ Enlucido de yeso $1000 < d < 1300 \rightarrow 2 \text{ cm}$
CERRAMIENTO DE DOS HOJAS	$U_M = 1,18 \text{ W/ m}^2\text{K}$
	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido $1000 < d < 1250 \rightarrow 1,5 \text{ cm}$ Tabicón de LH triple $\rightarrow 11 \text{ cm}$ Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido $1000 < d < 1250 \rightarrow 1,5 \text{ cm}$ Cámara de aire sin ventilar $\rightarrow 5 \text{ cm}$ Tabicón de LH doble $\rightarrow 7 \text{ cm}$ Enlucido de yeso $1000 < d < 1300 \rightarrow 2 \text{ cm}$

Fuente: Elaboración propia

- 1979-2005. NBE-CT 79.

<p>AÑOS 80. 1-2 cm aislamiento</p>  <p>Exterior Interior</p>	<p>$U_M = 0,78 \text{ W/ m}^2\text{K}$</p> <p>Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido $1000 < d < 1250 \rightarrow 1,5 \text{ cm}$</p> <p>Tabicón de LH triple $\rightarrow 11 \text{ cm}$</p> <p>Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido $1000 < d < 1250 \rightarrow 1,5 \text{ cm}$</p> <p>EPS Poliestireno Expandido $\rightarrow 2 \text{ cm}$</p> <p>Cámara de aire sin ventilar $\rightarrow 2 \text{ cm}$</p> <p>Tabicón de LH doble $\rightarrow 7 \text{ cm}$</p> <p>Enlucido de yeso $1000 < d < 1300 \rightarrow 2 \text{ cm}$</p>
<p>AÑOS 90. 3-4 cm aislamiento</p>  <p>Exterior Interior</p>	<p>$U_M = 0,59 \text{ W/ m}^2\text{K}$</p> <p>Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido $1000 < d < 1250 \rightarrow 1,5 \text{ cm}$</p> <p>Tabicón de LH triple $\rightarrow 11 \text{ cm}$</p> <p>PUR Proyección con CO2 celda cerrada $\rightarrow 3 \text{ cm}$</p> <p>Cámara de aire sin ventilar $\rightarrow 2 \text{ cm}$</p> <p>Tabicón de LH doble $\rightarrow 7 \text{ cm}$</p> <p>Enlucido de yeso $1000 < d < 1300 \rightarrow 2 \text{ cm}$</p>
<p>2000-2005. 4 -6 cm aislamiento</p>  <p>Exterior Interior</p>	<p>$U_M = 0,49 \text{ W/ m}^2\text{K}$</p> <p>Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido $1000 < d < 1250 \rightarrow 1,5 \text{ cm}$</p> <p>Tabicón de LH triple $\rightarrow 11 \text{ cm}$</p> <p>Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido $1000 < d < 1250 \rightarrow 1,5 \text{ cm}$</p> <p>XPS Expandido con CO2 $\rightarrow 5 \text{ cm}$</p> <p>Cámara de aire sin ventilar $\rightarrow 2 \text{ cm}$</p> <p>Tabicón de LH doble $\rightarrow 7 \text{ cm}$</p> <p>Enlucido de yeso $1000 < d < 1300 \rightarrow 2 \text{ cm}$</p>

Fuente: Elaboración propia

- 2006-Actualidad. CTE-HE.

En los años 90 y principios de 2000 se aumentó el espesor del aislamiento en algunos casos debido a las exigencias de mejora en la construcción que pedía la sociedad y el mercado, pero en general, la mayoría de viviendas tenía como mucho 1-2 cm de aislamiento como recomendaba la NBE CT-79.

Por ello, con la entrada en vigor del **CTE 2006** se endurecieron las exigencias con respecto al aislamiento que variaban según la zona climática en la que se encontrase la vivienda. Se mejoró la transmitancia térmica con respecto al periodo normativo anterior, al mismo tiempo que se marcaban unos valores máximos que no se podían superar de manera obligatoria. Aunque era una mejora importante, seguían siendo valores poco restrictivos ya que con muy poco espesor de aislamiento se podía cumplir con facilidad.

Tabla 2.1 Transmitancia térmica máxima de cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica U en W/m² K


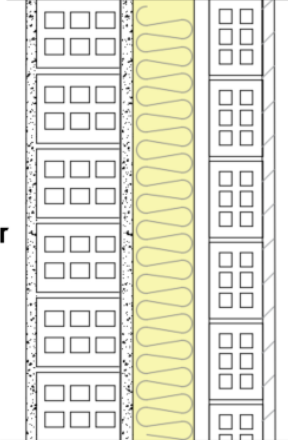
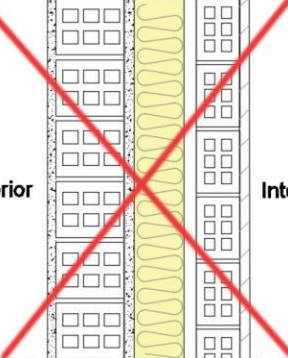
Cerramientos y particiones interiores	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Muros de fachada, particiones interiores en contacto con espacios no habitables, primer metro del perímetro de suelos apoyados sobre el terreno ⁽¹⁾ y primer metro de muros en contacto con el terreno	1,22	1,07	0,95	0,86	0,74
Suelos	0,69	0,65	0,65	0,64	0,62
Cubiertas	0,65	0,59	0,53	0,49	0,46
Vidrios y marcos ⁽²⁾	5,70	5,70	4,40	3,50	3,10
Medianerías	1,22	1,07	1,00	1,00	1,00

Transmitancia térmica máxima
Fuente: DB-HE 2006

Con la mejora de las normativas posteriores (**CTE 2013 y CTE 2019**) se han endurecido las exigencias estando cada vez más **cerca de edificios de consumo casi nulo**, pero resultando aún **insuficientes**. Para conseguirlo el espesor del aislamiento tendrá que aumentar, y por lo tanto, aumentará también el espesor del cerramiento, por lo que debemos plantearnos **reestructurar la composición de la envolvente**, olvidando los cerramientos tradicionales en España, para evitar cerramientos con un espesor considerable que nos quiten superficie útil y que nos limiten el diseño.

Evidentemente, el comportamiento térmico de un edificio no se debe exclusivamente a la composición constructiva de un cerramiento, pero al tratarse generalmente del elemento de la envolvente más significativo por la superficie que ocupa, podríamos decir que su composición y comportamiento pueden ser un reflejo a grandes rasgos del comportamiento térmico de un edificio.

En muchos edificios desarrollados después de la aparición del CTE, podemos observar cerramientos con espesores de aislamiento superiores a los exigidos por el CTE, esto se debe a que cada vez la sociedad está más concienciada con la importancia de tener una adecuada envolvente térmica. Pero esto no siempre es así, limitándose el diseño en muchas ocasiones a lo exigido en la normativa. Aunque CTE vaya siendo más restrictivo en cada actualización sigue siendo insuficiente.

<p>2006- 2012. 6 cm aislamiento</p>  <p>Exterior Interior</p>	<p>$U_M = 0,43 \text{ W/ m}^2\text{K}$</p> <p>Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido $1000 < d < 1250 \rightarrow 1,5 \text{ cm}$</p> <p>Tabicón de LH triple $\rightarrow 11 \text{ cm}$</p> <p>MW Lana mineral $\rightarrow 6 \text{ cm}$</p> <p>Cámara de aire sin ventilar $\rightarrow 2 \text{ cm}$</p> <p>Tabicón de LH doble $\rightarrow 7 \text{ cm}$</p> <p>Enlucido de yeso $1000 < d < 1300 \rightarrow 2 \text{ cm}$</p> <p>Problema: 30 cm espesor</p>
<p>2012-2019. 8 cm aislamiento</p>  <p>Exterior Interior</p>	<p>$U_M = 0,29 \text{ W/ m}^2\text{K}$</p> <p>Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido $1000 < d < 1250 \rightarrow 1,5 \text{ cm}$</p> <p>Tabicón de LH triple $\rightarrow 11 \text{ cm}$</p> <p>MW Lana mineral $\rightarrow 8 \text{ cm}$</p> <p>Cámara de aire sin ventilar $\rightarrow 2 \text{ cm}$</p> <p>Tabicón de LH doble $\rightarrow 7 \text{ cm}$</p> <p>Enlucido de yeso $1000 < d < 1300 \rightarrow 2 \text{ cm}$</p> <p>Problema: 32 cm espesor</p>
<p>Camino a seguir.</p>  <p>Exterior Interior</p>	<p>$U_M = ? \text{ W/ m}^2\text{K}$ (se estudiará después)</p> <p>Diseñar con sistemas constructivos más eficientes, con espesores considerables que no influyan en el diseño ni en la superficie útil, dándole una importancia especial al aislamiento y adaptando los sistemas constructivos tradicionales.</p>

Fuente: Elaboración propia

4.3.3. Obsolescencia.

4.3.3.1. Obsolescencia térmica.

Debido a la tradición de la construcción en España aún se siguen construyendo envolventes con cámaras de aire sin ventilar. Por ello, CTE sigue introduciendo la resistencia térmica de cámaras de aire sin ventilar para poder calcular la transmitancia de nuestros cerramientos. Si buscamos conseguir edificios de consumo casi nulo esta tabla ya no debería incluirse en el documento del CTE ya que no se debería construir envolventes con cámaras de aire sin ventilar.

Tabla 2 Resistencias térmicas de cámaras de aire [$\text{m}^2 \cdot \text{K/ W}$]

e (cm)	Sin ventilar	
	horizontal	vertical
1	0,15	0,15
2	0,16	0,17
5	0,16	0,18

Camaras de aire sin ventilar.
Fuente: DA_DB-HE-1 2019

En la siguiente tabla se compara la resistencia térmica dada en la tabla de CTE para una cámara de aire sin ventilar y la resistencia térmica de un aislamiento de conductividad $0,03 \text{ W/(mK)}$, acompañado de los valores de transmitancia.

e (cm)	Resistencia térmica cámara de aire ($\text{m}^2\text{K /W}$)	Transmitancia cámara de aire ($\text{W/ m}^2\text{K}$)	Resistencia térmica aislamiento ($\text{m}^2\text{K /W}$)	Transmitancia aislamiento ($\text{W/ m}^2\text{K}$)	Relación resistencia aislamiento / cámara de aire
1	0,15	6,66	0,33	3	2,2
2	0,17	5,88	0,66	1,5	3,9
5	0,18	5,55	1,66	0,6	9,2

Comparación de transmitancia de una cámara de aire y un aislamiento para el mismo espesor.
Fuente: Elaboración propia

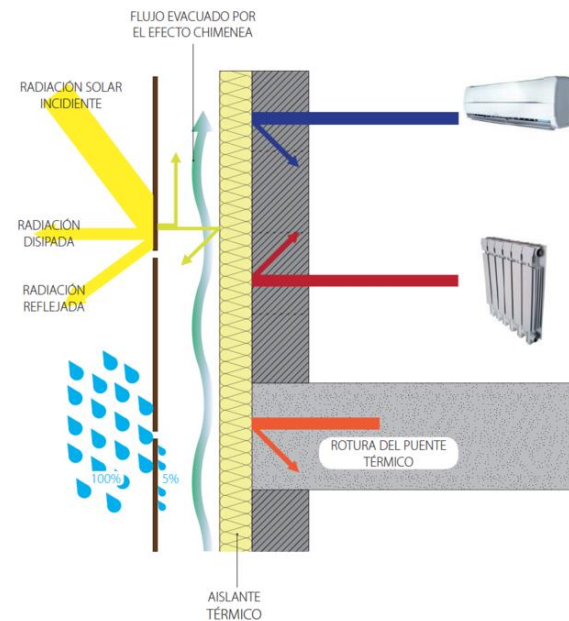
Como se puede observar en la tabla, un mismo espesor de aislamiento que de cámara de aire puede llegar a proporcionar valores muy notables en la resistencia térmica de un paramento, por ejemplo, **2 cm de aislamiento pueden cuatuplicar la resistencia térmica de una cámara de aire del mismo espesor.** De esta forma podemos aprovechar el espesor del cerramiento, al mismo tiempo que evitamos problemas en las cámaras de aire.

4.3.3.2. Obsolescencia por condensaciones.

Los cerramientos con cámaras de aire sin ventilar pueden tener problemas de **condensación** ya que si hay **infiltraciones** en una de las dos hojas del cerramiento entra aire con humedad y si se da la temperatura de rocío se producen condensaciones.

Las **cajas de registro de baja tensión y comunicaciones** han sido y son unos **cauces potenciales de infiltración de aire** en la cámara de aire y por lo tanto, **de condensaciones**. Suelen ser un punto donde se producen infiltraciones ya que cuando se ponen en obra atraviesan la hoja interior debido al espesor que tiene la caja con respecto al tabique. Estas cajas no son estancas al aire ni al agua, por lo que se cuela en el interior de las cámaras de aire y provocando condensaciones intersticiales. Esto es frecuente sobretodo en días de invierno con temperaturas bajas en edificios donde se reúne un número importante de personas.

No podemos confundir las cámaras de aire sin ventilar con las cámaras de aire ventiladas como las de fachadas ventiladas ya que estas están pensadas para evitar problemas de condensaciones al mismo tiempo que evitan que la radiación solar incida directamente en los paramentos interiores.



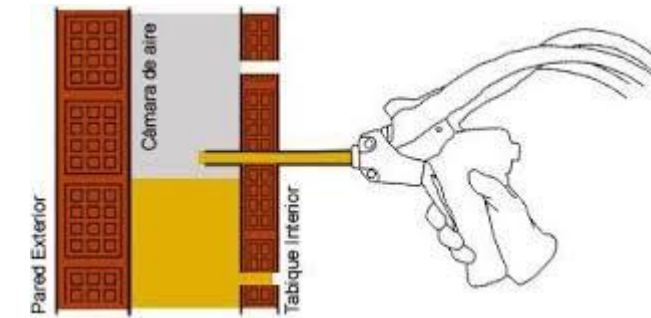
Fachada ventilada de cerámica.
Fuente: Butech

4.3.4. Restauración energética.

Como hemos observado, en España, más de la mitad de los edificios carecen de aislamiento térmico o el aislamiento con el que cuentan es insuficiente. Ante la necesidad de reducir el consumo energético y emisiones de CO₂ a la atmósfera, se

están rehabilitando las envolventes de los edificios. Se podrían obtener ahorros del 25-30% de la energía consumida en calefacción y refrigeración.

Para ello, con lo estudiado en el apartado anterior, una de las posibles intervenciones en edificios ya construidos que cuentan con cámara de aire (la mayoría de los edificios), sería **inyectar aislamiento térmico** en la cámara de aire siempre que sea accesible. El aislamiento es lana mineral insuflada o espuma de poliuretano generalmente.



Sistema de aislamiento de fachada por inyección en cámara
Fuente: Instalaciones y eficiencia energética. Paulino Rivas

A esta solución se debería llegar cuando no se pueda aislar exteriormente, o cuando el coste económico sea menor ya que con este sistema no se puede garantizar la cobertura completa del paramento.

Ofrece algunas ventajas como:

- Aporta rigidez a la fachada
- Evita trabajos en el interior
- No reduce espacio útil
- Proporciona inercia térmica
- Es económico



Sistema de aislamiento de fachada por inyección en cámara
Fuente: Arrevol Arquitectos

4.4. VALORES DE TRANSMITANCIA TÉRMICA.

4.4.1. Transmitancia térmica en verano.

Tabla 2.3 Transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente térmica

Parámetro	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Transmitancia térmica de muros y elementos en contacto con el terreno ⁽¹⁾ [W/m ² ·K]	1,35	1,25	1,00	0,75	0,60	0,55
Transmitancia térmica de cubiertas y suelos en contacto con el aire [W/m ² ·K]	1,20	0,80	0,65	0,50	0,40	0,35
Transmitancia térmica de huecos ⁽²⁾ [W/m ² ·K]	5,70	5,70	4,20	3,10	2,70	2,50
Permeabilidad al aire de huecos ⁽³⁾ [m ³ /h·m ²]	≤ 50	≤ 50	≤ 50	≤ 27	≤ 27	≤ 27

Valores de transmitancia térmica máxima

Fuente: DB-HE 2013

Tabla 3.1.1.a - HE1 Valores límite de transmitancia térmica, U_{lim} [W/m²·K]

Elemento	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior (U _s , U _M)	0,80	0,70	0,56	0,49	0,41	0,37
Cubiertas en contacto con el aire exterior (U _c)	0,55	0,50	0,44	0,40	0,35	0,33
Muros, suelos y cubiertas en contacto con espacios no habitables o con el terreno (U _T)	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,59
Medianerías o particiones interiores pertenecientes a la envolvente térmica (U _{MD})						
Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana) (U _H)*	3,2	2,7	2,3	2,1	1,8	1,80
Puertas con superficie semitransparente igual o inferior al 50%	5,7					

Valores límite de transmitancia térmica

Fuente: DB-HE 2019

En un país como España, sobretodo en zonas de clima mediterráneo, el **verano suele ser bastante caluroso** y por lo tanto, supone un gran problema a la hora de diseñar los edificios. Resulta extraño que cuando se definen los valores límite de la transmitancia térmica de un edificio en el DB-HE, solamente se tenga en cuenta la zona climática para invierno, sin mostrar las ventajas que proporcionaría el aislamiento térmico en verano. Por ejemplo, una baja transmitancia en la cubierta gracias a un buen aislamiento reduciría de manera importante el sobrecalentamiento del edificio en verano.

No solo se trata de **valores límite en verano**, el CTE tampoco muestra ningún valor de referencia para el confort del usuario en verano. Esto supone un gran despilfarro energético en zonas donde la refrigeración es necesaria, por lo que CTE podría mejorar esto teniendo en cuenta los zonas climáticas de verano que define en el

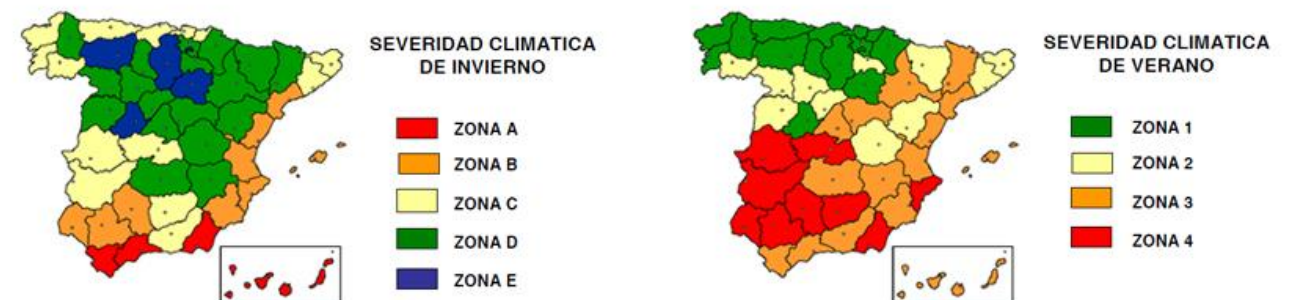
Anejo B según la latitud y la altitud, las cuales en el propio documento no se ven reflejadas en ningún sitio más.

Tabla a-Anejo B. Zonas climáticas

Provincia	Altitud sobre el nivel del mar (h)																										
	≤ 50 m	51-100 m	101-150 m	151-200 m	201-250 m	251-300 m	301-350 m	351-400 m	401-450 m	451-500 m	501-550 m	551-600 m	601-650 m	651-700 m	701-750 m	751-800 m	801-850 m	851-900 m	901-950 m	951-1000 m	1001-1050 m	1051-1100 m	1101-1150 m	1151-1200 m	1201-1250 m	1251-1300 m	1301-1350 m
Albacete	C3			D3										E1													
Alicante/Alacant	B4		C3			D3																					
Almería	A4	B4		B3			C3										D3										
Araba/Álava	D1			E1																							
Asturias	C1	D1			E1																						
Ávila	D2			D1										E1													
Badajoz	C4			C3			D3																				
Balears, Illes	B3			C3																							
Barcelona	C2			D2			D1			E1																	
Bizkaia	C1			D1																							
Burgos	D1			E1																							
Cáceres	C4			D3										E1													
Cádiz	A3	B3			C3			C2			D2																
Cantabria	C1			D1			E1																				
Castellón/Castelló	B3			C3			D3			D2			E1														
Ceuta	C4			C3			D3																				
Ciudad Real	C4			C3			D3																				
Córdoba	B4			C4			D3																				
Coruña, A	C1			D1										E1													
Cuenca	D1			D3			D2			E1																	
Gipuzkoa	D1			D2			E1																				
Girona	C2			D2			E1																				
Granada	A4	B4		C4			C3			D3			E1														
Guadalajara	D3			D2										E1													
Huelva	A4	B4	B3			C3			D3																		
Huesca	C3			D3			D2			E1																	
Jaén	B4			C4			D3			E1																	
León	C3			E1																							
Leida	C3			D3			E1																				
Lugo	D1			D3			E1																				
Madrid	C3			D3										D2					E1								
Málaga	A3	B3			C3			D3																			
Melilla	B3			C3			A3			D3																	
Murcia	C2			D2			D1			E1																	
Navarra	C3			C2			D2			E1																	
Ourense	D1			E1																							
Palencia	D1			E1																							
Palmas, Las	A3			A2			B2			C2																	
Pontevedra	C1			D1																							
Rioja, La	C2			D2			E1																				
Salamanca	D2			E1																							
Santa Cruz de Tenerife	A3			A2			B2			C2																	
Segovia	D2			E1																							
Sevilla	B4			C4			D3										E1										
Soria	D2			D1			E1																				
Tarragona	B3			C3			D3			E1																	
Teruel	C3			C2			D2			E1																	
Toledo	C4			D3										E1													
Valencia/València	B3			C3			D2			E1																	
Valladolid	D2			E1																							
Zamora	D2			E1																							
Zaragoza	C3			D3			E1																				

Zonas climáticas según altitud y provincia

Fuente: DB-HE 2019



Severidad climática según capitales de provincia

Fuente: Alcar

Podemos diferenciar 12 zonas climáticas representativas de todas las localidades españolas. Debería haber una tabla con valores límite de transmitancia para cada una de las 12 zonas climáticas, mejorando la actual ya que ahora si tendría en cuenta la severidad climática en verano y en invierno.

SC (verano)	A4 – a4	B4	C4		E1
	A3 – a3	B3	C3	D3	
			C2	D2	
			C1	D1	
SC (invierno)					

Zonas climáticas
Fuente: Elaboración propia. Base DB-HE 2006

Propuesta HE1 Valores límite de transmitancia térmica, U_{lim} [W/m²K]

Elemento	Zona climática											
	A3- a3	A4-a4	B3	B4	C1	C2	C3	C4	D1	D2	D3	E1
Muros y suelos en contacto con el aire exterior (U_s, U_M)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cubiertas en contacto con el aire exterior (U_c)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Muros, suelos y cubiertas en contacto con espacios no habitables o con el terreno (U_T)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Medianerías o particiones interiores pertenecientes a la envolvente térmica (U_{mi})	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana) (U_H)*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Puertas con superficie semitransparente igual o inferior al 50%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Propuesta de tabla de valores límite de transmitancia térmica con 12 zonas climáticas
Fuente: Elaboración propia

Existe una tendencia que defiende que aislar demasiado la envolvente térmica sería perjudicial a la hora de liberar energía al exterior, suponiendo un mayor gasto energético en refrigeración. Esto pasaría, si un edificio en un clima mediterráneo, tuviese un diseño no optimizado, sin protecciones solares, con una orientación inadecuada y con una ventilación deficiente. Mientras que se usen **estrategias de sombreado** para reducir las ganancias por radiación solar y el edificio cuente con una adecuada orientación y ventilación, siempre será importante aislar bien el edificio (estrategia pasiva) para el periodo estival de manera que redujésemos las cargas térmicas por refrigeración.

4.4.2. Valores de transmitancia insuficientes. NZEB- Camino a seguir.

¿Que quiere decir el "casi" de edificios de consumo casi nulo?

La **transmitancia térmica** de un paramento nos muestra la cantidad de calor que es capaz de atravesar por 1 m² de área de un elemento constructivo, por cada °C – Kelvin de diferencia que exista entre el interior y el exterior (a mayor ΔT , mayor será la transmisión de energía transferida a través de la envolvente). Dependerá del espesor y la conductividad térmica de cada una de las capas que constituyen el paramento.

$$Q = S \times \frac{(te - ti)}{e/\lambda} = \frac{S}{RT} \times (te - ti)$$

$$U = 1/R_T$$

$$R_T = e / \lambda$$

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_1 + R_1 + \dots + R_n + R_{se}$$

$U \rightarrow$ Transmitancia (W/m²K)

$e \rightarrow$ Espesor de cada capa (m²)

$R_T \rightarrow$ Resistencia térmica de cada capa (m²K/W)

$\lambda \rightarrow$ Conductividad térmica de cada capa (W/mK)

Las transmitancias de envolventes del CTE están **muy distantes aún de edificios de consumo casi nulo**, aunque tras la última actualización CTE 2019 se puede observar como poco a poco van disminuyendo los valores de las transmitancia de los paramentos de manera sustancial. El problema está al no poder definir cuáles son los valores de transmitancia para poder considerar un edificio de consumo casi nulo y que cumpla la normativa europea. Algunos de los estándares existentes como passivhaus, nos permiten construir edificios pasivos y por lo tanto, de un consumo prácticamente nulo. Estos estándares son demasiados restrictivos, no obstante, si queremos llegar a conseguir edificios de consumo casi nulo, CTE debería plantear unos valores límite de transmitancia cercanos a los propuestos por estos estándares.

Para tener más claro las diferencias entre CTE 2013, CTE 2019 y una posible mejora para conseguir NZEB, se realiza una comparativa de valores de transmitancia térmica de paramentos de un edificio situado en una zona C3, como por ejemplo Granada. Para la posible mejora del CTE hacia edificios de consumo casi nulo se plantean valores próximos a los establecidos por estándares de edificios pasivos como passivhaus, teniendo en cuenta la zona climática.

Tabla 2.3 Transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente térmica

Parámetro	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Transmitancia térmica de muros y elementos en contacto con el terreno ⁽¹⁾ [W/m ² ·K]	1,35	1,25	1,00	0,75	0,60	0,55
Transmitancia térmica de cubiertas y suelos en contacto con el aire [W/m ² ·K]	1,20	0,80	0,65	0,50	0,40	0,35
Transmitancia térmica de huecos ⁽²⁾ [W/m ² ·K]	5,70	5,70	4,20	3,10	2,70	2,50
Permeabilidad al aire de huecos ⁽³⁾ [m ³ /h·m ²]	≤ 50	≤ 50	≤ 50	≤ 27	≤ 27	≤ 27

Valores de transmitancia térmica máxima
Fuente: DB-HE 2013

Tabla 3.1.1.a - HE1 Valores límite de transmitancia térmica, U_{lim} [W/m²K]

Elemento	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior (U _s , U _M)	0,80	0,70	0,56	0,49	0,41	0,37
Cubiertas en contacto con el aire exterior (U _c)	0,55	0,50	0,44	0,40	0,35	0,33
Muros, suelos y cubiertas en contacto con espacios no habitables o con el terreno (U _T)	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,59
Medianerías o particiones interiores pertenecientes a la envolvente térmica (U _{MD})						
Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana) (U _H)*	3,2	2,7	2,3	2,1	1,8	1,80
Puertas con superficie semitransparente igual o inferior al 50%				5,7		

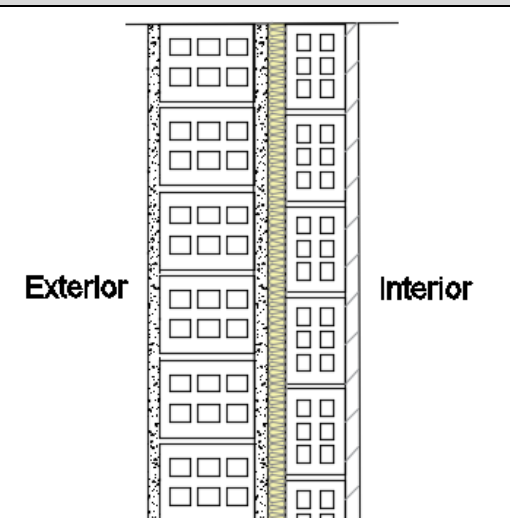
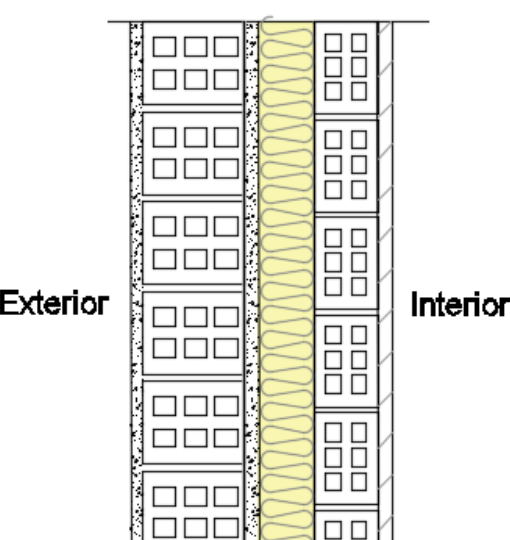
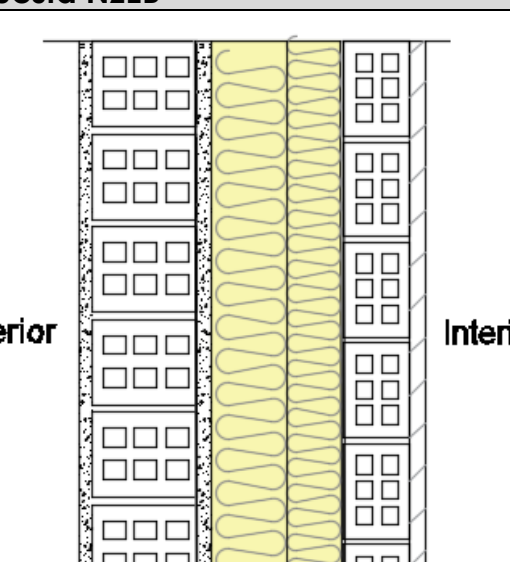
Valores límite de transmitancia térmica
Fuente: DB-HE 2019

Se ha calculado la transmitancia con la **Herramienta Unificada Lider Calener**, versión 2013 y 2019.

Zona Climática C3		CTE 2013	CTE 2019	NZEB → propuesta	Passivhaus
Transmitancias W/m ² K	Umuro	0,75	0,49	¿? → 0,25 - 0,2	0,15
	Ucubierta	0,50	0,40	¿? → 0,25 - 0,2	0,16
	Usuelo	0,75	0,70	¿? → 0,3 - 0,25	0,22
	Uhuecos	3,10	2,1	¿? → 1,2 - 1,05	0,95
Permeabilidad ventanas m ³ /hm ²		27	9	¿? → 3	3

Comparativa de valores límite de transmitancia para un edificio en zona climática C3
Fuente: Elaboración propia

El espesor del aislamiento térmico se ha calculado como el mínimo necesario para cumplir con la normativa de cada periodo. Se mantiene la composición principal de los 3 elementos, usando una **fachada convencional de fábrica de ladrillo**. En este estudio se analiza solo la fachada, pero de igual forma se podría hacer con el resto de paramentos.

<p>CTE 2013</p>  <p>Exterior Interior</p>	<p>U_M = 0,71 W/ m²K</p> <p>Para cumplir con los valores límite exigidos por CTE 2013 en zona climática C3, era suficiente con un mínimo de 3 cm de aislamiento (MW Lana mineral). Si es cierto que en muchas ocasiones se ponía más aislamiento ya que la sociedad empezaba a concienciarse de la importancia de la envolvente de los edificios como estrategia pasiva.</p>
<p>CTE 2019</p>  <p>Exterior Interior</p>	<p>U_M = 0,47 W/ m²K</p> <p>Para cumplir con los valores límite exigidos por CTE 2019 en zona climática C3, será suficiente con un mínimo de 6 cm de aislamiento (MW Lana mineral). Al ser una única capa de capa de aislamiento esta podría verse alterada por el paso de las instalaciones, por ejemplo. Con un sistema constructivo tradicional de dos hojas de fábrica de ladrillo y aislamiento entre ellas, sin cámara de aire, por lo comentado en el apartado anterior, tenemos un espesor demasiado grande de 29 cm, perdiendo demasiada superficie útil.</p>
<p>Propuesta NZEB</p>  <p>Exterior Interior</p>	<p>U_M = 0,19 W/ m²K</p> <p>Para alcanzar unas transmitancias tan bajas será necesario usar un grosor considerable de aislamiento, en este caso 14 cm de aislamiento (MW Lana mineral). El problema al plantear una fachada tradicional de dos hojas es que el espesor del cerramiento se hace más notable al aumentar el aislamiento, en este caso, el cerramiento tiene un espesor de 37 cm.</p>

Fuente: Elaboración propia

Dentro de la envolvente térmica, el aumento de espesor debido al aumento del aislamiento térmico nos hace ver la importancia que puede tener construir envolventes ligeras, de forma que el espesor de las hojas masivas sea el mínimo posible y se pueda aprovechar para introducir espesores adecuados de aislamiento. Por ello, habría que plantearse **abandonar los sistemas constructivos tradicionales y adaptarse a las nuevas tecnologías**, para que no se construyan cerramientos pesados de gran espesor y con apenas aislamiento como se ha hecho hasta ahora. El CTE debería incentivar a realizar este cambio a la hora de diseñar la envolvente, de manera que se realicen edificios de consumo casi nulo al mismo tiempo que se construyen diseños útiles y estéticos. Se debería avanzar hacia una tecnología propia de la capa de máxima resistencia, desarrollado con diferentes tipos de aislamiento para obtener mejores prestaciones.

A continuación se muestra un sistema constructivo que se podría aplicar en el caso de una fachada ligera con un espesor de aislamiento considerable que sustituye a la fachada tradicional y mejora sus prestaciones y el espesor de manera considerable. Este sistema en concreto cuenta con 3 tipos de aislamiento, uno de ellos reflexivo con un espesor mínimo pero con importantes prestaciones, luego un aislamiento más rígido como las placas de poliestireno extrusionado y finalmente sobre la estructura de las placas se colocará lana de roca o fibra de vidrio que a su vez permitirá realizar el paso de instalaciones sin perder transmitancia. Las **ventajas de usar varios tipos de aislamiento son muchas**. Además, usar un único tipo con un espesor tan grande puede ser inviable.

Sistema de cerramiento ligero con trasdosado interior		$U_M = 0,18 \text{ W/ m}^2\text{K}$
	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido $1000 < d < 1250 \rightarrow 1,5 \text{ cm}$ Tabicón de ladrillo macizo perforado $\rightarrow 7 \text{ cm}$ Embarrado de aislamiento reflexivo con barrera de vapor contra la hoja exterior EPS Poliestireno extrusionado $\rightarrow 7 \text{ cm}$ MW Lana mineral sobre guías de las placas de yeso laminado $\rightarrow 7 \text{ cm}$ Placa de yeso laminado $750 < d < 900 \rightarrow 2 \text{ cm}$	

Fuente: Elaboración propia

Con **25 cm de espesor** gracias a un **cerramiento ligero** con trasdosado interior conseguimos la misma transmitancia térmica que en el caso anterior con un **cerramiento tradicional de capuchina de 37 cm de espesor**. Se puede ver la importancia de construir con cerramientos ligeros si queremos conseguir edificios pasivos con una adecuada transmitancia térmica y, por lo tanto, de consumo casi nulo.

Existe una gran variedad de sistemas constructivos que permiten conseguir envolventes con transmitancia muy buena y con un espesor considerable que no nos limita a la hora de diseñar. Por ejemplo:

- Sistema de aislamiento por el exterior (SATE)
- Sistema de cerramiento ligero con trasdosado interior (ejemplo)
- Sistema de aislamiento por el exterior con fachada ventilada
- Fachada ventilada con trasdosado interior
- Sistema de cerramiento con materiales de cambio de fase, PCM.

Según el diseño se utilizará un sistema constructivo u otro y según **la zona climática** en la que se encuentre el edificio se optimizará el espesor del aislamiento térmico, de manera que se encuentre un punto de inflexión, a partir del cual el aumento del grosor es muy poco relevante para la mejora de la eficiencia energética del edificio, buscando conseguir siempre edificios de consumo casi nulo. Por ejemplo, en climas mediterráneos de interior en algunas ocasiones será necesario aumentar el espesor del aislamiento térmico hasta valores de 15, 20 o 25 cm (transmitancias entre $0,25 - 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$) a diferencia de los 10 - 15 cm mostrados en el ejemplo anterior. Como se comentaba en el apartado anterior, habrá que hacer un estudio exhaustivo de cada zona climática para proponer unos valores límite de transmitancia en cada situación.

En el caso de los huecos, que pueden resultar los puntos débiles debido a los vidrios, se le deben exigir valores de hermeticidad muy restrictivos, por lo que se deben usar carpinterías de altas prestaciones que también dependerán de la zona climática.

No podemos olvidar que además de incorporar un aislamiento térmico suficiente, es imprescindible garantizar su continuidad. En esta ocasión se ha estudiado en mayor detalle los paramentos verticales, pero igualmente ocurre con los paramentos horizontales. Por ejemplo, grandes espesores de aislamiento en suelos y cubiertas transitables puede ser aplastado, por lo que las **marcas comerciales deberán estudiar y evolucionar** en este camino.

Cabe destacar que estas mejoras aparte de suponer un beneficio económico también presentan mejores condiciones de **confort en el interior** de los edificios.

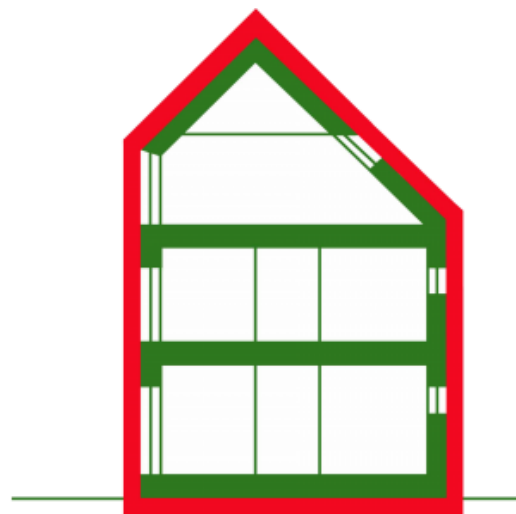
5. Crítica al DB-HS3

“Calidad del aire”

Las personas, para vivir, necesitamos respirar continuamente aire que nos aporte oxígeno para nuestro metabolismo. Este aire debe tener una calidad suficiente y estar libre de contaminantes que afecten negativamente a nuestro organismo; en los locales cerrados el aire se vuelve inaceptable para el consumo humano con el paso del tiempo: humos, polvo, personas respirando, etc. La técnica que permite sustituir, renovar o extraer el aire del interior de un local que se encuentra contaminado por aire nuevo del exterior es la “ventilación”. El objetivo es mantener el nivel adecuado de oxígeno en el aire, al mismo tiempo que se eliminan olores, humedad y contaminantes.

Los requisitos de calidad del aire interior de “*los edificios de viviendas, al interior de las mismas, los almacenes de residuos, los trasteros, los aparcamientos y garajes; y, en los edificios de cualquier otro uso, a los aparcamientos y los garajes*”, están establecidos en el DB-HS 3 del Código Técnico de la Edificación.

Una vez que hemos creado un **edificio hermético** gracias a la “regla del rotulador” (estudiada en el apartado 4), que mejora la envolvente del edificio y es capaz de mantener un confort en el interior controlando las infiltraciones de aire no deseadas, hay que prestar especial atención a la hora de realizar la ventilación para asegurar la **calidad del aire** en el interior del edificio, al mismo tiempo que hay que tener controlada la **pérdida de energía producida al realizar el intercambio de aire** entre el interior y el exterior.



Envolvente continua, “Regla del rotulador”
Fuente: Energiehaus

El **DB-HS 3 y el RITE (DB-HE2)** exigen un sistema de ventilación que nos permita mantener una determinada **calidad del aire interior**.

No debemos olvidar los problemas de contaminación del aire exterior, ya que el aire se impulsa desde el exterior y en muchas ocasiones no se realiza ningún filtrado de este. Por ello, se necesitarían **mapas zonales de contaminación del aire** para que no tengamos que buscar siempre soluciones a nuestros edificios con las peores situaciones de ambiente exterior, no es lo mismo el aire de una gran ciudad que el aire en un pequeño pueblo en la montaña.

A continuación se analizarán cada uno de los apartados del DB-HS 3, prestando especial atención en la ventilación realizada en viviendas.

5.1. ANÁLISIS CRÍTICO DE CADA APARTADO

“2. Caracterización y cuantificación de la exigencia”

Tabla 2.1 Caudales mínimos para ventilación de caudal constante en locales habitables

Tipo de vivienda	Caudal mínimo q_v en l/s				
	Locales secos ^{(1) (2)}			Locales húmedos ⁽²⁾	
	Dormitorio principal	Resto de dormitorios	Salas de estar y comedores ⁽³⁾	Mínimo en total	Mínimo por local
0 ó 1 dormitorios	8	-	6	12	6
2 dormitorios	8	4	8	24	7
3 o más dormitorios	8	4	10	33	8

Caudal mínimo para ventilación de caudal constante en locales habitables
Fuente: DB-HS3 2019

Tabla 2.1 Caudales de ventilación mínimos exigidos

Locales	Caudal de ventilación mínimo exigido q_v en l/s		
	Por ocupante	Por m^2 útil	En función de otros parámetros
	Dormitorios	5	
Salas de estar y comedores	3		
Aseos y cuartos de baño			15 por local
Cocinas		2	50 por local ⁽¹⁾
Trasteros y sus zonas comunes		0,7	
Aparcamientos y garajes			120 por plaza
Almacenes de residuos		10	

Caudal de ventilación mínimo exigido
Fuente: DB-HS3 2006

3 dormitorios (DB-HS3 2019) → 26 l/s (locales secos) o **33 l/s** (locales húmedos)

3 dormitorios (DB-HS3 2006) → 30 l/s (2 baño) + 50 l/s (cocina) = **80 l/s**

El CTE en la actualización del documento de salubridad ha disminuído de manera significativa los caudales de ventilación exigibles con respecto al CTE 2006, llegando a reducirlo más de la mitad en algunas ocasiones. Pasando por ejemplo de un caudal de 80 l/s a un caudal de 33 l/s, como en el ejemplo anterior.

Aún así, los consumos de energía debido a la renovación del aire interior siguen siendo mayores que los de climatización y en muchas tipologías de edificios pueden resultar excesivos e inadecuados. Por ello, en el CTE las exigencias de caudales deberían depender más de la **densidad de ocupación del espacio** que de la tipología del edificio. También deberían diferenciarse según las estaciones del año y en función de las diferentes zonas climáticas como ya hacen otras normativas.

“3. Diseño

3.1. Condiciones generales de los sistemas de ventilación

3.1.1. Viviendas”

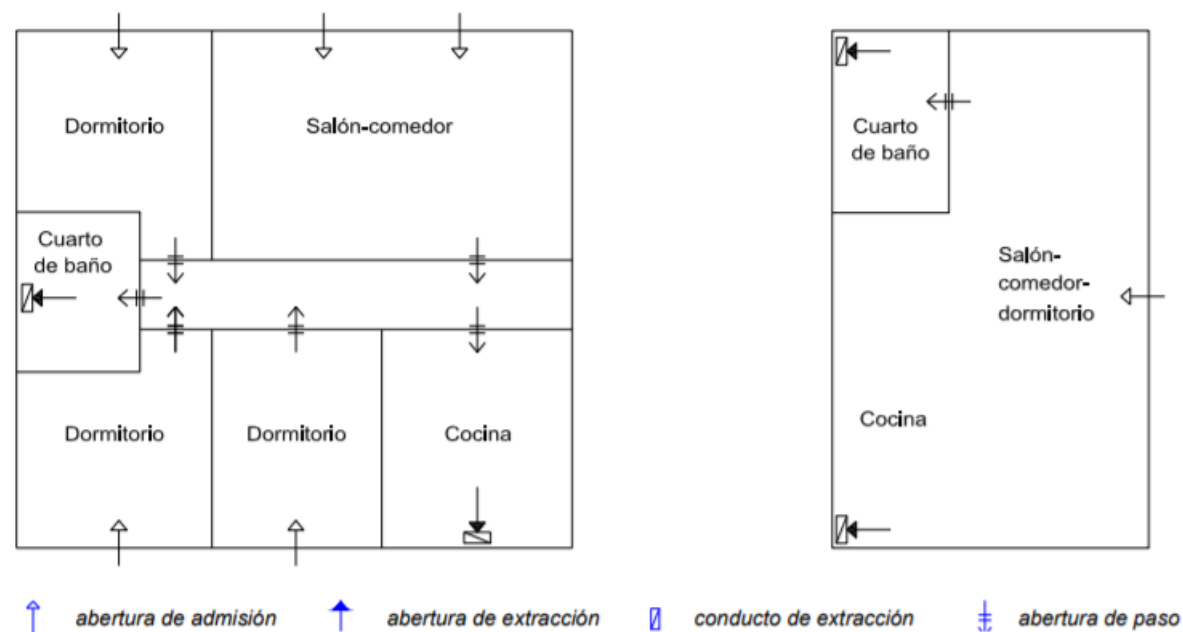


Figura 3.1 Ejemplos de ventilación en el interior de las viviendas

Ventilación en el interior de las viviendas
Fuente: DB-HS3

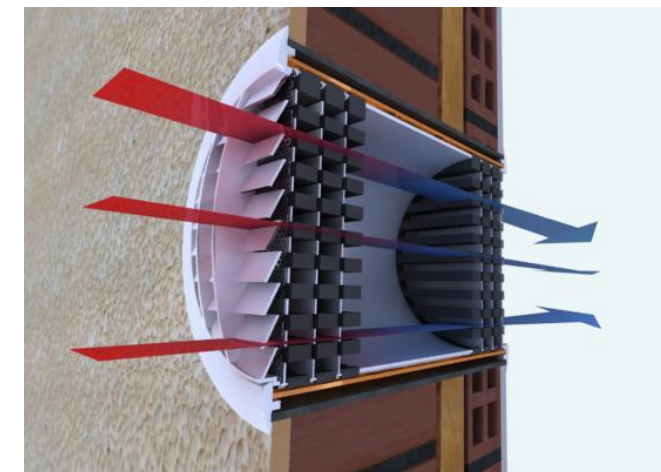
Una de las características que se deben cumplir según CTE es: *“el aire debe circular desde los locales secos a los húmedos, para ello los comedores, los dormitorios y las salas de estar deben disponer de aberturas de admisión; los aseos, las cocinas y los cuartos de baño deben disponer de aberturas de extracción; las particiones situadas entre los locales con admisión y los locales con extracción deben disponer de aberturas de paso”*⁹

⁹ Apartado 3.1.1. DB-HS3, Código Técnico de la Edificación 2019

La relación entre la ventilación necesaria de un edificio y el confort del interior tiene puntos cuestionados, como por ejemplo las aberturas de admisión, que pueden entrar en contradicción con la hermeticidad conseguida gracias a la continuidad del aislamiento de la envolvente conseguida gracias a la regla del rotulador.

El aire tiene que entrar en los espacios secos, para ello, en la figura 3.1, marca una flecha que atraviesa la envolvente, más en concreto, las ventanas, dando una idea confusa a la hora de realizar aberturas de admisión. Esto induce a puentes térmicos, sobretodo con muchos de los elementos que se encuentran en el mercado.

Colocar un conducto atravesando la fachada puede suponer una importante discontinuidad en la envolvente, produciendo un gran puente térmico que permite la transmisión de calor con facilidad. Las lamas de neopreno u otros sistemas que se incorporan son insuficientes para evitar esta discontinuidad.



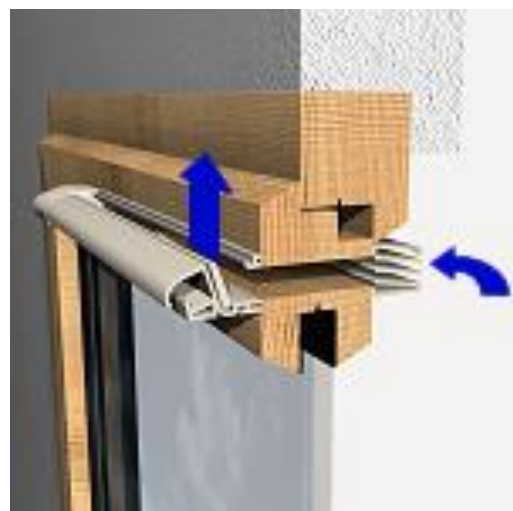
Abertura de admisión en fachada
Fuente: Eunavent

*“ Como aberturas de admisión, se dispondrán aberturas dotadas de aireadores o aperturas fijas de la carpintería, como son los dispositivos de microventilación con una permeabilidad al aire según UNE EN 12207:2000 en la posición de apertura de clase 1; no obstante, cuando las carpinterías exteriores sean de clase 1 de permeabilidad al aire según UNE EN 12207:2000 pueden considerarse como aberturas de admisión las juntas de apertura.”*¹⁰

En ningún momento CTE dice que haya que abrir agujeros en carpinterías, pero esto se hace con soluciones que hay en el mercado y cumple la justificación de este documento.

Si hacemos una inversión importante para conseguir una buena transmitancia térmica en carpinterías, sería un despropósito abrir agujeros para ventilar en estas carpinterías. Despropósito debido a las pérdidas energéticas que se producen, además de que no se evita el ruido, el polvo, la humedad, temperatura ni olores.

¹⁰ Apartado 3.1.1. DB-HS3, Código Técnico de la Edificación 2019



Abertura de admisión en carpintería
Fuente: Alder venticontrol

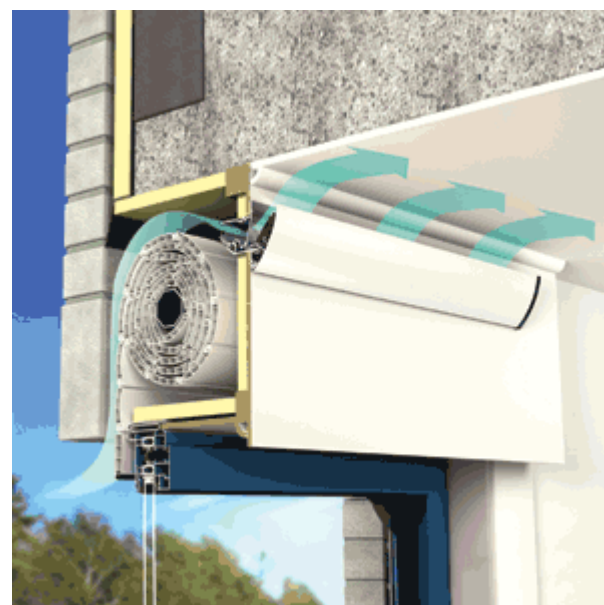


Abertura de admisión en carpintería
Fuente: Eunavent

No solo se realizan aberturas en carpinterías, también se realiza en capialzados. Como se vió en la crítica al DB-HE 1, en una caja de persiana es muy difícil evitar el puente térmico, si además creamos una abertura estaríamos potenciando ese discontinuidad en la envolvente.



Abertura de admisión en capialzado
Fuente: Herrajes Europeos



Abertura de admisión en capialzado
Fuente: Ask Systems-Renson

Habrà tantos puentes térmicos como carpinterías en habitaciones secas, conductos de admisión en fachada o cajas de persiana haya.

Tabla 4.1 Área efectiva de las aberturas de ventilación de un local en cm²

Aberturas de ventilación	Aberturas de admisión	4 · q _v ó 4 · q _{va}
	Aberturas de extracción	4 · q _v ó 4 · q _{ve}
	Aberturas de paso	70 cm ² ó 8 · q _{vp}
	Aberturas mixtas ⁽¹⁾	8 · q _v

Tabla con valores para cálculo de área efectiva de las aberturas de ventilación
Fuente: DB-HS3

3 dormitorios (Tabla 2.1. DB-HS3) → 26 l/s (locales secos) o **33 l/s** (locales húmedos)

La viviendas con 3 dormitorios tendrá un caudal mínimo exigido de 33 l/s, según la tabla habrá que multiplicarlo por 4 para saber el área efectiva de la abertura de ventilación. Tendríamos un puente térmico de **132 cm²** repartido por las aberturas de admisión de los espacios secos.

Si buscamos edificios de consumo casi nulo no podemos permitir estas discontinuidades. Este es uno de los principales motivos por los que CTE debe plantear estudiar los sistemas generales de ventilación permitidos en viviendas (se analizarán más adelante los distintos sistemas).

“3.2. Condiciones generales de los elementos

3.2.4. Conductos de extracción para ventilación mecánica”

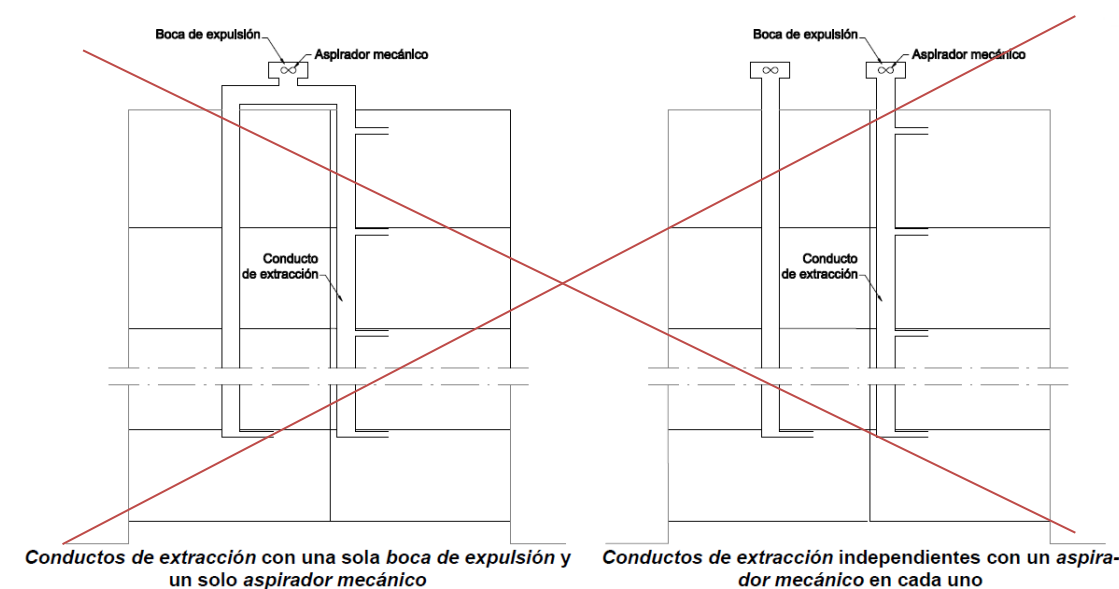
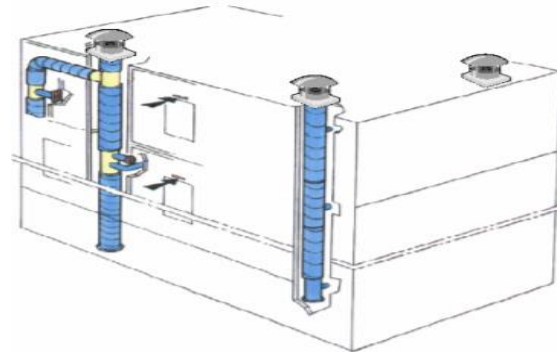


Figura 3.4 Ejemplos de disposición de aspiradores mecánicos

Ejemplos de conductos para ventilación
Fuente: DB-HS3

Un único ventilador en cubierta para todas las viviendas puede **tener problemas**. Si una de las viviendas no está ocupada, el ventilador va a tirar también del aire de esta vivienda al mismo tiempo que tira del aire del resto de viviendas, saliendo más aire del que entra, de forma que se crean depresiones en la vivienda desocupada.



Ventilador conjunto en cubierta
Fuente: Alder Venticontrol

Otro problema se da cuando tira de todos los conductos sin un secundario, propiciando el paso de olores de unas viviendas a otras, sobretodo cuando el aspirador se para. Además si se rompe hay que tener en cuenta que todas las viviendas se quedarían sin ventilar.

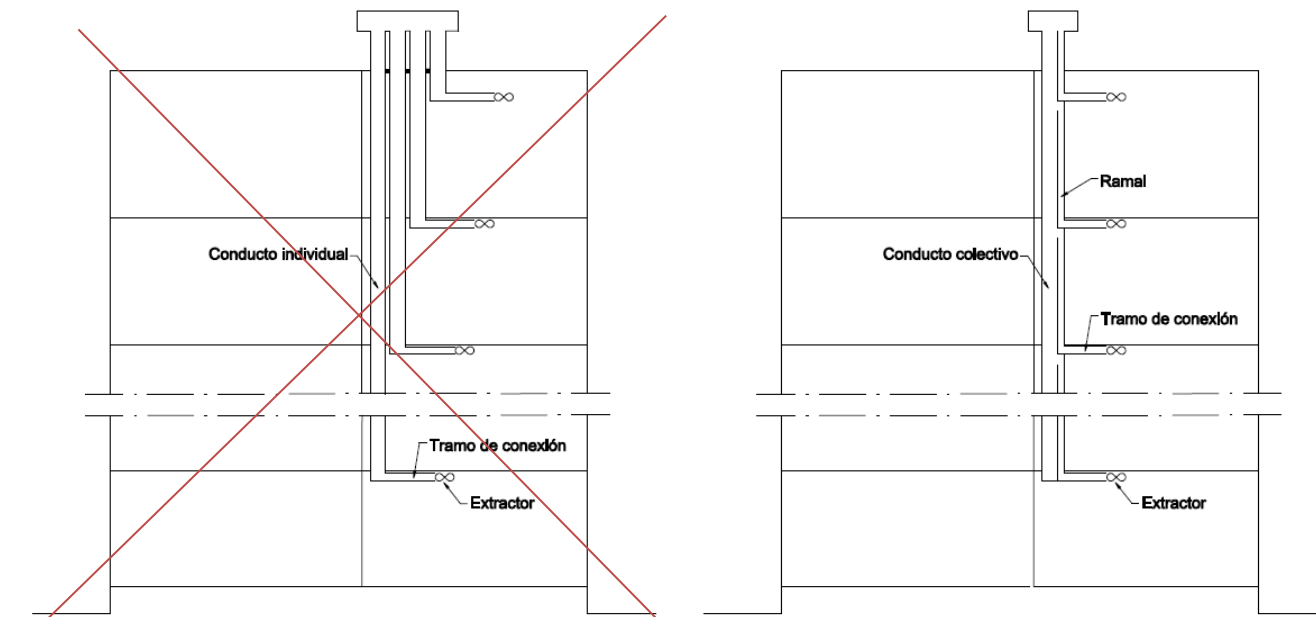


Figura 3.5 Ejemplos de conductos para la ventilación específica adicional de las cocinas

Ejemplos de conductos para ventilación de cocinas
Fuente: DB-HS3

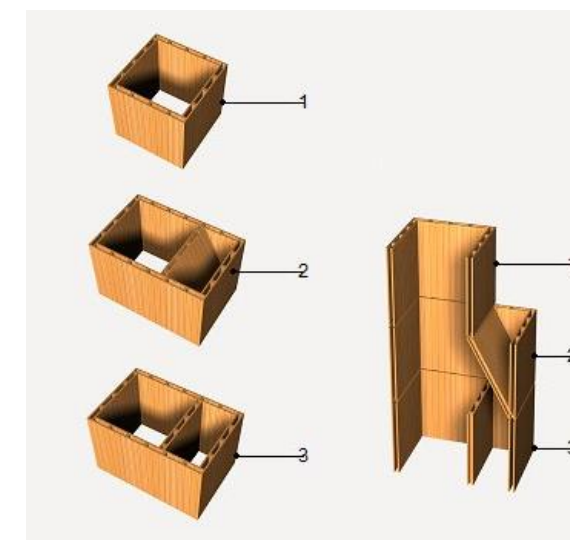
Lo ideal a la hora de realizar la **ventilación mecánica en viviendas** es realizar el diseño como la **imagen derecha de la figura 3.5**, aunque ponga que así se realiza en cocinas, habría que corregir el nombre y adaptarlo también a ventilación de viviendas, pero teniendo claro lo que nos dice CTE, el conducto de ventilación y el

de extracción específica de cocinas tendrán cada una su propio conducto. Sería la única forma de no depresionar los espacios. Siempre debería realizarse con **ventiladores independientes para cada vivienda con el correspondiente primario y secundario**.



Esquema adecuado para ventilación de viviendas y extractor de cocinas
Fuente: Figura derecha 3.5. DB-HS3

Si es cierto que hay que corregir un error de ese diseño, se trata del fondo de saco que se crea en el primer piso. Sería suficiente con conectar el conducto secundario del primer piso en el conducto colectivo del forjado superior de la siguiente planta, eliminando el conducto colectivo del primer piso, es decir, **la primera planta que ventila va directamente al primario**. En el caso de usar piezas cerámicas o de hormigón hay que prestar especial atención a la junta de las piezas ya que puede no ser estanca.



Conductos de admisión y extracción para ventilación
Fuente: Cype Ingenieros. Generador de precios

5.2. TIPOS DE VENTILACIÓN

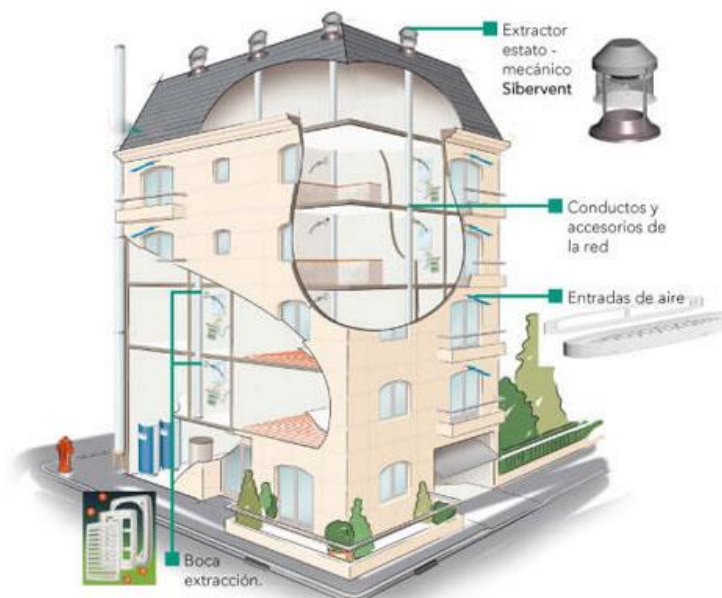
El CTE al principio del apartado de viviendas dentro del DB-HS3 menciona *“Las viviendas deben disponer de un sistema general de ventilación que puede ser híbrida o mecánica”*,¹¹ es decir, tan solo permite ventilar de forma mecánica o híbrida, prohibiendo la ventilación natural.

A continuación vamos a estudiar los diferentes tipos de ventilación y veremos cuales son los más adecuados a la hora de realizar edificios de consumo casi nulo.

5.2.1. Ventilación híbrida

El CTE define la ventilación híbrida como *“ventilación en la que, cuando las condiciones de presión y temperatura ambientales son favorables, la renovación del aire se produce como en la ventilación natural y, cuando son desfavorables, como en la ventilación con extracción mecánica.”*¹²

Cuando funciona en ventilación natural, las diferencias de presión que propician el movimiento del aire son más bajas que las que se necesitan para un sistema mecánico. Esto propicia que las pérdidas de carga deban de ser mínimas para que se pueda mover el aire en sistemas híbridos. Por ello, las secciones de conductos verticales son superiores a otros tipos de ventilación y, además, no se pueden usar codos ni otros elementos que produzcan pérdidas de presión. Cada zona húmeda tendrá su propio primario y secundario. La sección más desfavorable se mantiene en toda la planta y tampoco se permite unir los tubos en cubierta. Además suelen generar más ruido.



Ventilación híbrida
Fuente: Siber

Otro aspecto negativo de este sistema se debe a las **aberturas de admisión**. El aire entra a través de las aberturas de la fachada o de la carpintería y como explicábamos en el apartado anterior, son puentes térmicos muy importantes que no podemos permitir a la hora de diseñar NZEB. Además, en épocas de frío, cuando no funciona el ventilador y está funcionando la ventilación natural se produce una pérdida energética a través de los conductos de extracción.

Para saber si es viable realizar un sistema de ventilación híbrido habría que analizar los datos meteorológicos de cada zona. Puede no tener sentido ejecutar un sistema de ventilación híbrida que no sabemos si funcionará o no de forma natural.

En situaciones óptimas, el sistema de ventilación híbrida generaría ahorros porque el extractor no tiene que funcionar permanentemente. No obstante, debido a las condiciones climáticas de España, no se facilita el funcionamiento natural la mayor parte del año, por lo que no se justifica el ahorro conseguido ya que la instalación es cara y complicada.

Por todos estos inconvenientes, el CTE se debería plantear mantener la ventilación híbrida como sistema general de ventilación, **puede llegar a ser un despropósito** su uso.

5.2.2. Ventilación mecánica

El CTE define la ventilación mecánica como *“ventilación en la que la renovación del aire se produce por el funcionamiento de aparatos electro-mecánicos dispuestos al efecto. Puede ser con admisión mecánica, con extracción mecánica o equilibrada”*.¹³

Como se mencionaba en el apartado 5.1. de este trabajo, la ventilación mecánica en viviendas convendría hacerse con **ventiladores independientes para cada vivienda y con su correspondiente primario y secundario en el caso del ventilador de extracción**. La extracción de la primera planta va directamente al primario y la última sale directamente a cubierta a través del secundario, el juego de primario y secundario se realiza desde la segunda planta que se ventila hasta la penúltima. El CTE tiene que corregir esto ya que permite otros diseños que no son eficientes y pueden ocasionar muchos problemas, como por ejemplo el uso de un ventilador común en cubierta o ventiladores de extracción con un conducto por vivienda sin primario ni secundario que ocupan espacios demasiado grandes.

¹¹ Apartado 3.1.1. DB-HS3, Código Técnico de la Edificación 2019

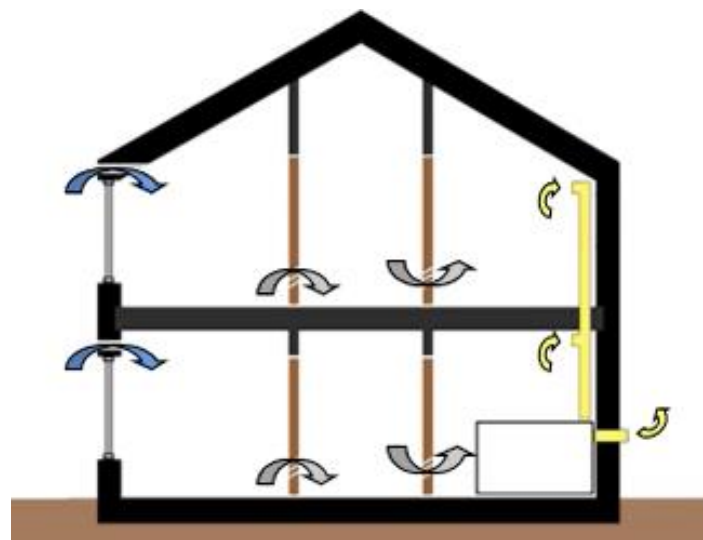
¹² Apéndice A. DB-HS3, Código Técnico de la Edificación 2019

¹³ Apéndice A. DB-HS3, Código Técnico de la Edificación 2019

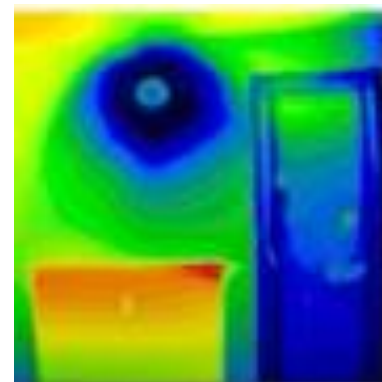
5.2.2.1. Con extracción mecánica.

Con este sistema, la vivienda se encuentra ventilada en **depresión**. Se puede hacer gracias a corrientes de aire a través de aberturas de admisión en espacios secos y con una extracción del aire con un ventilador central en los focos contaminados (duchas, inodoros, cocinas, etc.). Este sistema presenta varios problemas:

- No hay un control eficaz de la calidad del aire introducido.
- Como se comentaba en apartados anteriores, las **aberturas de admisión**, tanto en fachada como en carpintería, son un gran puente térmico que propicia una **importante pérdida energética** a través de la envolvente.



Ventilación mecánica con extracción
Fuente: Passive House Institute

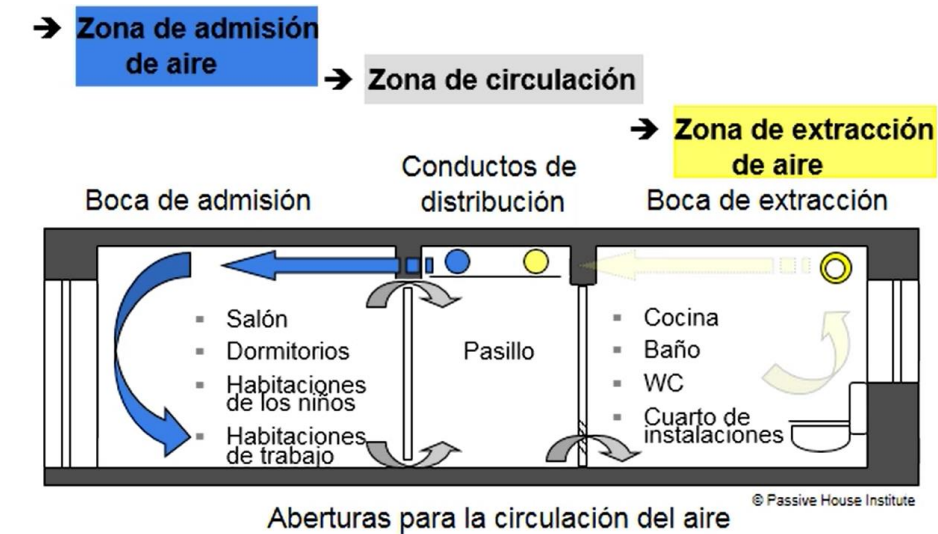


Puente térmico en abertura de admisión
Fuente: Ebok

El CTE no debería permitir este sistema, ya que los NZEB buscan crear una envolvente continua y diseñar estas aberturas supone crear discontinuidades. Podría estudiarse su uso en zonas con climas suaves donde la temperatura exterior e interior son similares en todas las épocas del año, como por ejemplo, en la isla de Fuerteventura.

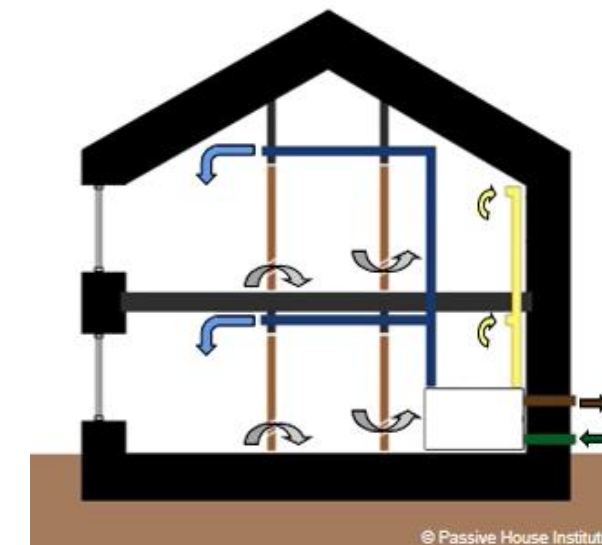
5.2.2.2. Con impulsión y extracción mecánica.

La ventilación se realiza con una **presión equilibrada**, realizando una impulsión controlada en los espacios secos y una extracción controlada y directa en los focos contaminantes.



Ventilación mecánica con extracción
Fuente: Passive House Institute

Con este sistema se produce una **renovación higiénica y continua del aire**, con un caudal regulable y un filtrado, de forma que se garantiza un gran calidad del aire, ya que con este sistema se pueden evitar problemas de humedad, condensaciones y salud ya que puede filtrar el polvo y el polen. Nos da la posibilidad de calentar y/o refrigerar el aire que entra.



Extracción y admisión con ventilación mecánica
Fuente: Passive House Institute

Con los edificios de consumo casi nulo se consiguen construcciones muy estancas, por lo que es importante controlar la ventilación. Este sistema contará con **una única abertura de admisión y otra de extracción**, por lo que no habrá puentes térmicos como en el caso anterior, las pérdidas estarán controladas. No obstante, se continúa perdiendo el calor en climas donde la diferencia de temperatura interior y exterior sea muy diferente, de forma que si queremos mantener el confort térmico del interior será necesario climatizar este aire.

A estos sistemas se le pueden incorporar **sensores de CO₂** como una solución inteligente y sencilla que nos permite evaluar la cantidad de dióxido de carbono y , por lo tanto, la calidad de aire interior. De esta forma se conecta con los ventiladores y nos permite controlar la ventilación, de la misma forma que nos avisa si la ventilación mecánica no puede reducir lo suficientemente rápido los niveles de CO₂. Estos sensores hacen que la ventilación sea más eficiente.



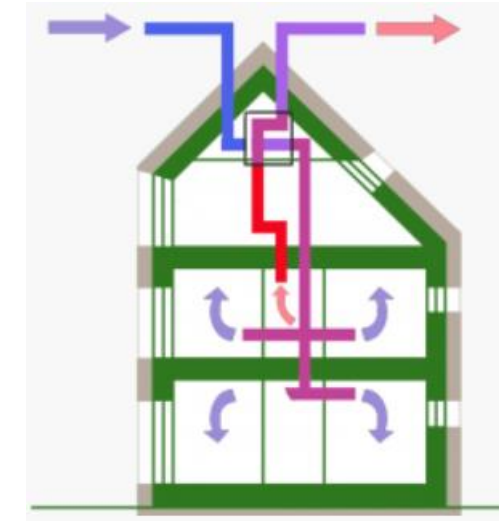
Sensor de CO₂ para sistemas de ventilación
Fuente: Zhender

Además, este sistema nos permite incorporar **filtros**, de manera que el aire que entra se puede tratar, evitando contaminantes, alergias ...

5.2.2.3. Con impulsión y extracción mecánica con recuperador de calor.

Lo ideal a la hora de realizar la ventilación sería añadir un **recuperador de calor** al sistema de impulsión y extracción mecánica de manera que se recuperase parte de la energía que sale hacia fuera con el aire expulsado (con malas características higiénicas) para acondicionar el aire nuevo que entra del exterior, sin mezclarse. Esto permite mantener las condiciones óptimas de calidad del aire interior al mismo tiempo que permite alcanzar unos niveles muy altos de eficiencia energética.

Este recuperador de calor tiene rendimientos nominales mínimos del 75%, pudiendo alcanzarse **tasas de recuperación de calor de hasta 90-95%**. Esto supone un importante ahorro energético ya que tan solo se pierde entre 5%-20% de la energía a la hora de ventilar. Por lo tanto reduce la demanda de climatización en climas donde es necesario y se ahorra así dinero .

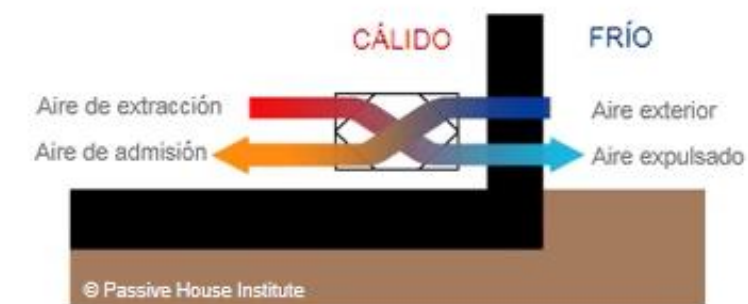


Envoltente continua, "Regla del rotulador" y ventilación con recuperador de calor
Fuente: Energiehaus

La ventilación con recuperador de calor permite una renovación continua del aire interior al mismo tiempo que mantiene el aire interior en buenas condiciones de salubridad e higiene, reduce los olores, evita la concentración de CO₂, controla el nivel de humedad del aire evitando condensaciones, filtra el 90% de los pólenes y de las partículas nocivas que puede tener el aire (sobre todo en grandes ciudades) y además proporciona un reparto homogéneo de la temperatura interior evitando saltos térmicos.

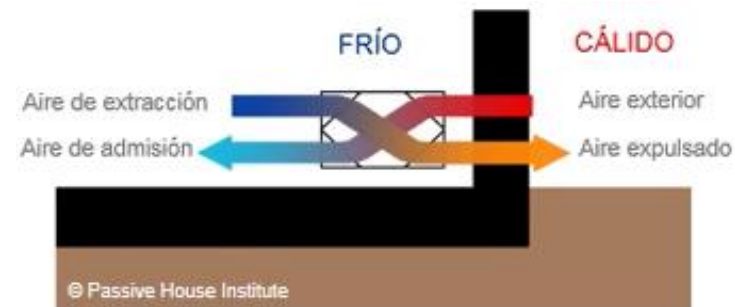
Unas placas del intercambiador de calor transfieren la energía contenida en el aire interior al aire exterior entrante, adaptándose a la temperatura del interior de la vivienda, así funciona el recuperador de calor.

Con temperaturas exteriores bajas. El aire de extracción caliente precalienta el aire del exterior frío gracias al intercambiador de calor.



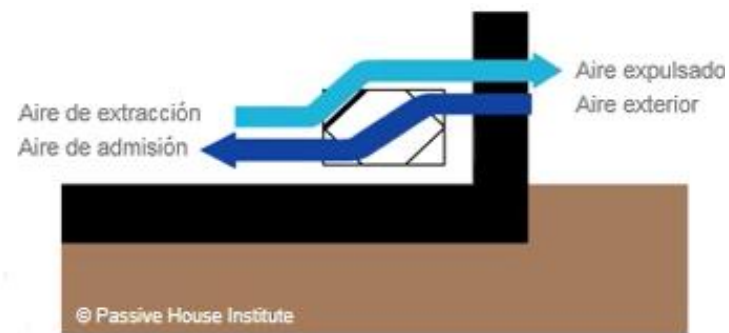
Recuperador de calor
Fuente: Passive House Institute

Con temperaturas exteriores altas. El aire de extracción frío enfría el aire del exterior caliente gracias al intercambiador de calor.



Recuperador de calor
Fuente: Passive House Institute

Si el clima en el que se encuentra el edificio tiene épocas del año en las que la temperatura exterior es similar a la interior, a este sistema de ventilación se le puede añadir un **Bypass** que permite el funcionamiento sin recuperador de calor, de manera que nos ahorramos el funcionamiento de los ventiladores. Esta medida puede ser muy útil en algunos de los climas que se dan en España.



Bypass en el recuperador de calor
Fuente: Passive House Institute

Muchos de los estándares de construcción pasiva diseñan sus edificios con ventilación con recuperador de calor de manera obligatoria como único sistema de ventilación posible. En España, el **CTE debería estudiar todos los climas** para establecer que sistemas de ventilación son posibles, ya que aunque lo mejor sería instalar de manera obligatoria la ventilación con recuperador de calor y bypass, en climas templados donde la temperatura interior y exterior es similar durante cualquier época del año, el recuperador de calor tendría un rendimiento bajo, haciendo innecesaria su instalación.

5.2.3. Ventilación natural (clima mediterráneo)

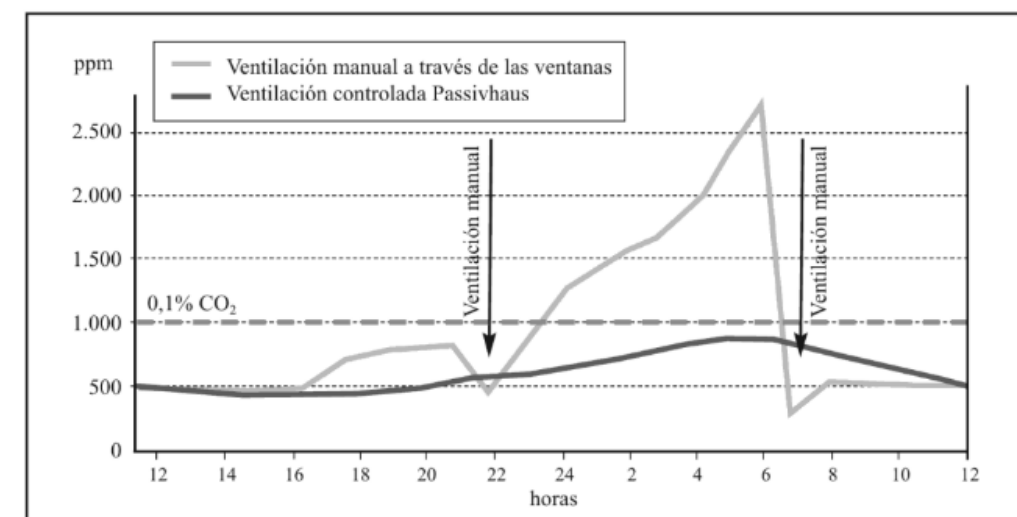
El CTE define la ventilación natural como “*ventilación en la que la renovación del aire se produce exclusivamente por la acción del viento o por la existencia de un gradiente de temperaturas entre el punto de entrada y el de salida.*”¹⁴

En el DB- HS3 (en los comentarios del Ministerio) se indica que “No se acepta que la ventilación sea exclusivamente natural para garantizar su adecuado funcionamiento en todo momento y evitar su fallo, por ejemplo en momentos de inversión térmica.”

En viviendas convencionales, antes de que se aplicase el CTE, se permitía ventilar con sistemas de ventilación natural. De hecho, este ha sido **el sistema que se ha empleado a lo largo de la historia** con éxito. Si el diseño del edificio se realiza de manera correcta no debería haber problemas para aplicar sistemas 100% de ventilación natural. El aire siempre estará en movimiento, ya sea por efectos del viento o térmicos y los caudales que exige la normativa se cumplirán con facilidad.

Los problemas que hay que tener en cuenta a la hora de aplicar este sistema son:

- Puede ser un problema de discomfort térmico en invierno al producirse una pérdida energética importante. No se debe realizar en cualquier zona, habría que hacer un estudio de los diferentes climas.
- No se filtra el aire, ni la contaminación ni el polen. Esto en ciudad puede ser un gran problema.
- Se realiza de manera manual, por lo que necesita la concienciación y motivación de los usuarios. No suele ser tan regular como sucede con la ventilación controlada pero en un clima adecuado permite ventilar de manera adecuada.

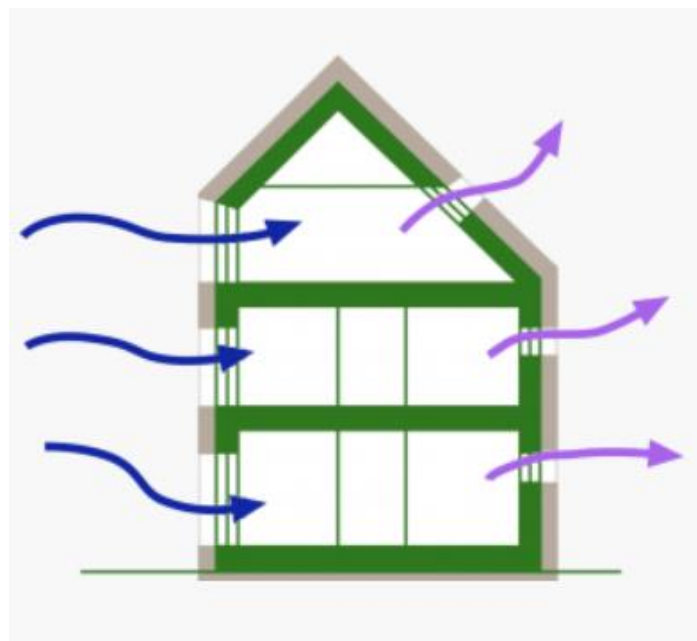


Comparación de la concentración de CO₂ en una vivienda con ventilación natural y mecánica
Fuente: Micheel Wassouf

¹⁴ Apéndice A. DB-HS3, Código Técnico de la Edificación 2019

Considerando que la ventilación natural puede complementar otros sistemas de ventilación en algunas zonas climáticas, sería conveniente incluir mapas de contaminación acústica locales.

En el **clima mediterráneo**, la ventilación natural es muy importante para evitar el sobrecalentamiento. En verano, cuando al anochecer baja la temperatura, abrir las ventanas ayuda a descargar el calor acumulado durante el día. Además durante el día, si la temperatura exterior es similar a la interior, se generan corrientes de aire que mejoran el confort climático. En el caso de realizar la ventilación cruzada, el efecto será mucho mayor. Existen otras soluciones típicas de la cultura mediterránea que pueden favorecer el comportamiento térmico del edificio como la fachada ventilada, cubierta ventilada, forjados sanitarios, invernaderos o galerías.



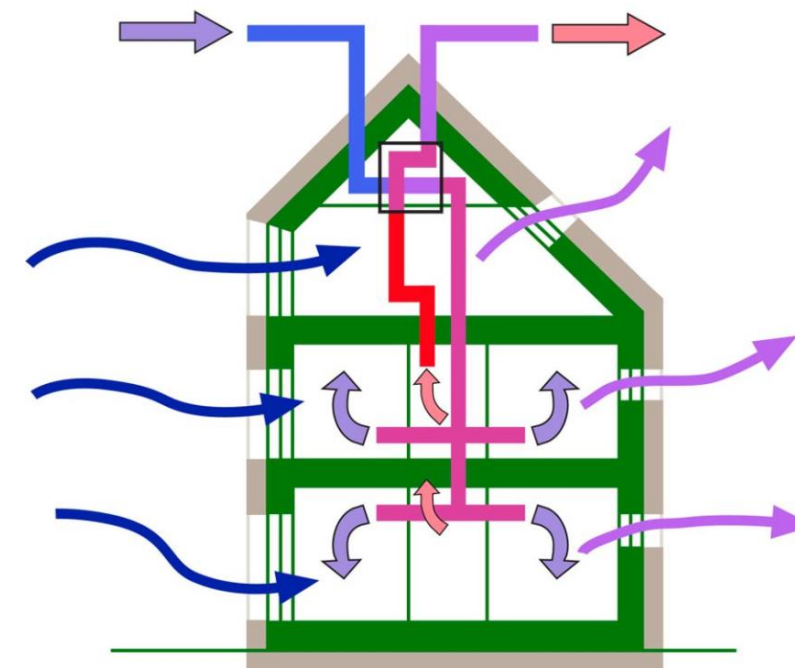
Ventilación natural cruzada
Fuente: Energiehaus

Otra opción en casas pasivas, sería usar sólo las funciones de extracción y expulsión del aire de la ventilación mecánica, sin que funcione la admisión, ya que esta la realizaremos con la abertura de las ventanas. Esta alternativa será posible cuando la temperatura exterior lo permita. Hay que tener en cuenta que el aire no se filtra.



Ventilación natural con extracción mecánica
Fuente: Contart, Rafael Gracia Aldaz

Aprovechando los climas que tenemos en España, el CTE debería plantearse usar la ventilación natural de viviendas como **sistema complementario** a otros sistemas de ventilación mecánica, ya que si las condiciones son adecuadas, la ventilación natural puede ser suficiente para garantizar la salubridad del interior de las viviendas.



Ventilación natural a través de las ventanas y ventilación con recuperador de calor
Fuente: Energiehaus

5.3. PÉRDIDAS ENERGÉTICAS POR VENTILACIÓN

Tabla 2.1 Caudales mínimos para ventilación de caudal constante en locales habitables

Tipo de vivienda	Caudal mínimo q _v en l/s				
	Locales secos ^{(1) (2)}			Locales húmedos ⁽²⁾	
	Dormitorio principal	Resto de dormitorios	Salas de estar y comedores ⁽³⁾	Mínimo en total	Mínimo por local
0 ó 1 dormitorios	8	-	6	12	6
2 dormitorios	8	4	8	24	7
3 o más dormitorios	8	4	10	33	8

Caudal mínimo para ventilación de caudal constante en locales habitables
Fuente: DB-HS3

Elegimos el valor más alto del caudal de admisión y extracción, de manera que esté equilibrado.

$$Q_v = q_v \cdot 0.33 \cdot \Delta t$$

c: Capacidad calorífica del aire (0,33 Wh/m³ K)

q_v: caudal mínimo de ventilación (L/S)

ΔT: incremento de Temperatura (°C)

Para el ejemplo, utilizamos un edificio situado en Granada (zona C3). El clima de Granada capital es mediterráneo de interior, donde los inviernos son largos y fríos. Para el caso de estudio suponemos un mes de Enero con una temperatura media de 4° y se quiere alcanzar la temperatura de confort de 21°. En el caso de que se use recuperador de calor habrá un salto térmico de 2°.

Ventilación mecánica sin recuperador de calor

Vivienda	q _{viv} (l/s)	q _{viv} (m3/h)	Δt	Q _v (W)
0 o 1 dormitorio	14	50,4	17 °C	282,75
2 dormitorios	24	86,4		484,70
3 o más dormitorios	33	118,8		666,46

Fuente: Elaboración propia

Ventilación mecánica con recuperador de calor

Vivienda	q _{viv} (l/s)	q _{viv} (m3/h)	Δt	Q _v (W)
0 o 1 dormitorio	14	50,4	2 °C	33,26
2 dormitorios	24	86,4		57,02
3 o más dormitorios	33	118,8		78,41

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar cómo se reducen de manera importante las pérdidas por ventilación si incorporamos un recuperador de calor en la ventilación.

Superficie de puente térmico producido por aberturas de admisión y extracción en fachadas y carpinterías.

Tabla 4.1 Área efectiva de las aberturas de ventilación de un local en cm²

Aberturas de ventilación	Aberturas de admisión	4·q _v ó 4·q _{va}
	Aberturas de extracción	4·q _v ó 4·q _{ve}
	Aberturas de paso	70 cm ² ó 8·q _{vp}
	Aberturas mixtas ⁽¹⁾	8·q _v

Tabla con valores para cálculo de área efectiva de las aberturas de ventilación
Fuente: DB-HS3

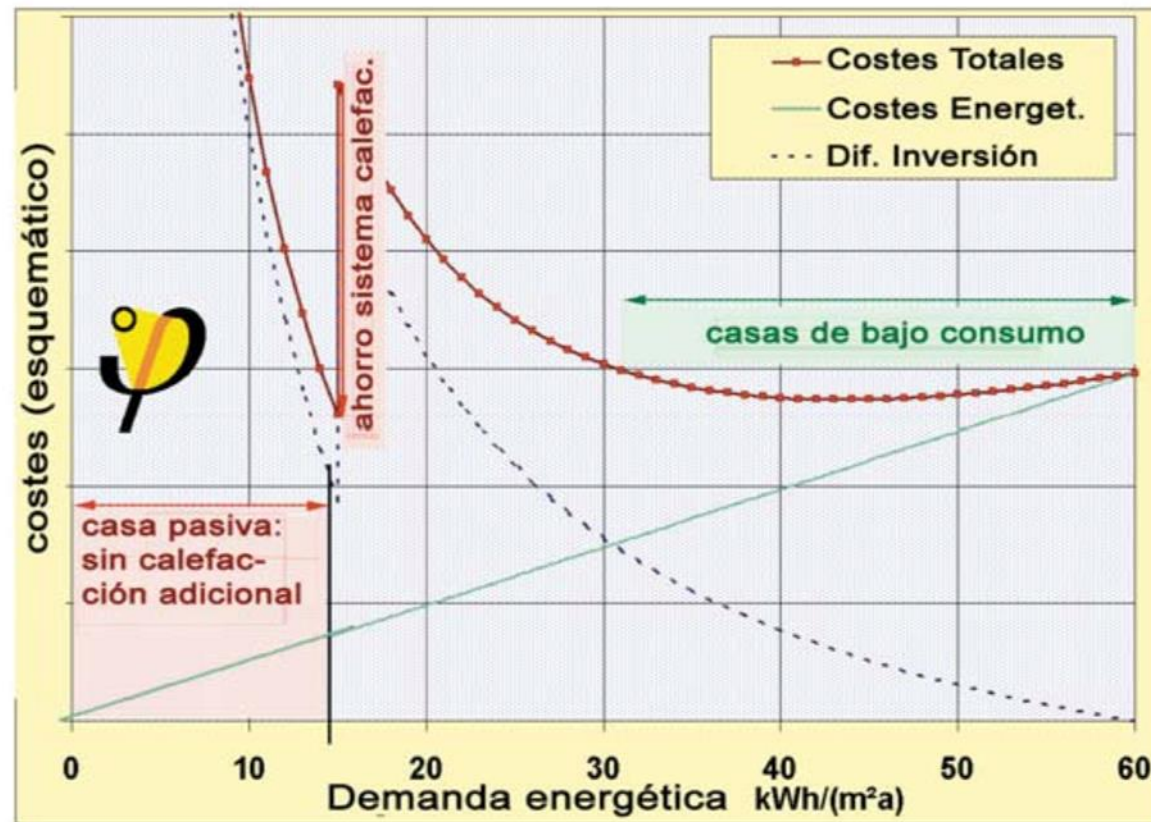
Vivienda	q _{viv} (l/s)	S (cm ²)
0 o 1 dormitorio	14	56
2 dormitorios	24	96
3 o más dormitorios	33	132

Fuente: Elaboración propia

Habrán tantos puentes térmicos como aberturas de admisión haya, la superficie total de todos ellos será el obtenido en la tabla según el tipo de vivienda.

6.¿ Por qué invertir en un edificio de consumo casi nulo?

En la construcción de un edificio pasivo se debe contar con un coste añadido en la ejecución frente a la metodología tradicional. Por ello, se hace necesario encontrar un nivel de equilibrio entre el coste adicional que se genera y el grado de ahorro que se logra.



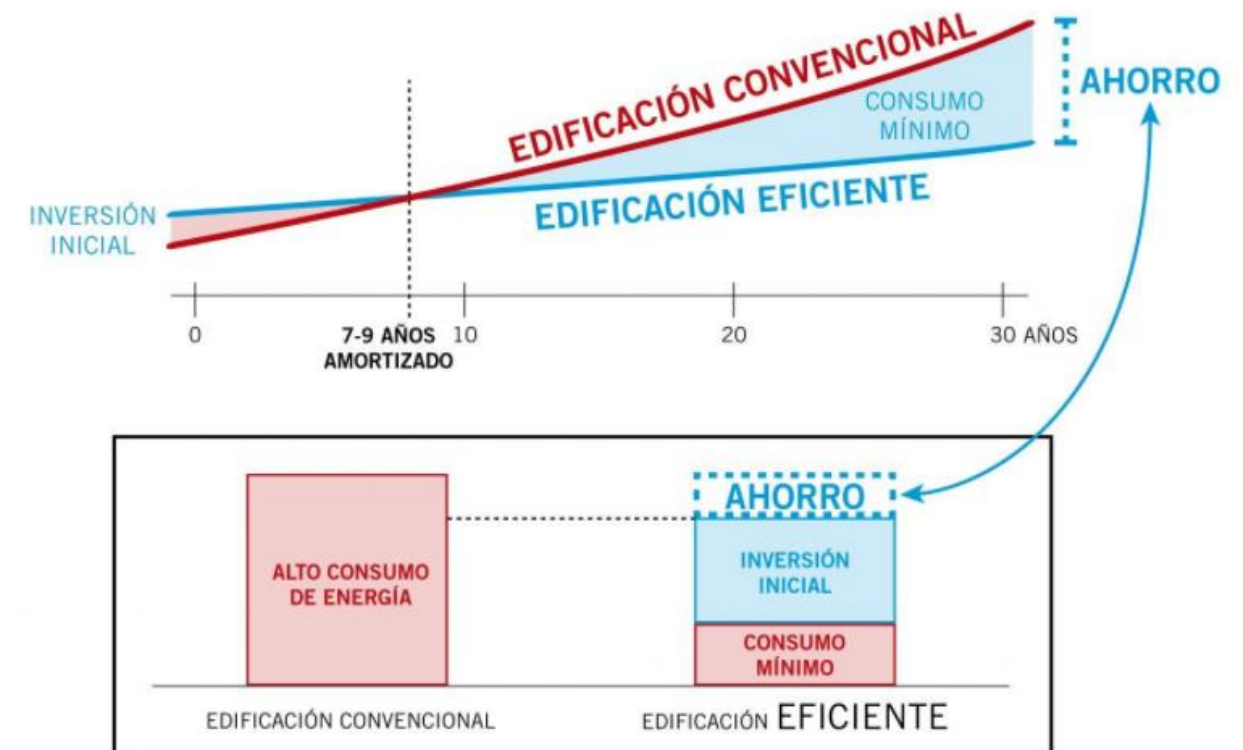
Costes acumulados a 20 años
Fuente: Passive House Institute

Los costes de inversión pueden ser más altos que los de un edificio convencional, pero gracias a los **bajos costes de funcionamiento** debido al ahorro energético, estas construcciones son **rentables a largo plazo**. Se recupera la inversión a partir de **7-9 años**, y a partir de ese momento es ahorro.

En España, la construcción de casas pasivas y eficientes, y en concreto, la construcción con el estándar Passivhaus, está siendo cada vez más conocida debido al interés mayor de la ciudadanía en casas eficientes, y sobretodo el interés de los diseñadores y profesionales de la construcción. Esto ha supuesto una caída importante de los costes adicionales de los edificios pasivos al haber más competencia. Teniendo un **sobrecoste de 5 % - 15%** con respecto a una construcción convencional que depende del edificio y del diseño, pero como hemos comentado anteriormente este sobrecoste se amortiza en pocos años.

EFICIENCIA = AHORRO + CONFORT + SALUD

GRÁFICOS DE COSTES: CONSUMO + INVERSIÓN



Gráfica relación
Fuente: Uno100 arquitectos

Además, no podemos olvidar que hay un aspecto que no se valora económicamente y que desde el primer momento es rentable, el confort y la calidad del aire interior en estas viviendas. No puede ser que la principal barrera cuando hablamos del **confort de los usuarios**, sea el coste de la edificación. Si es cierto que se podrían fomentar ayudas para construir NZEB.

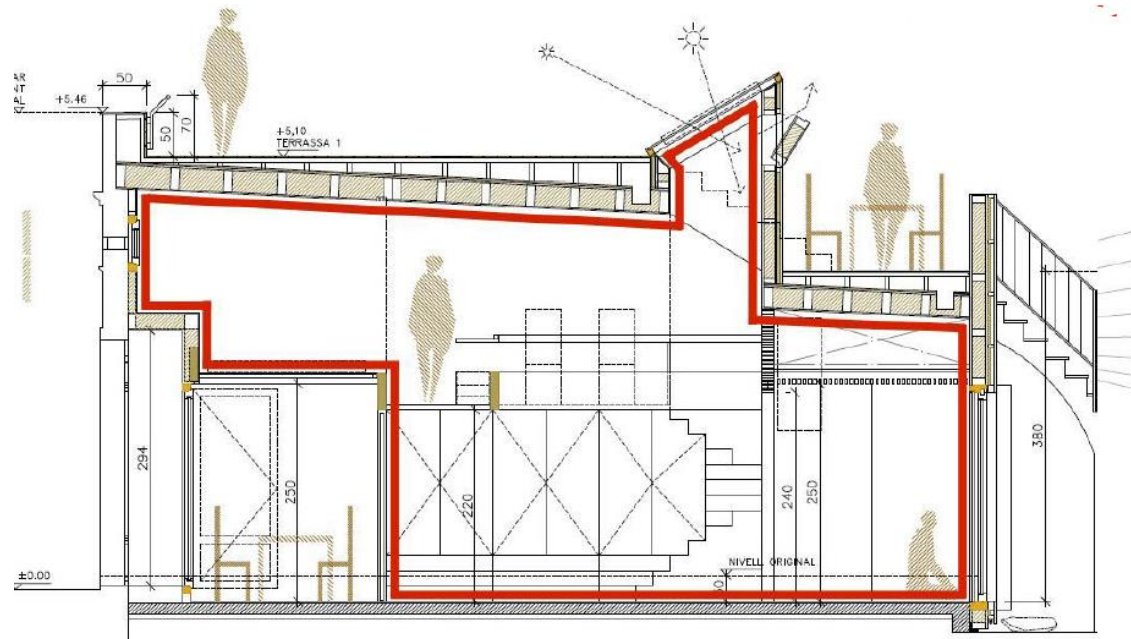
6.1. Ejemplo práctico. Comparación económica de una rehabilitación Enerphit y una rehabilitación con CTE

La casa eficiente MZ. Calderon folch Arquitectes

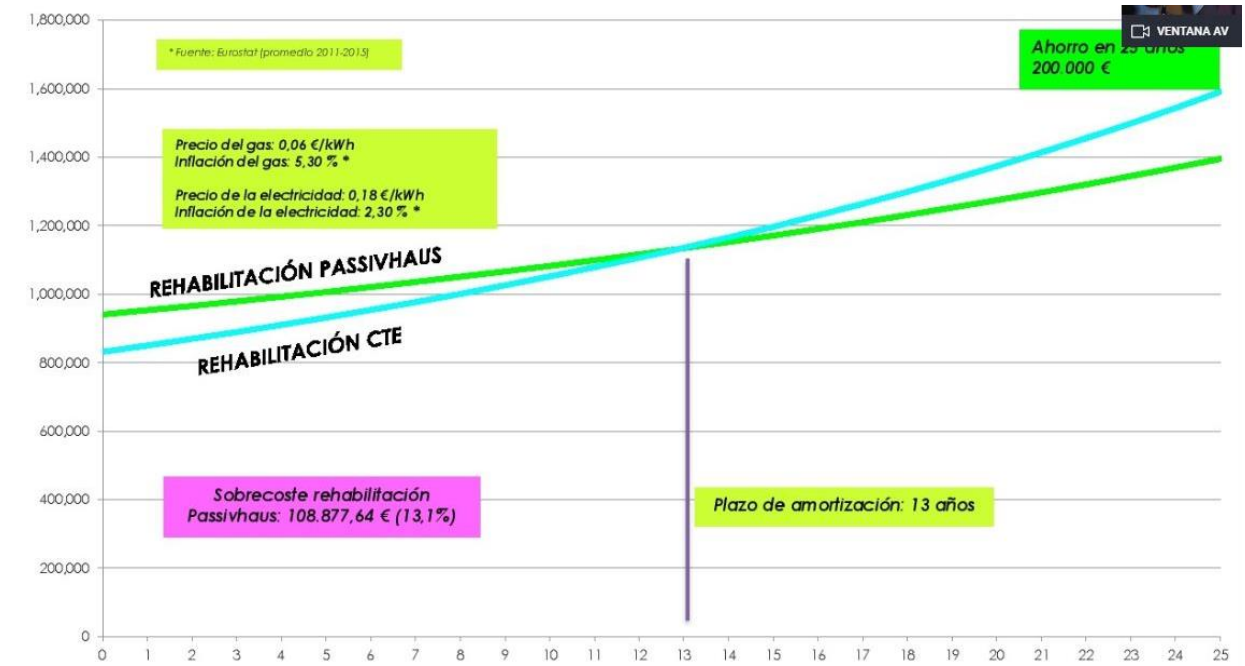
Hay que destacar que se trata de una rehabilitación, si fuese un edificio nuevo el periodo de amortización se daría antes y el ahorro económico a los 25 años sería mayor.



Imagen interior de la vivienda
Fuente: Plataforma de arquitectura

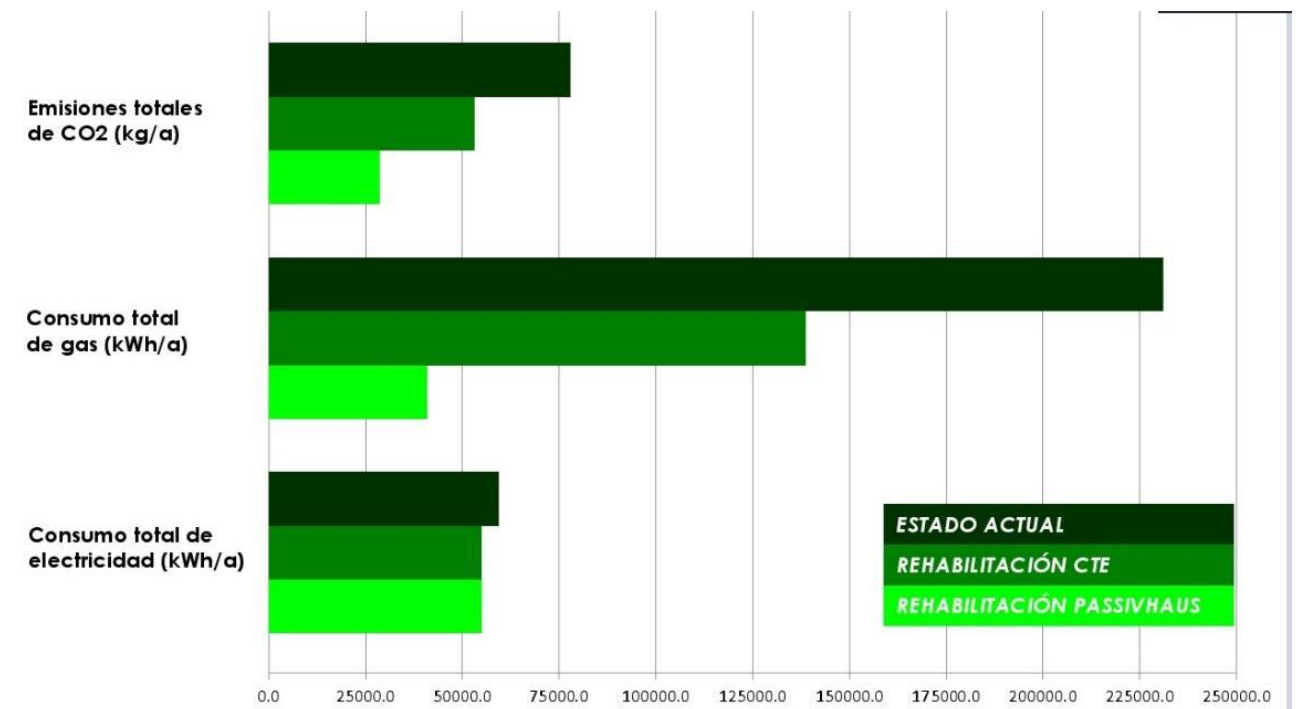


Sección constructiva con regla del rotulador
Fuente: Zhender group.



Comparación económica de una rehabilitación con CTE y passivhaus

Fuente: Conferencia On-line "La rehabilitación energética Enerphit" realizada por Micheel Wassouf.



Comparación de emisiones y consumos de una rehabilitación con CTE y passivhaus

Fuente: Conferencia On-line "La rehabilitación energética Enerphit" realizada por Micheel Wassouf.

7. Conclusiones

El análisis y estudio del presente trabajo, sirve para ratificar el camino de mejora que debe realizar CTE si quiere llegar a construir Edificios de Consumo Casi Nulo y cumplir así con las exigencias europeas de cara al "horizonte 20".

No solo hay que centrarse en las viviendas de nueva construcción. En España, el 50% de las viviendas son anteriores a la aparición de las primeras normativas de eficiencia energética. El 37% están construidas bajo los parámetros establecidos en el NBE-CT-79 que establecía un nivel de exigencia mínimo. Es necesaria la renovación del parque edificatorio español si realmente se quiere reducir el impacto energético del conjunto de los edificios y alinearse con las Directivas Europeas en materia de eficiencia energética.

El **CTE** no obliga a hacer las cosas mal, pero si es cierto que promueve infiltraciones, puentes térmicos, desequilibrios de caudales, etc, por lo que debería **plantearse una mejora del DB-HE1 y DB-HS3** con las pautas mostradas en el presente trabajo.

7.1. DB-HE1 → ENFOCADO EN UNA ENVOLVENTE CONTINUA CON BAJAS TRANSMITANCIAS

Un **Edificio de Consumo Casi Nulo** se debe principalmente a medidas pasivas, principalmente a una **envolvente térmica continua**. El CTE debe potenciar esta idea de capa de aislamiento continua evitando puentes térmicos e infiltraciones.

Además, debe deshacerse de los sistemas de construcción tradicionales ya que los espesores de aislamiento para conseguir NZEB propician espesores de cerramientos muy grandes que deberían ser solucionados con cerramientos ligeros. Este aumento de espesor se debe a la **mejora de la transmitancia** que debe realizarse, llegando a espesores incluso de 15cm. Esta transmitancia no solo tendrá en cuenta la **zona climática de invierno**, sino que también tendrá en cuenta las **zonas climáticas de verano**.

Lo que antes era una cámara de aire, luego un pequeño espesor de aislamiento con cámara de aire, necesariamente debe evolucionar hacia una única capa de aislamiento térmico (capa de máxima resistencia). Mejorará las prestaciones usar distintos materiales de aislamiento con diferentes propiedades: reflexivos, rígidos, moldeables (permite el paso de instalaciones como por ejemplo la lana de roca), etc.

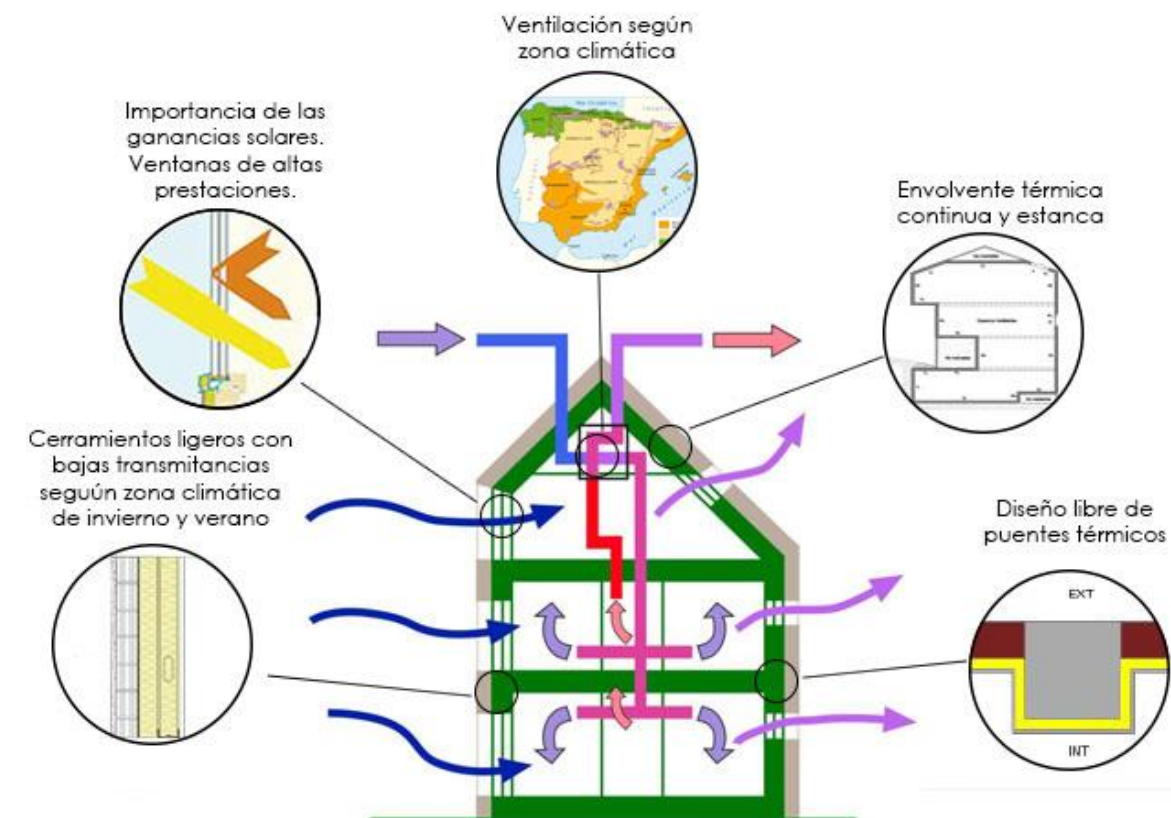
Además, en suelos y cubiertas transitables, grandes espesores de aislamiento pueden ser comprimidos, por lo que las **marcas comerciales deberán estudiar y evolucionar** en este camino.

7.2. DB-HS3 → ENCAMINADO A UNA REVISIÓN COMPLETA

El CTE debería cambiar por completo el enfoque y permitir **según el clima** y el microclima del emplazamiento la **ventilación natural**. Debido a que las condiciones microclimáticas pueden variar a lo largo del día, sería conveniente introducir **diferentes sistemas de ventilación en un mismo edificio**, para poder combinar diferentes soluciones según las condiciones climáticas.

Lo mejor sería una ventilación con recuperador de calor pero no siempre es necesario, por ejemplo, en el clima mediterráneo se puede combinar con ventilación natural o directamente una ventilación mecánica sin recuperador de calor que también admite filtros y permite automatización si fuese necesario. Existen varias soluciones, siempre dependiendo del clima. La ventilación mecánica controlada de doble flujo se debería realizar con **ventiladores independientes de admisión y extracción para cada vivienda**.

La **ventilación híbrida y la ventilación únicamente por extracción mecánica** (admisión por aberturas en carpintería y fachada) **no se deberían permitir**, ya que es un despropósito todas las aberturas de admisión que se realizan en fachadas y carpinterías que suponen un importante puente térmico (irregularidad en la envolvente continua) y, por lo tanto, una importante pérdida energética. Además, inducen a olores no deseados, contaminantes y a un desequilibrio de caudales.



Principios para conseguir un NZEB, camino a seguir de CTE

Fuente: Elaboración propia

Es cierto que hay que mejorar los documentos, pero también es verdad que **en ningún momento CTE nos prohíbe** construir edificios pasivos, sabemos las pautas y solo hay que aplicarlas a la hora de diseñar. Además, hay que empezar a valorar el confort de los usuarios que habitan los edificios que proyectamos.

**“No es eficiente el que más tiene, sino el que menos necesita.
La importancia de necesitar poco y reducir la demanda. La necesidad, siempre actual
de la arquitectura, de construir bien”.**

8. Bibliografía

LEYES Y NORMATIVA

DIRECTIVA (UE) 2010/31. Diario oficial de la Unión Europea, L 153, pp 13-35, 2010. URL: http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Directiva_2010-31_UE_EE_en_edificios_Refundicion_d3ee0458.pdf

DIRECTIVA (UE) 2012/27. Diario Oficial de la Unión Europea, L 315, pp 1-56, 2012. URL: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=OJ:L:2012:315:FULL&from=ES>

DIRECTIVA (UE) 2018/844 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO. Diario Oficial de la Unión Europea, L 156/80, 2018. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L0844&from=EN>

RD 238/2013. Boletín Oficial del Estado 89, 3905, pp 27563-27593, ISSN: 0212-033X URL: <https://www.boe.es/boe/dias/2013/04/13/pdfs/BOE-A-2013-3905.pdf>

RD 235/2013. Boletín Oficial del Estado 89, 3904, pp 27548-27562, ISSN: 0212-033X, 2013. URL: <https://www.boe.es/boe/dias/2013/04/13/pdfs/BOE-A-2013-3904.pdf>

RD 233/2013. Boletín Oficial del Estado 86, 3870, pp 26623-26684, ISSN: 0212-033X, 2013. URL: <https://www.boe.es/boe/dias/2013/04/10/pdfs/BOE-A-2013-3780.pdf>

RD 733/2019. Boletín Oficial del Estado 311, 18528, pp 140488-140674, 2019. URL: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2019/12/20/732/dof/spa/pdf>

CTE

Código Técnico de la Edificación (CTE) que desarrolla las exigencias de deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad establecidos en la Ley 38/199 de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (LOE). URL: <http://www.codigotecnico.org/>

Versiones:

DB-HE_28/03/2006
DB-HE_08/11/2013
DB-HE_20/12/2019

DB-HS_28/03/2006
DB-HS_20/12/2019

Documentos de apoyo:

DA_DB-HE1
DA_DB-HE2
DA_DB-HE3

ARTÍCULOS

ONU-HÁBITAT, "Las ciudades, "causa y solución" del cambio climático", 2011. URL: <https://onuhabitat.org.mx/index.php/las-ciudades-causa-y-solucion-del-cambio-climatico>

Micheel Wassouf, *Comparativa crítica entre el futuro CTE-HE y el estándar Passivhaus*, e-ficiencia, 2018. URL: <https://e-ficiencia.com/comparativa-cte-he-estandar-passivhaus-energia-primaria/>

Lizundia-Uranga, I. *La solución de fachada convencional del periodo desarrollista en el caso de Gipuzkoa: declive (y final) de un sistema constructivo*. Informes de la Construcción, 67(538): e079, 2015. URL: <http://dx.doi.org/10.3989/ic.13.167>

Empresa Método Crea. *Cámaras de aire, aíslalas correctamente*, 2017. URL: <https://metodocrea.es/camaras-de-aire-aislalas-correctamente>

Agnieszka Stepien y Lorenzo Barnó. *Breve historia del aislamiento térmico*, 2014. URL: <https://aislamientosostenibilidad.es/del-homo-habilis-al-homo-sapiens-breve-historia-del-aislamiento-termico/>

Estudio Madrid Arquitectura. *CTE 2013, CTE 2019 y estándar Passivhaus*, 2019. URL: <https://aislamientosostenibilidad.es/del-homo-habilis-al-homo-sapiens-breve-historia-del-aislamiento-termico/>

Empresa Solar&Palau. *Sistemas de renovación de aire en viviendas: ventilación natural y mecánica*, 2016. URL: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/ventilacion-natural/>

Gracia Aldaz, Rafael. *El estándar passivhaus en el clima mediterráneo ¿Cómo disipar el calor? – Contart*, 2018. URL: <https://contart.es/blog/2018/05/24/el-estandar-passivhaus-en-el-clima-mediterraneo-como-disipar-el-calor/>

Empresa Siber ventilación. *Ventilación Híbrida Controlada (VHC), ¿cómo funciona y qué beneficios aporta?*, 2016. URL: <https://www.siberzone.es/blog-sistemas-ventilacion/ventilacion-hibrida-controlada-vhc/>

Mesa de trabajo ASA (Asociación Sostenibilidad y Arquitectura). *CTE-HS: MEJORA, CORRECCIÓN, CRÍTICA O APOYO*, 2018. URL: <https://www.siberzone.es/blog-sistemas-ventilacion/ventilacion-hibrida-controlada-vhc/>

Estudio arquitectura UNO100. *Apostamos por Passivhaus. ¿ Por qué invertir en construcción eficiente?*, 2019. URL: <https://www.unocienarquitectos.com/apostamos-por-passivhaus-por-que-invertir-en-una-vivienda-eficiente/>

Kommerling. *Cuánto más cuesta construir «pasivo»*, 2016. URL: <https://retokommerling.com/cuanto-mas-cuesta-construir-pasivo/>

DOCUMENTOS

García Quesada, Rafael. Apuntes de las asignaturas de Instalaciones II de ETSAG

Wassouf, Micheel. Passivhaus: de la casa pasiva al estándar, Barcelona, Gustavo Gili, 2014.

Zabalza Bribián, Ignacio; Aranda Usón, Alfonso. Ecodiseño en la edificación (Serie Eficiencia Energética): Prensas universitarias de Zaragoza, 2011.

Pérez Marraco, Cristian. Análisis de la monitorización de la Larixhaus (TFG). Barcelona, Escuela Técnica Superior de Barcelona, 2017.

Prieto García, Francisco Fermín. Estudio del estándar Passivhaus, aplicación y comparativa con el CTE (Trabajo Fin de Máster), Universidad de Alicante.

Manual de PHPP Versión 8 (2013). Passive House Institute.

Guía de estándar Passivhaus. "Edificios de gasto casi nulo". Fundación de energía de la comunidad de Madrid.

PÁGINAS WEB

Energiehaus Edificios pasivos: <http://www.energiehaus.es/>

Plataforma Edificación Passivhaus (PEP): <http://www.plataforma-pep.org/>

Passive House Institute: <https://passivehouse.com/>

Edificación. Calificación energética de edificios, IDAE:
<https://www.idae.es/tecnologias/eficiencia-energetica/edificacion/calificacion-energetica-de-edificios>

Passivhaus Costa del Sol: <https://www.passivhauscostadelsol.com/>

Madriarquitectura: <https://www.passivhauscostadelsol.com/>