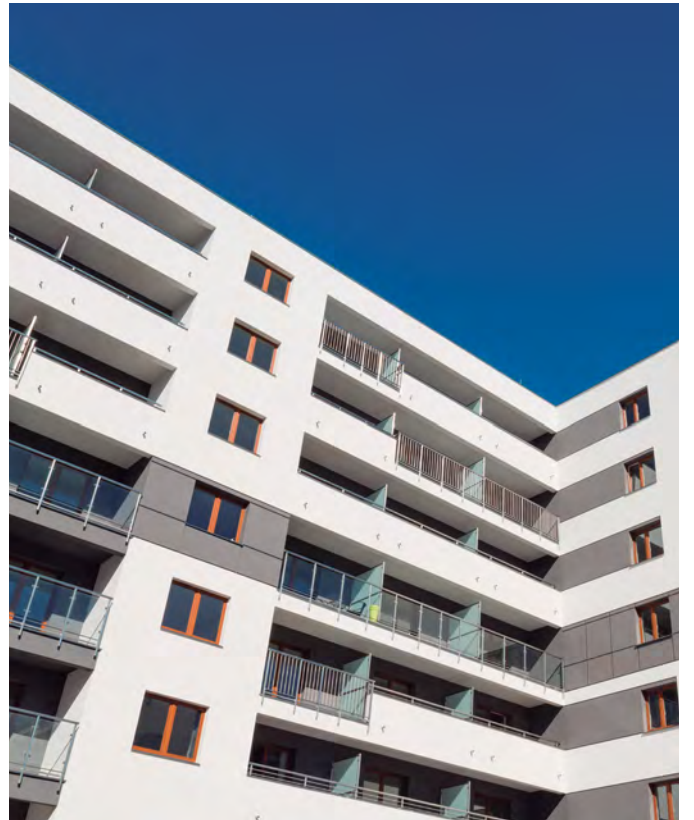


EL AISLAMIENTO EN LA ENVOLVENTE OPACA



challenge.
create.
care.



EL AISLAMIENTO
EN LA ENVOLVENTE OPACA

01. IMPORTANCIA DEL AISLAMIENTO	04
02. CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN	06
03. ESPECIAL REHABILITACIÓN	19
04. AISLAMIENTO EN LA ENVOLVENTE	34
05. FACHADA SATE	40
06. FACHADA VENTILADA	55
07. FACHADA CARA VISTA	70
08. SOLUCIONES CUBIERTA	81
09. SOSTENIBILIDAD	90
ANEXO	94

1. IMPORTANCIA DEL AISLAMIENTO



El aislamiento es la primera y más efectiva medida para el ahorro energético.

A nivel mundial, en el año **2018** se instalaron **27,5** billones de m² de aislamiento, lo que evitó que se emitieran a la atmósfera **5.000** millones de toneladas de CO₂. Esta reducción representa el **15%** del total de emisiones que se evitaron gracias a la reducción de energía necesaria para mantener unas condiciones de confort térmico en el interior de la vivienda.

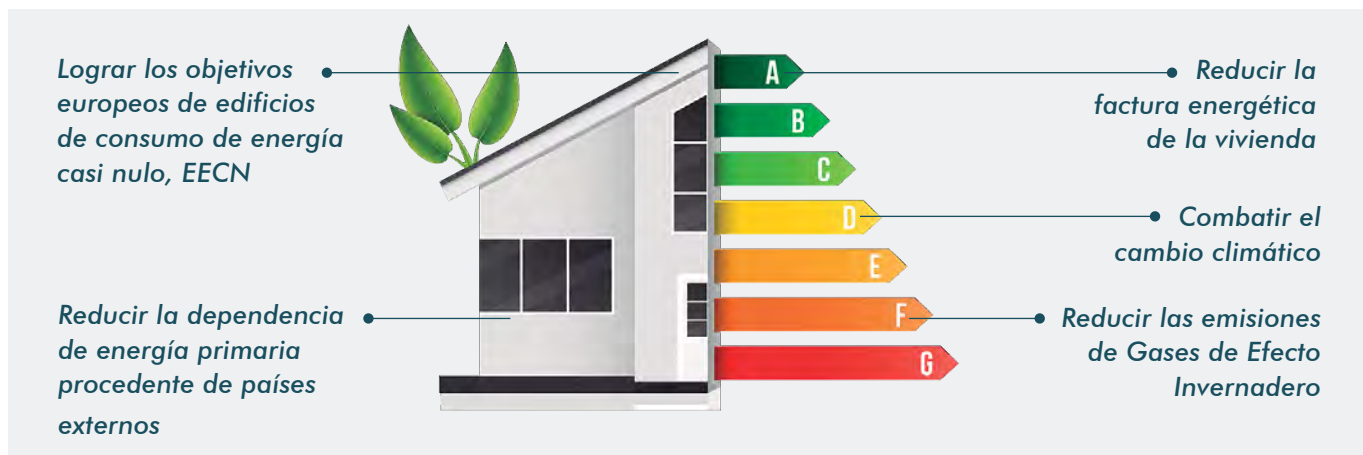
En Europa, el **40%** del consumo de energía total proviene del parque de viviendas. La calefacción y refrigeración es de donde proviene la mayoría de ese consumo de energía total, siendo un **66%** el destinado a calefacción.

El aislamiento en lana mineral es un producto único, altamente versátil y con la capacidad de mantener intactas sus prestaciones térmicas y acústicas a lo largo de la vida útil del edificio (estimada en 50 años). Esto hace que, entre todas las soluciones de aislamientos del mercado, la lana mineral sea el de más alta calidad por los siguientes motivos:



- Por el uso responsable de recursos naturales renovables
- Por el alto contenido en material reciclado
- Por un proceso productivo respetuoso con el medio ambiente

Las excelentes propiedades térmicas contribuyen de manera activa y rentable a la reducción del consumo de energía del sector de la edificación que tiene como consecuencia directa:



Por lo tanto, de entre todas las alternativas de mejora que se pueden realizar en una vivienda (equipos de climatización, alumbrado, etc.), el aislamiento es la medida pasiva más efectiva y eficiente.

Un estudio realizado por McKinsey/Vattenfall (ver bibliografía) para EURIMA analiza qué medidas serían las más eficaces para obtener una reducción en las emisiones de GEI (Gases Efecto Invernadero) y cuál sería su coste asociado.

Las conclusiones del estudio son:

- *Existe el potencial real que en 2030 se puedan reducir las emisiones en un 35% comparadas con las de 1990.*
- *El coste total de implementar todas las medidas sería de 530 b€/año hasta el 2020 o 810b€/año hasta el 2030. Si en lugar de implementar todas las medidas, solo se hiciesen aquellas con la relación coste/reducción emisiones más rentables, el coste total sería entre 200b€ - 350 b€ por año hasta el 2030.*
- *De todas las medidas analizadas, las que buscan la eficiencia energética tienen la mejor relación coste-eficacia (reducción de hasta 14 GtCO₂/año hasta el 2030) y, en concreto, el aislamiento en la edificación es la solución más rentable.*
- *Entre las medidas que tendrán un menor coste por tCO₂ dejada de emitir están: renovar el aislamiento en el sector residencial y comercial, cambiar todas las luminarias a tecnología LED, reciclaje de los residuos e implementar medidas de eficiencia energética en el sector industrial.*
- *Por el contrario, entre las medidas que tendrán un mayor coste por tCO₂ dejada de emitir están: reducir la agricultura intensiva, renovar la tecnología CCS (captura y almacenamiento del carbono) en plantas de gas natural y carbón o la tecnología nuclear.*
- *La implementación de todas las medidas analizadas son capaces de evitar la emisión de 38 GtCO₂, de las cuales el 37% corresponde a medidas de eficiencia energética.*

La crítica situación europea de dependencia de países exteriores para el suministro de energía, sumado con el aumento en el consumo y, por lo tanto, la demanda global de energía primaria y la escasez de recursos, hacen que la política energética europea sea una prioridad de primer nivel.

Basándose en el concepto de la **“Tríada Energética”** (figura 1b), Europa define que el ahorro en el consumo de energía tiene que ser el primer paso para la protección del medio ambiente.

En España, el **73%** de la energía que consumimos procede de terceros países, lo que se conoce como dependencia energética.

En nuestro país se dio un paso muy grande en el objetivo de reducción de consumo de energía en el sector de la edificación, cuando en el año 2006 se implantó el Código Técnico de la Edificación, CTE, donde se ordenaba la legislación existente hasta la fecha en el sector de la construcción y se empezaba a dar importancia al papel del aislamiento en la reducción del consumo energético de las viviendas.

Así se refleja en la década del 2008 al 2018 donde España redujo el consumo de energía de su parque de edificios en un **3,6%** (fuente: EUROSTAT), ayudado también por el impacto que tuvo la crisis económica.



Figura1 b - Tríada de la Energía por “Delft University of Technology” (fuente EURIMA).

2. CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN



ANTECEDENTES

Desde la aparición de la primera directiva EPBD 2002/91/EC en **2002** (EPBD - Energy Performance of Buildings Directive), la estrategia de la UE se ha encaminado a aumentar la eficiencia energética de los edificios para disminuir la demanda energética a través de la limitación en el consumo.

Estos cambios en la legislación se enmarcan dentro de un evidente escenario de calentamiento global debido en gran medida a las emisiones a la atmósfera de gases de efecto invernadero.

EL CTE SE ACTUALIZÓ EN DICIEMBRE DEL 2019 POR LOS SIGUIENTES MOTIVOS:

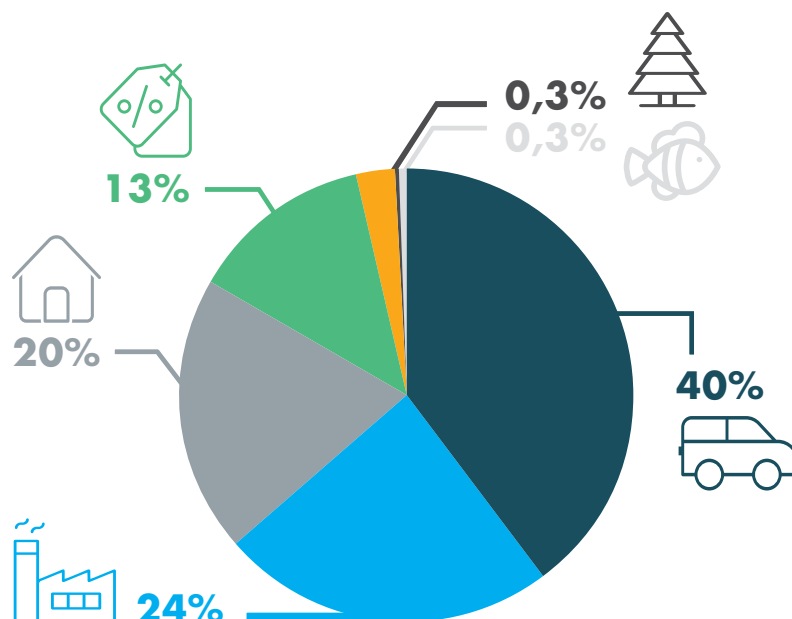
- ✓ *Cumplir con los acuerdos internacionales para reducir el impacto ambiental de las actividades humanas.*
- ✓ *Disminuir la dependencia exterior que tiene España en la obtención de la energía.*
- ✓ *Reflejar los avances técnicos y tecnológicos y las ventajas que conllevan.*

Los distintos países de la Unión, entre ellos España, tienen que incorporar a sus respectivas normativas el concepto de **Edificio de Consumo de Energía Casi Nulo (EECN)**.

Según la Directiva 2010/31, se considera un **Edificio de Consumo de Energía Casi Nulo** aquel edificio con un nivel de eficiencia energética muy alto en el que la cantidad muy baja de energía requerida debería estar cubierta, en muy alta medida, por fuentes de energía renovables.

Según datos del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, los sectores de la **Construcción y Residencial representan el 15% y 14%**, respectivamente, de las emisiones totales de gases de efecto invernadero de nuestro país. Si hablamos en términos de energía, según el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía) los hogares españoles consumen el **18,5%** de la energía final en España.

Por lo tanto, cualquier mejora en la eficiencia energética del sector residencial en España tendrá un impacto directo de importancia en la balanza de emisiones de gases de efecto invernadero y en la reducción de consumo de energía final.



ANÁLISIS CTE VERSIÓN DICIEMBRE 2019

El primer paso que se dio en el sector de la edificación relativo a la eficiencia energética de los edificios fue mediante la aprobación de la Directiva 2002/91/CE que buscaba el ahorro energético y potenciar una edificación sostenible.

Posteriormente, en el año 2006, se aprueba la primera edición del Código Técnico de la Edificación. El objetivo era aunar en un único documento todas las Normas Básicas, Normas Tecnológicas, etc., que hasta la fecha existían.

EL DOCUMENTO MÁS IMPORTANTE DEL CTE EN CUANTO A AHORRO DE ENERGÍA ES EL DB-HE, DOCUMENTO BÁSICO DE AHORRO DE ENERGÍA CUYOS PRINCIPALES PROPÓSITOS SON:

- ✓ Conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios.
- ✓ Reducir a límites sostenibles su consumo.
- ✓ Conseguir que una parte de ese consumo proceda de fuentes de energía renovables.

Este documento tiene por objetivo establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir el requisito básico de ahorro de energía. **En las siguientes secciones se definen dichas exigencias básicas:**

- HE 0 Limitación del consumo energético
- HE 1 Condiciones para el control de la demanda energética
- HE 2 Condiciones de las instalaciones térmicas
- HE 3 Condiciones de las instalaciones de iluminación
- HE 4 Contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria
- HE 5 Generación mínima de energía eléctrica

En este catálogo nos centraremos en las dos primeras, **HE0** y **HE1**, ya que son en las que el aislamiento tiene una participación directa.

Según **EURIMA**, *European Insulation Manufacturers Association* por sus iniciales en inglés, el aislamiento es la primera y más efectiva medida pasiva para el ahorro energético de un edificio.



CONCEPTOS BÁSICOS

Antes de entrar en detalle en el análisis de las exigencias básicas **HE0** y **HE1**, a continuación se definen los conceptos básicos que se verán en este apartado.

ENERGÍA PRIMARIA TOTAL: energía suministrada al edificio procedente de fuentes renovables y no renovables, que no ha sufrido ningún proceso previo de conversión o transformación. Es la energía contenida en los combustibles y otras fuentes e incluye la energía necesaria para generar la final consumida, incluyendo las pérdidas por su transporte hasta el edificio, almacenamiento, etc.

$$\text{ENERGÍA PRIMARIA TOTAL} = \text{ENERGÍA FINAL} + \text{PÉRDIDAS DE TRANSFORMACIÓN} + \text{PÉRDIDAS DE TRANSPORTE}$$

DIFERENCIA ENTRE CONSUMO Y DEMANDA (ENERGÉTICA): la demanda energética de un edificio es la energía que se necesita para mantener, en el interior del edificio, unas condiciones definidas reglamentariamente. Se puede dividir en: demanda de calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria (**ACS**), ventilación, control de la humedad e iluminación. La demanda viene determinada por su aislamiento, compacidad, renovaciones de aire, etc.

Mientras, el consumo de energía está relacionado con el uso del edificio. Es la energía que consumen las instalaciones de un edificio para que se atienda la demanda. Por lo tanto, el consumo es una relación entre las necesidades energéticas de un edificio y el rendimiento de las instalaciones que satisfacen dichas necesidades.

Tanto el consumo como la demanda se expresan con unidades $\text{KW}\cdot\text{h}/\text{m}^2\cdot\text{año}$.

En la última revisión del **CTE**, los consumos de energía que son evaluados para la evaluación de la eficiencia energética de un edificio son:



- Calefacción
- Refrigeración
- Ventilación
- Control de humedad
- ACS
- Iluminación (solo para terciario)

EDIFICIO EECN: aquel edificio nuevo que se construya de acuerdo con el **DBHE2019** y aquellos edificios existentes que cumplan los niveles de edificios nuevos en los indicadores de consumo de energía primaria (no renovable y total).

Nota. En este capítulo no se entrará en detalle en cómo se realiza el cálculo de los diferentes indicadores: transmitancia térmica, permeabilidad, etc. El objetivo de este capítulo es dar a conocer las novedades del CTE, analizar los cambios respecto a la revisión anterior y explicar así como definir el objetivo de todos los indicadores relevantes referentes al Documento Básico de Ahorro de Energía.

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (λ , W/mK): capacidad de un material para dejar pasar el calor. Cuanto más bajo sea este valor, menor cantidad de calor atravesará el material.

TRANSMITANCIA TÉRMICA (U , W/m²K): cantidad de calor que atraviesa un cerramiento compuesto por diferentes materiales.

PUENTE TÉRMICO: zona de la envolvente térmica del edificio en la que se evidencia una variación de la uniformidad de la construcción, ya sea por un cambio del espesor del cerramiento o de los materiales empleados, por la penetración completa o parcial de elementos constructivos con diferente conductividad, por la diferencia entre el área externa e interna del elemento, etc., que conllevan una minoración de la resistencia térmica respecto al resto del cerramiento. Zona de la envolvente térmica.

ENVOLVENTE TÉRMICA: comprende todos los cerramientos y particiones interiores, incluyendo sus puentes térmicos, que delimitan todos los espacios habitables del edificio o parte del edificio. El proyectista tendrá libertad sobre la inclusión.

EXIGENCIA BÁSICA HEO. **LIMITACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO**

El objetivo de esta sección es limitar el consumo energético de los edificios en función de:

- ✓ *Zona climática de invierno de su localidad de ubicación*
- ✓ *El uso del edificio*
- ✓ *En el caso de edificios existentes, el alcance de la intervención*

Esta sección es de aplicación a:



- *Edificios de nueva construcción*
- *Intervenciones en edificios existentes o ampliaciones cuando:*
 - Se incremente más de un **10%** la superficie o el volumen construido de la unidad / unidades de uso sobre las que se intervenga
 - La superficie útil total ampliada supere los **50 m²**
 - Cambios de uso cuando la superficie útil total supere los **50 m²**
 - Reformas en las que se renueven de forma conjunta: instalaciones de generación térmica + más del **25%** de la superficie total de la envolvente térmica final del edificio

La principal diferencia entre las dos ediciones es en cuanto a los indicadores que se utilizan para limitar el consumo de energía primaria. En la edición del **2019** se añade el indicador de "Limitación del consumo de energía primaria total".

DB HE 2013 *HEO*

- *Limitación del consumo de energía primaria no renovable, $C_{ep,nren}$ (KW·h/m²·año)*

DB HE 2019 *HEO*

- *Limitación del consumo de energía primaria no renovable, $C_{ep,nren}$ (KW·h/m²·año)*
- *Limitación del consumo de energía primaria total, $C_{ep,total}$ (KW·h/m²·año)*

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Los nuevos valores límite de consumo de energía primaria no renovable ($C_{ep,nren,lim}$) para uso residencial privado de los espacios contenidos dentro de la envolvente térmica son los que se muestran en la tabla 2.1.2 a.



	ZONA CLIMÁTICA DE INVIERNO					
	α	A	B	C	D	E
EDIFICIOS NUEVOS Y AMPLIACIONES	20	25	28	32	38	43
CAMBIOS DE USO A RESIDENCIAL PRIVADO Y REFORMAS	40	50	55	65	70	80

La principal diferencia con los valores límites marcados en la versión del 2013, es que ahora no se tiene en cuenta la superficie útil de los espacios habitables del edificio ($F_{ep,sup}$, m²), sino que se trabaja con un único valor límite numérico. Tampoco hay un valor base del consumo energético de energía primaria no renovable ($C_{ep,base}$).

	DB HE v.2013 $C_{ep,lim}$	DB HE v.2019 $C_{ep,nren,lim}$	Mejora (%) límite consumo energía primaria no renovable
	$\begin{aligned} &+ \frac{C_{ep,base}}{(F_{ep,sup})} \\ &= 60 + \frac{3000}{1500} \\ &= 62 \text{ KW}\cdot\text{h}/\text{m}^2\cdot\text{año} \end{aligned}$	38 KW·h/m ² ·año	39%

Tabla 2.1.2 b.

Si se realiza la misma operación para todas las zonas climáticas se puede observar que la reducción en el límite de consumo de enegía va desde un **39%** hasta un **52%**.

Por lo tanto, se puede observar que ha habido una mejora sustancial entre las dos ediciones respecto al límite de consumo de energía primaria no renovable.

Tabla 2.1.2 b - Reducción del valor límite $C_{ep,nren,lim}$

En el caso de edificios para uso distinto del residencial privado, los nuevos valores límite de consumo de energía primaria no renovable ($C_{ep,nren,lim}$), de los espacios contenidos dentro de la envolvente térmica son los que se muestran en la tabla 2.1.2 c:

ZONA CLIMÁTICA DE INVIERNO					
α	A	B	C	D	E
$70 + 8 \cdot C_{FI}$	$55 + 8 \cdot C_{FI}$	$50 + 8 \cdot C_{FI}$	$35 + 8 \cdot C_{FI}$	$20 + 8 \cdot C_{FI}$	$10 + 8 \cdot C_{FI}$

Tabla 2.1.2 c.

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA TOTAL

En la edición del **2019**, se mantiene como indicador principal de eficiencia energética el consumo de energía primaria renovable y se introduce un indicador adicional como el consumo de energía primaria total. Este nuevo viene a sustituir a los indicadores de limitación de la demanda energética de calefacción y refrigeración de la edición del **2013**.

Para edificios de uso residencial privado, los valores límite de consumo de energía primaria total ($C_{ep,tot,lim}$) de los espacios contenidos en la envolvente térmica del edificio, no superarán los valores indicados en la tabla 2.1.2 d.

	ZONA CLIMÁTICA DE INVIERNO					
	α	A	B	C	D	E
EDIFICIOS NUEVOS Y AMPLIACIONES	40	50	56	64	76	86
CAMBIOS DE USO A RESIDENCIAL PRIVADO Y REFORMAS	55	75	80	90	105	115

Tabla 2.1.2 d

En el caso de edificios para uso distinto del residencial privado, los nuevos valores límite de consumo de energía primaria total ($C_{ep,nren,lim}$), de los espacios contenidos dentro de la envolvente térmica son los que se muestran en la tabla 2.1.2 e.

ZONA CLIMÁTICA DE INVIERNO					
α	A	B	C	D	E
$165 + 9 \cdot C_{FI}$	$155 + 9 \cdot C_{FI}$	$150 + 9 \cdot C_{FI}$	$140 + 9 \cdot C_{FI}$	$130 + 9 \cdot C_{FI}$	$120 + 9 \cdot C_{FI}$

Tabla 2.1.2 e.

La conclusión que se extrae comparando los indicadores anteriores (energía primaria no renovable y total), es que el **50%** de la energía primaria total que consuma el edificio, en el caso de edificios nuevos y ampliaciones, tiene que provenir de fuentes renovables.

Tabla 2.1.2 c - Valor límite $C_{ep,nren,lim}$ (KW·h/m²·año) para uso distinto del residencial privado

Tabla 2.1.2 d - Valor límite $C_{ep,nren,lim}$ (KW·h/m²·año) para uso residencial privado

Tabla 2.1.2 e - Valor límite $C_{ep,nren,lim}$ (KW·h/m²·año) para uso distinto del residencial privado

EXIGENCIA BÁSICA HE1. CONDICIONES PARA EL CONTROL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

El objetivo de esta exigencia básica es definir las características de la envolvente térmica tales que limiten las necesidades de energía primaria para alcanzar el bienestar térmico en función:

- Del régimen de verano y de invierno
- Del uso del edificio
- En el caso de edificios existentes, del alcance de la intervención

Así mismo, las características de los elementos de la envolvente en función de su zona climática de invierno serán tales que eviten descompensaciones en la calidad térmica de los diferentes espacios existentes.

Esta sección es de aplicación a:



- Edificios de nueva construcción
- Intervenciones en edificios existentes:
 - Ampliaciones
 - Cambios de uso
 - Reformas

Son varias e importantes las diferencias entre las dos ediciones del DBHE. En el siguiente esquema se mencionan. Se realizará un análisis más detallado en su apartado correspondiente.

Todas ellas orientadas a que se realice un diseño y construcción del edificio que demande poca energía para alcanzar las condiciones de confort, de acuerdo a su uso y a las condiciones climáticas del entorno:

DB HE 2013

HE1

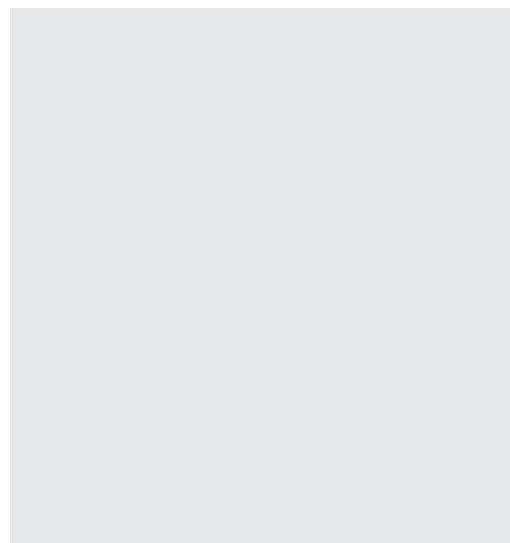
- Limitación de la demanda energética de calefacción y refrigeración, $D_{cal} - D_{ref}$ ($KW \cdot h/m^2 \cdot año$)
- Limitación descompensaciones
- Limitación condensaciones

DB HE 2019

HE1

- Transmitancia de la envolvente térmica, U (W/m^2K)
- Coeficiente global de transmisión de calor, K (W/m^2K)
- Control solar de la envolvente, $q_{sol;jul}$
- Permeabilidad al aire de la envolvente térmica, n_{50}
- Limitación descompensaciones
- Limitación condensaciones

El objetivo principal de los tres indicadores nuevos (K , $q_{sol;jul}$, n_{50}) es controlar la calidad de la envolvente térmica y lograr edificios con diseños bioclimáticos. Este diseño va a ser crucial si se quiere combatir el sobrecalentamiento de los edificios y de esta manera evitar el uso excesivo de medidas de activas de climatización y limitar las emisiones de gases de efecto invernadero.



TRANSMITANCIA DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

La transmitancia térmica indica la cantidad de calor que atraviesa un cerramiento constituido por diferentes materiales. Por lo tanto, cuanto menor sea este valor mejor comportamiento térmico tendrá el cerramiento.

Los valores límite de transmitancia térmica (U_{lim}) que se muestran en la siguiente tabla (Tabla 2.1.3 a) indican los valores límite que deberán cumplir las diferentes soluciones constructivas del edificio de uso residencial privado para el cumplimiento de las condiciones establecidas para el coeficiente global de transmisión de calor (K).

TIPO DE ELEMENTO	ZONA CLIMÁTICA DE INVIERNO					
	α	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior, U_M , U_S	0,56	0,50	0,38	0,29	0,27	0,23
Cubiertas en contacto con el aire exterior, U_M , U_S	0,50	0,44	0,33	0,23	0,22	0,19
Elementos en contacto con espacios no habitables o en terreno, U_T	0,80	0,80	0,69	0,48	0,48	0,48
Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana), U_H	2,7	2,7	2,0	2,0	1,6	1,5

Tabla 2.1.3 a

La tabla que se muestra en este catálogo es la que corresponde a la del Anejo E del CTE. Se ha optado por trabajar con estos valores para la recomendación de espesores ya que son con los que se trabaja a nivel proyectos de arquitectura y son valores orientativos que pueden ayudar al predimensionado de las soluciones constructivas. Más adelante, se verá que es muy necesario tener en cuenta otras acciones como: porcentaje y transmitancia de huecos, orientación, compacidad, etc. para justificar el cumplimiento del DBHE.

Es importante destacar como la tabla del Anejo E solo aplica a edificios de uso residencial privado ya sean obra nueva o intervenciones sobre edificios existentes que afecten a más del **25%** de la envolvente térmica.

**EJEMPLO.**

En la siguiente tabla, se comparan los valores límites de transmitancia térmica (U_{lim}) entre las ediciones del 2013 y 2019.

	2019 vs 2013	α	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior, U_M, U_S	U_M vs U_M	- 40%	0%	0%	0%	0%	- 8%
Muros y suelos en contacto con el aire exterior, U_M, U_S	U_S vs U_S	6%	- 6%	- 17%	- 19%	- 21%	- 26%
Cubiertas en contacto con el aire exterior, U_C	U_C vs U_C	0%	- 6%	0%	0%	0%	0%

Tabla 2.1.3 b

El valor en negativo indica que el valor de U_{lim} ha sufrido una reducción y, por lo tanto, ha mejorado.

Se puede observar que el cerramiento donde se ha realizado una mayor reducción ha sido en suelos en contacto con el aire exterior. En muros apenas se han variado los valores límite, excepto en la zona climática de Canarias y en menor medida en la **zona climática E**. Pasados seis años entre las dos revisiones, se puede considerar que la reducción de los valores límite no ha sido muy significativa. Más si se tiene en cuenta que, según un estudio de la Fundación “La Casa que Ahorra”, el **62%** de la energía que se pierde en una vivienda es a través de la envolvente térmica: muros, cubiertas y suelos. El **25%** corresponde a fachadas y el **30%** a muros.

COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSMISIÓN DE CALOR

Este indicador es nuevo y se incorpora a la última revisión del CTE de diciembre del **2019**. Define el valor medio del coeficiente de transmisión de calor de cada elemento perteneciente a la envolvente térmica (incluyendo puentes térmicos) para la superficie de intercambio térmico de la envolvente. Esta superficie de intercambio incluye la parte opaca y traslúcida de la envolvente térmica.

Para edificios de uso residencial privado, el valor límite K_{lim} (W/m^2K) es el que se muestra en la siguiente tabla (Tabla 2.1.3 c).

	COMPACIDAD V/A (m^3/m^2)	ZONA CLIMÁTICA DE INVIERNO					
		α	A	B	C	D	E
Edificios nuevos y ampliaciones	$V/A \leq 1$	0,67	0,60	0,58	0,53	0,48	0,43
	$V/A > 4$	0,86	0,80	0,77	0,72	0,67	0,62
Cambios de uso. Reformas en las que se renueva más del 25% de la superficie total de la envolvente térmica final del edificio	$V/A \leq 1$	1,00	0,87	0,83	0,73	0,63	0,54
	$V/A > 4$	1,07	0,94	0,90	0,81	0,70	0,62

Tabla 2.1.3 c

En el caso de edificios para uso distinto del residencial privado, los valores límite del coeficiente global de transmisión de calor son los que se muestran en la siguiente tabla (Tabla 2.1.3 d).

	COMPACIDAD V/A (M ³ /M ²)	ZONA CLIMÁTICA DE INVIERNO					
		α	A	B	C	D	E
Edificios nuevos. Ampliaciones. Cambios de uso.	V/A < 1	0,96	0,81	0,76	0,65	0,54	0,43
Reformas en las que se renueve más del 25% de la superficie total de la envolvente térmica final del edificio.	V/A ≥ 4	1,12	0,98	0,92	0,82	0,70	0,59

Tabla 2.1.3 d

Los valores límite de las compacidades intermedias ($1 < V/A < 4$) se obtienen por interpolación. En el caso de las ampliaciones los valores límite se aplicarán sólo en caso de que la superficie o el volumen construido se incrementen más del 10%. Las unidades de uso con actividad comercial cuyo compacidad V/A sea mayor que 5 se eximen del cumplimiento de los valores de esta tabla.

El valor límite del coeficiente vendrá determinado por la zona climática y por la compacidad del edificio. Se entiende por compacidad (V/A) la relación entre el volumen encerrado por la envolvente térmica, expresado en m³ (V), y la suma de las superficies de intercambio térmico con el aire exterior o el terreno de dicha envolvente térmica, expresado en m² (A).

Una primera conclusión que se puede extraer es que cuanto menor sea el valor de compacidad, es decir, mayor superficie de contacto tiene el edificio con el exterior en relación a su volumen interior, más restrictivos serán los valores de K_{lim} .

Los indicadores de límite de consumo de energía primaria no renovable y total del DB HEO, establecen objetivos de consumos límite. Por lo tanto, son **indicadores prestacionales**. Mientras, los indicadores del DB HE1 definen cómo debe ser la configuración de la envolvente para "cumplir" con los valores de los indicadores del DB HEO. Son **indicadores prescriptivos**.



Tras realizar diversas simulaciones, se llega a la siguiente conclusión:

Para poder cumplir con el valor K_{lim} , el porcentaje de huecos, así como su transmitancia térmica, serán dos factores determinantes.

Es posible que edificios con un porcentaje de huecos elevado les sea muy difícil cumplir con el valor K_{lim} . Este podría ser el caso de edificios de oficinas.

CONTROL SOLAR DE LA ENVOLVENTE

Este nuevo indicador define la relación máxima entre las ganancias solares para el mes de Julio, $Q_{sol,jul}$, de los huecos pertenecientes a la envolvente térmica con sus protecciones solares móviles activadas, y la superficie útil de los espacios incluidos dentro de la envolvente térmica, $A_{\text{útil}}$,

USO	$Q_{sol,jul}$
Residencial privado	2,00
Otros usos	4,00

En el certero escenario de calentamiento global al que nos encaminamos, es muy importante que ya en la fase de diseño de un edificio se tenga en cuenta el control solar dinámico, entre otras medidas, para evitar las consecuencias que el sobrecalentamiento tendrá: disconfort térmico, elevado consumo energético y elevadas emisiones de gases de efecto invernadero.

Tabla 2.1.3 e

Por lo tanto, el objetivo de este indicador es limitar las ganancias solares que pueda tener el edificio a través de los huecos en la envolvente térmica, puntos más débiles en cuanto a valor de transmitancia térmica. De esta manera, se persigue evitar el sobrecalentamiento de la vivienda y tener que utilizar medidas activas de climatización.

PERMEABILIDAD AL AIRE DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

En este apartado se ha mantenido un indicador que ya existía en la revisión anterior: permeabilidad al aire de huecos.

Aparte, se ha añadido un indicador nuevo: la relación de cambio de aire. Este indicador es uno de los requisitos del estándar Passivhaus.

La permeabilidad al aire es la propiedad de una superficie a dejar pasar el aire cuando se encuentra sometida a una diferencia de presiones entre sus caras. Se expresa en $m^3/h \cdot m^2$.

Los valores límite para la permeabilidad al aire (Q_{100}) son los siguientes:

· DE HUECOS PERTENECIENTE A LA ENVOLVENTE TÉRMICA

	α	A	B	C	D	E
Permeabilidad al aire de huecos ($Q_{100,lim}$)*	≤ 27	≤ 27	≤ 27	≤ 9	≤ 9	≤ 9

Tabla 2.1.3 f

*La permeabilidad indicada es la medida con una sobrepresión de 100Pa, Q_{100}

Este indicador de permeabilidad ya existía en la versión anterior del DB HE1. La mejora con esta nueva revisión ha sido importante. En la siguiente tabla se indica el porcentaje de mejora (Tabla 2.1.3 g)

	α	A	B	C	D	E
Permeabilidad al aire de huecos ($Q_{100,lim}$)*	46%	46%	46%	66%	66%	66%

Tabla 2.1.3 g

Tabla 2.1.3 e - Valor límite del parámetro de control solar, $q_{sol;jul,lim}$ (KWh·h/m²·mes)

Tabla 2.1.3 f - Valor límite de permeabilidad al aire de huecos de la envolvente térmica $Q_{100,lim}$ (m³/hm²)

Tabla 2.1.3 g - Mejora en el valor de permeabilidad de huecos perteneciente a la envolvente térmica (%)

Respecto al nuevo indicador, la relación de cambio de aire para edificios nuevos de uso residencial privado con una superficie útil total superior a 120 m² con una presión diferencial de 50Pa (n_{50}) no superará el valor límite de la siguiente tabla (Tabla 2.1.3 h).

COMPACIDAD V/A (m ³ /m ²)	n_{50}
V/A ≤ 2	6
V/A ≤ 4	3

A pesar de que el valor que exige el CTE es entre cinco y diez veces superior al que pide el estándar Passivhaus, el hecho de que se haya incorporado a esta revisión es muy importante ya que marca el camino hacia construir edificios cada vez más energéticamente eficientes.

Tabla 2.1.3 h

Los efectos que tienen las filtraciones de aire a través de los huecos de la envolvente térmica y fisuras en los materiales que componen dicha envolvente pueden llegar a tener consecuencias graves:

- **Disconfort térmico que afecta a la salud.**
- **Este disconfort térmico se combate con medidas activas de climatización (calefacción y refrigeración) con consecuente consumo energético y emisiones de GEI.**
- **Las filtraciones de aire del exterior, al entrar en contacto con las condiciones de humedad y temperatura del interior de la vivienda, pueden producir condensaciones intersticiales y superficiales.**
- **Así mismo, estas filtraciones pueden generar puentes térmicos.**

Finalmente, para el cálculo de la permeabilidad al aire del edificio hay dos métodos posibles según se indica en el Anejo H del DBHE:

- **Mediante ensayo.**
- **Mediante valores de referencia.**



Tabla 2.1.3 h - Valor límite de la relación de cambio de aire con una presión de 50 Pa, n_{50} (h⁻¹)

LIMITACIÓN DE DESCOMPENSACIONES

El objetivo de este indicador, que ya se contemplaba en la anterior edición del **CTE**, es evitar las pérdidas de calor que se pudieran producir a través de cerramientos verticales y/u horizontales.

No siempre se dará el caso que distintas unidades de diferente uso estén climatizadas, especialmente aquellas unidades entre viviendas y zonas comunes o viviendas y locales comerciales, ya que están ocupadas a distintas horas.

Ya que ninguna de las particiones va a separar zonas interiores con exteriores, los valores límite de transmitancia térmica (Ulim) son menos restrictivos que los que hemos visto para la envolvente térmica.

Por lo tanto, los valores límite de transmitancia térmica de las particiones interiores no superarán los valores de la siguiente tabla (Tabla 2.1.3 g)

		α	A	B	C	D	E
Entre unidades del mismo uso	Particiones horizontales	1,90	1,80	1,55	1,35	1,20	1,20
	Particiones verticales	1,40	1,40	1,20	1,20	1,20	1,20
Entre unidades de distinto uso. Entre unidades de uso y zonas comunes.	Particiones verticales	1,35	1,25	1,10	0,95	0,85	0,70

Tabla 2.1.3 g

Los valores son exactamente iguales a los de la edición del 2013.

LIMITACIÓN DE CONDENSACIONES

Este indicador ya existía en la versión anterior del **CTE** y no ha sufrido modificaciones. El objetivo es no olvidar que se tienen que tomar todas las acciones para evitar que la condensación acumulada en cada periodo anual no supere la cantidad de evaporación posible en el mismo periodo para que en el caso que se produzca no signifique un deterioro permanente en las prestaciones de los distintos materiales.

Una propiedad del aislamiento de fachada relevante es la declaración de la absorción de agua a corto y largo plazo. Es la capacidad del aislamiento de repeler el agua.

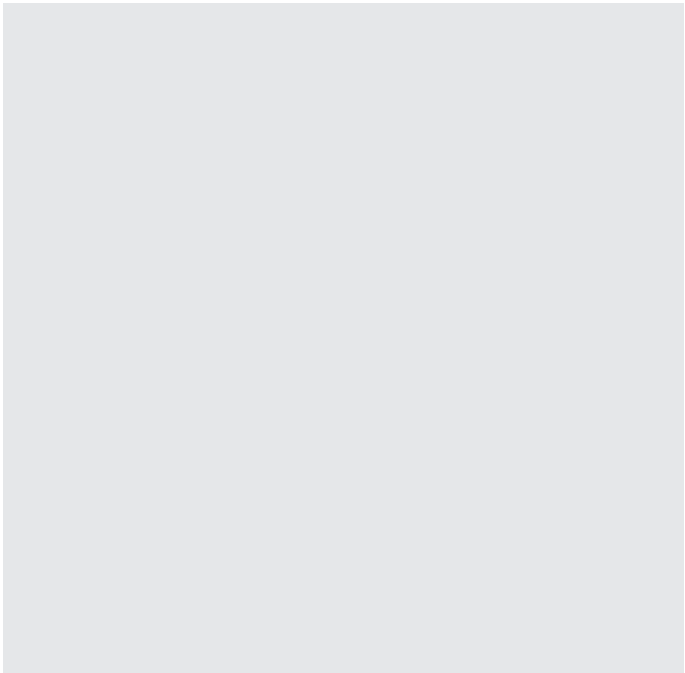


Tabla 2.1.3 g - Transmitancia térmica límite de particiones interiores, Ulim (W/m²K)

3. ESPECIAL REHABILITACIÓN



ANTECEDENTES

Alcanzado el año **2020** sin haber conseguido los objetivos que se marcaron:

- *20% de uso de energía de fuentes renovables*
- *20% de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (comparadas con las emisiones del 1990)*
- *Aumentar un 20% la eficiencia energética*

El principal objetivo de la Unión Europea para el 2050 es ser climatológicamente neutros, es decir, tener un balance neto cero de emisiones de gases de efecto invernadero.

La Unión Europea tiene claro que, para conseguir ese objetivo, la rehabilitación energética del parque de viviendas será un factor clave.

Simplemente, interviniendo en el aislamiento se trabaja sobre la fuente más importante de pérdida energética de la vivienda. Según datos de EURIMA (Asociación Europea de Fabricantes de Aislamiento), dotar a nuestras viviendas de aislamiento térmico puede recortar hasta en un **80%** el consumo de energía.

Según un informe de la Fundación La Casa Que Ahorra, hasta un **67%** de la energía se pierde a través de la envolvente térmica.

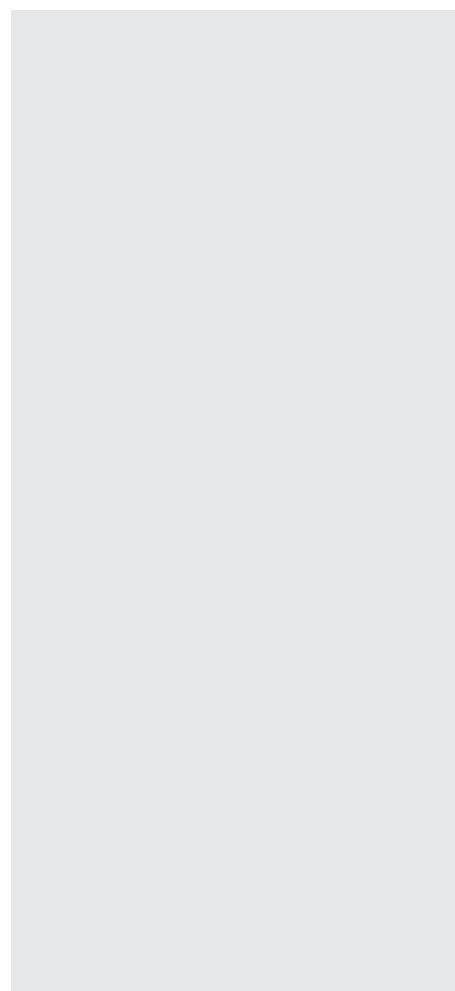




Figura 3 a

Cuando se habla de tecnologías de ahorro energético, tiene sentido invertir en aquellas que medidas que nos devuelvan los mejores resultados.

De todas las alternativas que tenemos en una vivienda: equipos de climatización (calefacción, refrigeración), envolvente térmica, alumbrado, aparatos eléctricos, etc. el aislamiento en la envolvente térmica es la manera más sencilla y eficiente de obtener un ahorro de energía.

SITUACIÓN ESPAÑOLA

Según los datos del último censo de población y vivienda del **2011**, el parque de edificios existente cuenta con **25,2** millones de viviendas, de las cuales únicamente **17,5** millones corresponden a hogares, sector residencial.

Si tenemos en cuenta el año de construcción que tiene significación por cambios técnicos o normativos

Antes del 1940: edificación tradicional.

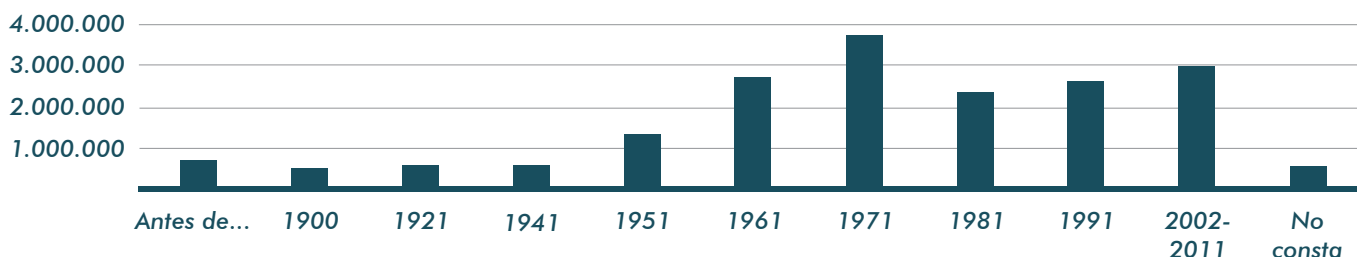
Entre 1940 – 1960: primer ciclo de expansión urbana con tipologías de bloques.

Entre 1960 – 1980: segundo ciclo de expansión urbana con cambios en los sistemas constructivos.

Entre 1980 y 2007: nuevos cambios técnicos y periodo de aplicación de la NBE-CT/79 que demandaba un mínimo de aislamiento en los cerramientos.

A partir 2008: implementación del CTE que exige condiciones de eficiencia energética al edificio.

NÚMERO DE HOGARES



De los **25 millones** de viviendas que forman el parque inmobiliario español, alrededor **de un 16% (unos dos millones)** **se encuentran en mal estado de conservación**. De ellas **9 de cada 10** son anteriores al CTE (Código Técnico de Edificación) e incluso **4 de cada 10** (alrededor de **1.200.000**) incluso son anteriores al NBE-CT 79 y carecen de aislamiento. Para conseguir una mejora de la eficiencia energética efectiva en la vivienda debe de ponerse en marcha una secuencia lógica que se englobe dentro de un proceso de rehabilitación integral.

- *Reparación y subsanación de patologías -si las hubiera- como por ejemplo humedades, fisuras, desprendimientos...*
- *Aislamiento de la envolvente completa del edificio (fachada, cubiertas y ventanas).*
- *Mejora y/o sustitución de equipos de calor y frío (climatización-calefacción) para lograr una mejora de la eficiencia energética.*
- *Incorporación de equipos y sistemas que utilicen energías renovables (fotovoltaica, fototérmica, biomasa).*

La renovación del parque de edificios y su transformación en edificios con alta eficiencia energética y consumo de energía casi nulo (EECN) será un **enorme paso para luchar contra el cambio climático**.

Actualmente en España se está renovando energéticamente las viviendas a un ritmo inferior al 1%. Esta cifra está muy lejos de lo que sería deseable para conseguir los objetivos marcados por Europa para el 2050. Un estudio de EURIMA afirma que se tiene que renovar el parque de viviendas a un ritmo de un 3% anual con una mejora de eficiencia energética de un 75%.



Figura 3 a - Pérdida energía en una vivienda

REHABILITACIÓN, NUEVO SECTOR DE LA VIVIENDA

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL SECTOR

La Directiva 2012/27/UE, relativa a la eficiencia energética, indica que los edificios representan el **40%** del consumo de energía final de la Unión Europea, por ello la reducción del consumo y el uso de energía procedente de fuentes renovables en el sector de la edificación son importantes para reducir la dependencia energética de la Unión Europea y las emisiones de gases de efecto invernadero.

La tradición urbanística española se ha volcado en la producción de nueva ciudad. Sin embargo, la reconversión del sector inmobiliario y de la construcción debe dirigirse hacia un modelo sostenible e integrador; redirigiendo los esfuerzos hacia la rehabilitación, regeneración y renovación urbanas. Las inversiones en la rehabilitación energética de edificios pueden ahorrar energía, reducir gastos corrientes, mejorar la productividad y el confort, e incrementar la utilidad y el valor de los inmuebles.

La rehabilitación del parque edificado juega además un papel relevante en la recuperación económica, ayudando a la reconversión de otros sectores, entre ellos, el turístico. La actividad turística es clave para la economía nacional y numerosos destinos turísticos «maduros» se enfrentan al deterioro físico de sus dotaciones. La aplicación de estrategias de rehabilitación genera impactos positivos que servirán de palanca para el desarrollo económico de España.



EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO CORRESPONDIENTES AL SECTOR EN ESPAÑA

En los edificios se consume energía para cubrir las necesidades de calor, frío e iluminación. También, se utilizan sistemas de refrigeración que en muchas ocasiones necesitan de gases fluorados para su funcionamiento. Las fugas de estos gases o los consumos de combustibles fósiles producen emisiones de gases de efecto invernadero.

En el año 2017 las emisiones directas generadas por la combustión de combustibles fósiles en el sector residencial, comercial e institucional supusieron un **8%** del total de las emisiones del inventario de gases de efecto invernadero de España y el **14%** de las emisiones totales en difusos.

El **61%** de las emisiones se atribuyen a los consumos realizados en las viviendas, mientras que el **39%** restante corresponde a las edificaciones institucionales y comerciales.

ACTUACIONES PARA REDUCIR LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

La Directiva 2010/31/UE establece que a partir de 2020 todos los edificios de nueva construcción sean edificios de consumo de energía casi nulo, adelantando esta obligación a 2018 a todos los edificios ocupados por las administraciones y de titularidad pública. Para la mayoría del parque inmobiliario ya existente es necesario implementar medidas de rehabilitación energética y de cambio a energías renovables, sin olvidar los cambios de conducta para un uso eficiente de la energía.

Las principales medidas se articulan en torno a dos pilares básicos:

- *Desarrollo normativo y reglamentario orientado a una mayor eficiencia y ahorro en el consumo de energía en los edificios.*
- *Políticas activas de fomento de la mejora energética de los edificios existentes y de alta eficiencia energética de los edificios de nueva construcción.*

Los desarrollos regulatorios y normativos, mediante la modificación progresiva del Código Técnico de la Edificación (CTE) y el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE), entre otras normas, pretenden adaptarse a las Directivas 2012/31/UE y 2010/31/UE. Puede consultar en el apartado de legislación estos y otros documentos.

Complementariamente a los desarrollos normativos se han puesto en marcha distintas líneas de ayudas estatales, dirigidas específicamente a la rehabilitación energética del sector de la edificación. Entre ellas se puede destacar:

- *Plan Estatal de Vivienda 2018-2021, que fomenta la eficiencia energética, la rehabilitación edificatoria y la regeneración y renovación urbanas.*
- *Programa de Ayudas para la Rehabilitación Energética de Edificios existentes (Programa PAREER).*

OBJETIVO 2050: HACIA LA DESCARBONIZACIÓN DE LOS EDIFICIOS

Las políticas europeas de los últimos años caminan con paso firme para lograr establecer en los países de la Unión un sistema energético, sostenible, competitivo y descarbonizado con el horizonte puesto en **2050**. Tres décadas quedan por delante para trabajar en la lucha contra el cambio climático en todos los aspectos de la sociedad para conseguir una reducción drástica de la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de hasta un **40%** en **2030** y hasta un **80%** 20 años después. El parque inmobiliario es el responsable de nada menos que del **35%** de las emisiones de GEI en la UE (atendiendo a calefacción y refrigeración), lo que lo convierte en un sector prioritario de actuación.

Los porcentajes objetivo de reducción (**40%** en **2030** y **80%** en **2050**) vienen recogidos en la Directiva de la Unión Europea de Eficiencia Energética UE 2018/844. La Directiva de Bruselas ampara una estrategia que cada país debe trazar a largo plazo para apoyar la renovación de sus parques de edificios y su transformación en edificios con alta eficiencia energética y consumo de energía casi nulo (EECN), logrando la ansiada descarbonización.

LA ERESEE PREVÉ UNA ACTUACIÓN URGENTE SOBRE DOS MILLONES DE VIVIENDAS

En España, la ERESEE (Estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España) establece el marco de trabajo para lograr los objetivos. Para conseguir las metas fijadas y mejorar en la eficiencia energética del parque inmobiliario se detectan tres aspectos clave en las actuaciones:

- *Coordinación de las políticas de rehabilitación edificatoria, energéticas y ambientales entre las diferentes administraciones nacionales, autonómicas, provinciales y locales.*
- *Financiación y fiscalidad a través de la puesta en marcha de medidas e iniciativas que incentiven y faciliten la adecuación y transformación de los edificios.*
- *Pobreza energética como elemento básico contra el que luchar para conseguir que el sistema energético sea sostenible y además impulse la salubridad y la calidad de vida de los habitantes.*

POBREZA ENERGÉTICA

Se conoce que un mal acondicionamiento de las viviendas tiene un efecto perjudicial sobre la salud de las personas.

El concepto de pobreza energética refleja la dificultad o incapacidad para mantener la vivienda en condiciones adecuadas de temperatura por causas económicas. En España para evaluar la situación la Asociación de Ciencias Ambientales (ACA) en su informe de 2018 destaca que un total de **6,8M** de personas, equivalente al **15%** de la población residente en España estarían sufriendo temperaturas inadecuadas en la vivienda o retraso en el pago de recibo o ambos. De éstas, destacan los **2,8M** de personas que declararon tener dos o más retrasos en el pago de recibos en los 12 últimos meses (**6%** de la población).

Los resultados de la EU-ECV del año 2009 muestra como el porcentaje de viviendas que no pueden mantener una temperatura adecuada en verano es superior que las viviendas que no pueden mantenerla en invierno, a nivel nacional un **24,8%** de viviendas que no pueden mantener la temperatura en verano y un **17,9%** en invierno.

A nivel europeo, alrededor del **15%** de las viviendas tiene problemas de humedades, el **10%** hongos y el **22%** padece problemas de ruido. En relación a la calidad del aire, numerosas ciudades europeas superan los límites de calidad de aire exterior, lo cual tiene una repercusión directa sobre la calidad del aire interior, además de los propios contaminantes interiores.

La tradición urbanística española se ha volcado en la producción de nueva ciudad. Sin embargo, la reconversión del sector inmobiliario y de la construcción debe dirigirse hacia un modelo sostenible e integrador; redirigiendo los esfuerzos hacia la rehabilitación, regeneración y renovación urbanas. Las inversiones en la rehabilitación energética de edificios pueden ahorrar energía, reducir gastos corrientes, mejorar la productividad y el confort, e incrementar la utilidad y el valor de los edificios.

LA REHABILITACIÓN COMO INVERSIÓN

En muchas ocasiones, realizar una rehabilitación en nuestra vivienda se percibe más como un gasto que como una inversión. Pero efectivamente es una inversión y como toda inversión recibiremos un beneficio.

Podemos sentir los beneficios de la rehabilitación desde el mes siguiente de acabada la misma de dos maneras principalmente: mejora del confort térmico y acústico y reducción de consumo de calefacción y refrigeración.

Es cierto que este beneficio no es un ingreso monetario directo y mensual en nuestra cuenta corriente sino un ahorro energético: gasto que se deja de hacer y que se ha venido haciendo cada mes desde que entramos a vivir en nuestra casa. Quizá es por este motivo que la rehabilitación todavía no se perciba como una inversión que nos reportará beneficios económicos.

Por ello, en este capítulo se ha querido dar visibilidad y poner números al beneficio que se obtiene después de hacer una rehabilitación. Para poner en valor el beneficio económico de rehabilitar una vivienda, se ha comparado con el beneficio que se obtendría si la misma cantidad de dinero que costará la rehabilitación se invirtiera en un plan de pensiones.



En el plan de pensiones, el beneficio es anual, proviene de los intereses del propio plan y se ingresan directamente en nuestra cuenta corriente.

En una rehabilitación, como se ha comentado, el beneficio proviene de una reducción en el consumo de energía (electricidad, gas natural, etc.) y se obtiene desde el mes siguiente a finalizada la rehabilitación. Pero este ahorro no se convierte en beneficio hasta que se ha compensado el desembolso inicial.

HIPÓTESIS PARA LA REALIZACIÓN DEL ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DE LA REHABILITACIÓN

Para llevar a cabo el análisis de este capítulo se han tomado como base los siguientes documentos:

- [1] *Estimación de los costes de inversión asociados a la rehabilitación energética de viviendas en relación a la certificación energética obtenida elaborado por CENER en octubre de 2015.*
- [2] *Impacto de la rehabilitación energética del sector residencial en la consecución de los objetivos ambientales para España elaborado por CENER para La Casa que Ahorra en septiembre de 2016.*
- [3] *La rehabilitación energética planteada como inversión elaborado por el ITEC para la fundación La Casa que Ahorra en mayo de 2016.*

El presente capítulo es una actualización del análisis realizado en el documento [3], con las hipótesis de precio a una fecha más cercana a la ejecución de este catálogo y ampliándolo realizando nuevas consideraciones:

- *Se toman como base las mismas viviendas unifamiliar y plurifamiliar en la zona climática de Madrid, D3; se añade la zona climática de Barcelona, C2.*
- *Se parte de una clasificación energética E en todos los casos y se realiza la rehabilitación energética para obtener una clase B*
- *Se actualizan los siguientes precios a fecha del presente estudio:*
 - *Incremento del precio de la mano de obra y materiales del sector de la construcción*
 - *Incremento del precio de la energía en un escenario a 30 años*
 - *Rendimiento de un plan de pensiones con un escenario de 30 años*
- *Duración del análisis*
 - *El análisis tiene una duración de 30 años.*
 - *En el año 0 se realiza la rehabilitación y la apertura de un plan de pensiones con un ingreso inicial igual al coste de la rehabilitación*
 - *El dinero del plan de pensiones se rescata a partir de la edad de jubilación, que se supone de 67 años. Por lo tanto, el dinero permanece en el plan de pensiones 17 años*
 - *En ese momento, pasados 17 años, se realizará la primera comparativa entre el beneficio obtenido por el ahorro energético que supone la rehabilitación y el beneficio que nos ha dado por los intereses el plan de pensiones*
 - *La segunda comparativa se hará transcurridos 30 años*

En los siguientes capítulos se explican todos los pasos dados hasta realizar la comparativa de los beneficios de rehabilitar y el plan de pensiones.

DEMANDA ENERGÉTICA PARA LAS CLASES E Y B

Se toma como partida una vivienda unifamiliar y otra plurifamiliar con una clasificación energética E situadas en las zonas climáticas C2 de Barcelona y D3 de Madrid.



Unifamiliar



Plurifamiliar

Estas viviendas serán sometidas a una rehabilitación hasta conseguir una clase energética B.

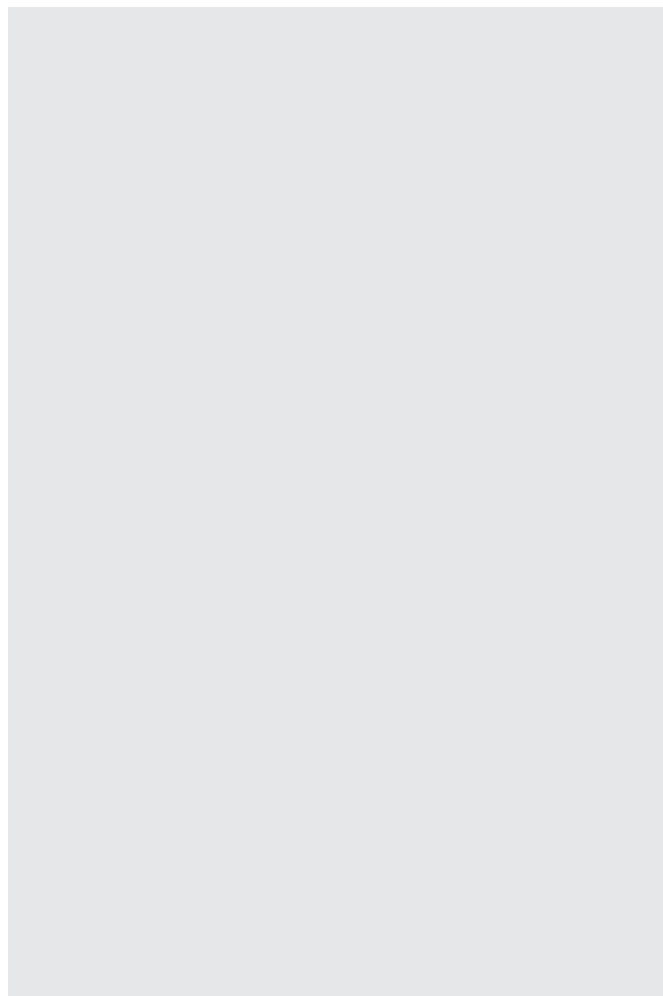
El motivo de la elección de esta clase es que, aunque no es el valor más exigente que sería una clase A con un coste de rehabilitación bastante elevado, es una rehabilitación muy intensa que nos permite acercarnos al concepto real de un Edificio de Consumo de Energía Casi Nulo.

En el documento "Calificación de la eficiencia energética de los edificios" en su revisión de noviembre de 2015 se detallan los límites superiores de las clases de eficiencia para edificios de uso residencial privado en función de la zona climática y el tipo de edificio.

Los límites superiores de demanda son los valores más elevados de demanda que puede tener una clasificación energética dada. En este caso las analizadas son la E y la B.

Para definir la superficie de las viviendas se han utilizado los datos del documento [2] definido al principio de este capítulo.

Se ha elegido trabajar sobre los indicadores de demanda de calefacción y refrigeración ya que la intervención de mejora de clasificación energética se va a realizar sobre la envolvente térmica (opaca y traslúcida), no sobre las instalaciones de la vivienda (ACS, Agua Caliente Sanitaria).



Esta información se ha resumido en la siguiente tabla (Tabla 3.1.1 a).

	ZONA CLIMÁTICA	TIPO DE VIVIENDA	DEMANDA MÁXIMA CLASE E (KWh/m ² ·a)	DEMANDA MÁXIMA CLASE B (KWh/m ² ·a)	SUPERFICIE PROMEDIO (m ² /vivienda)	DEMANDA MÁXIMA CLASE E (KWh/vivienda a)	DEMANDA MÁXIMA CLASE B (KWh/vivienda a)
Calefacción	Barcelona, C2	Plurifamiliar	99,80	17,90	73,50	7.335,30	1.315,65
		Unifamiliar	125,70	32,00	133,00	16.718,10	4.256,00
	Madrid, D3	Plurifamiliar	144,10	27,00	73,50	10.591,35	1.984,50
		Unifamiliar	178,30	46,80	133,00	23.713,90	6.224,40
Refrigeración	Barcelona, C2	Plurifamiliar	12,80	3,90	73,50	940,80	286,65
		Unifamiliar	18,30	6,40	133,00	2.433,90	851,20
	Madrid, D3	Plurifamiliar	26,30	8,90	73,50	1.933,05	654,15
		Unifamiliar	36,70	14,30	133,00	4.881,10	1.901,90

Tabla 3.1.1 a

COSTE DE LA ENERGÍA

Una vez se ha definido la demanda (Kwh/vivienda·año) de calefacción y refrigeración para los diferentes supuestos, a continuación se monetiza la demanda en coste económico (€).

Para determinar el precio de la energía que nos llega a casa, se ha tomado un único valor medio del kWh de la electricidad antes de impuestos y cuotas fijas de conexión. Esta manera es mucho más entendible para todos los usuarios ya que la electricidad de uso doméstico está formada por un mix de diferentes fuentes de energía. El coste con el que se ha realizado la monetización de la demanda es de 0,12 €/kWh.

A modo de ejemplo, en el momento de la realización de este documento, el mix energético era el siguiente:

ORIGEN DE LA ELECTRICIDAD

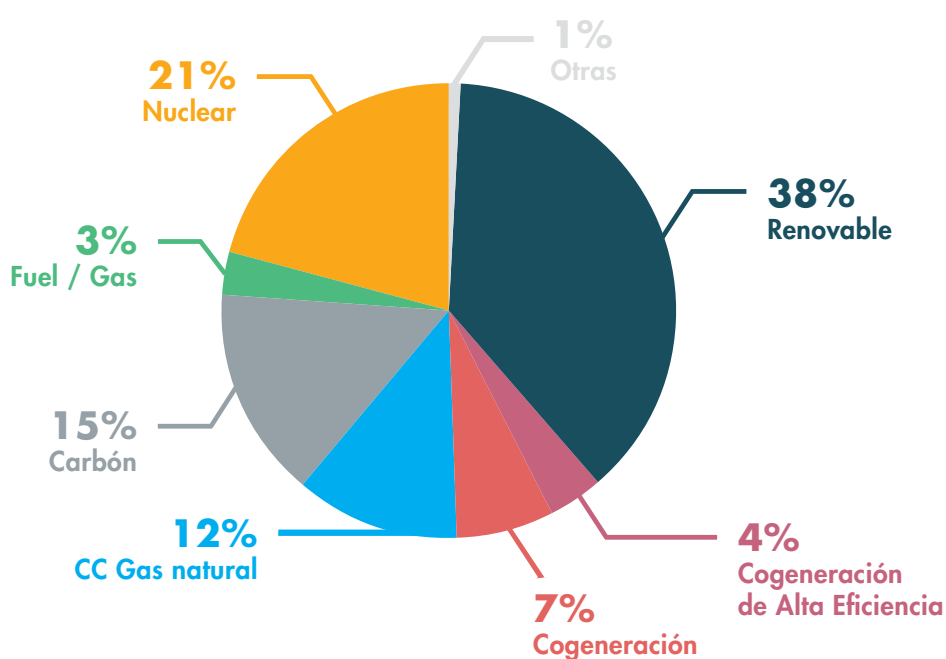


Figura 3.1.2 a

En las siguientes tablas se muestra el coste económico de la demanda de calefacción y refrigeración para los diferentes supuestos de vivienda y zona climática.

	ZONA CLIMÁTICA	TIPO DE VIVIENDA	DEMANDA MÁXIMA CLASE E (KWh/m ² .a)	DEMANDA MÁXIMA CLASE B (KWh/m ² .a)	Gasto anual calefacción y refrigeración vivienda CLASE E	Gasto anual calefacción y refrigeración vivienda CLASE B
Calefacción	Barcelona, C2	Plurifamiliar	7.335,30	1.315,65	879 €	158 €
		Unifamiliar	16.718,10	4.256,00	2.003 €	510 €
	Madrid, D3	Plurifamiliar	10.591,35	1.984,50	1.269 €	238 €
		Unifamiliar	23.713,90	6.224,40	2.841 €	746 €
Refrigeración	Barcelona, C2	Plurifamiliar	940,80	286,65	113 €	34 €
		Unifamiliar	2.433,90	851,20	292 €	102 €
	Madrid, D3	Plurifamiliar	1.933,05	654,15	232 €	78 €
		Unifamiliar	4.881,10	1.901,90	585 €	228 €

Tabla 3.1.2 a

COSTE DE LA REHABILITACIÓN

Para este documento, los trabajos de rehabilitación se limitan a la envolvente térmica del edificio incluyendo las protecciones solares de fachada.

Los costes de rehabilitar cada uno de los elementos que forman parte de la envolvente del edificio se han tomado del documento [1]. A estos costes se les ha aplicado la variación de costes ponderados de mano de obra y materiales de la construcción que el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana definió para el período 2014-2019 en un 3,40%.

		PLURIFAMILIAR	UNIFAMILIAR
ENVOLVENTE OPACA	Fachada	50,24	96,53
	Aislamiento perimetral	9,90	37,99
	Cubierta	42,25	75,89
	Suelo	30,54	-
ENVOLVENTE TRANSLÚCIDA	Huecos	20,37	49,80
RECUPERACIÓN DE CALOR		-	-
PROTECCIÓN SOLAR		6,63	16,19
SISTEMAS		13,44	149,27
COSTE TOTAL (€/M ²)		173,37	425,67
SUPERFICIE PROMEDIO (M ²)		73,50	133,00
COSTE TOTAL (€/VIVIENDA)		12.742,75	56.613,68

Se ha considerado que el coste de la rehabilitación es el mismo para las viviendas ubicadas en Barcelona y Madrid.

Tabla 3.1.2 a - coste en € de la demanda para una vivienda clase “E” y “B”

HIPÓTESIS PLAN DE PENSIONES Y COSTES DE LA ENERGÍA

Antes de realizar el análisis de rentabilidad, se han realizado una serie de supuestos en cuanto a la rentabilidad del plan de pensiones y el coste de la energía a 30 años.

PLAN DE PENSIONES

Se ha calculado un valor de rentabilidad (interés) a través del promedio de diferentes productos de inversión:

TIPO DE PRODUCTO	RENTABILIDAD A 30 AÑOS
Renta fija a largo plazo	2,20%
Renta fija mixta	1,79%
Renta fija a corto plazo	1,19%
Renta variable	3,96%
Renta variable mixta	2,53%
Promedio	2,33%

Fuente: INVERCO

EVOLUCIÓN COSTE DE LA ENERGÍA

Es difícil estimar cómo evolucionará el coste de la electricidad en los próximos años. Muchos son los factores que pueden influir:

- El % de generación de las energías renovables. Se estima que en 2030 el 60% de la electricidad generada en España proceda de fuentes renovables.
- Evolución del coche eléctrico.
- La influencia que tendrá el cierre progresivo de las centrales nucleares francesas, país del que España tiene una relación de importador/exportador.

Estudios de Red Eléctrica Española estiman un crecimiento anual de la demanda entre un 2,3% y 2,8% para los próximos 30 años.

Con todos estos datos, se ha aplicado un crecimiento del precio de la electricidad del 3,0% anual, ligeramente por encima de la media del aumento del consumo anual.

BENEFICIO ACUMULADO (€) POR AHORRO ENERGÉTICO Y PLAN DE PENSIONES BARCELONA, C2

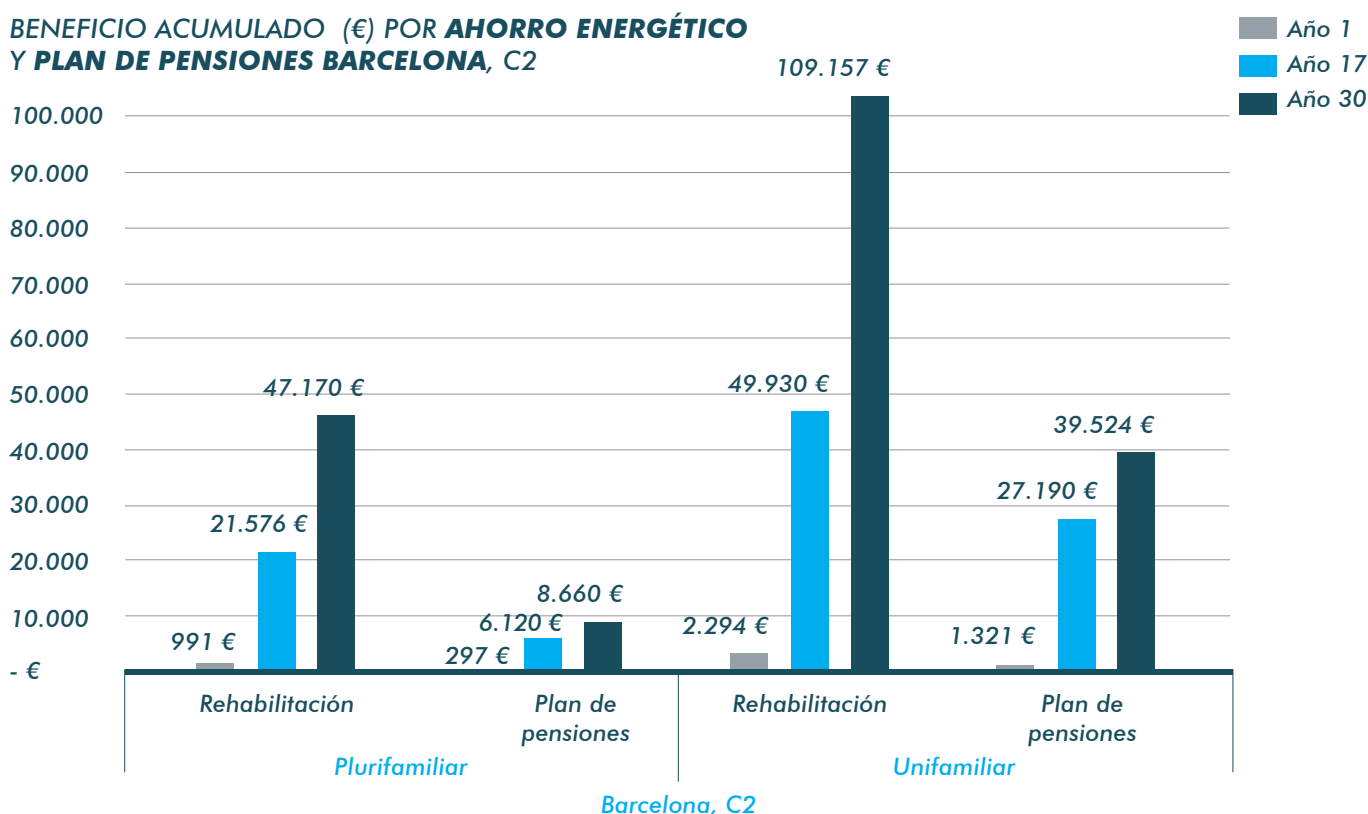


Tabla 3.1.4 a - rentabilidad a 30 años de diferentes opciones de inversión

RENTABILIDAD REHABILITACIÓN vs. PLAN DE PENSIONES

El coste de la rehabilitación se supone que se hace efectivo sin ningún tipo de financiación. Si se financiase el importe de la rehabilitación implicaría que el retorno de la inversión tendría lugar más alejado en el tiempo (años).

Para los dos tipos de viviendas en las dos zonas climáticas se han calculado una serie de entradas y salidas de dinero:

	ENTRADAS	SALIDAS
REHABILITACIÓN	Ahorros anuales por la reducción de la demanda energética	Pago de los costes de la rehabilitación
PLAN DE PENSIONES	Aportación inicial igual al coste de la rehabilitación. Intereses	Rescate del plan de pensiones a partir del año 18

En el Anexo I de este documento se pueden encontrar todas las tablas donde se muestran las entradas y salidas año por año para todos los supuestos:

- Vivienda plurifamiliar y unifamiliar
- Zona climática C2 y D3
- Rehabilitación y plan de pensiones

CONCLUSIONES

Antes de entrar a analizar en detalle los años más significativos de los 30 que dura la simulación, a continuación se muestran unas tablas resumen con el beneficio obtenido directamente del ahorro energético fruto de la rehabilitación y los intereses del plan de pensiones (sin descontar el coste de la rehabilitación) para los años 1, 17 y 30.

BENEFICIO ACUMULADO (€) POR AHORRO ENERGÉTICO Y PLAN DE PENSIONES BARCELONA, C2

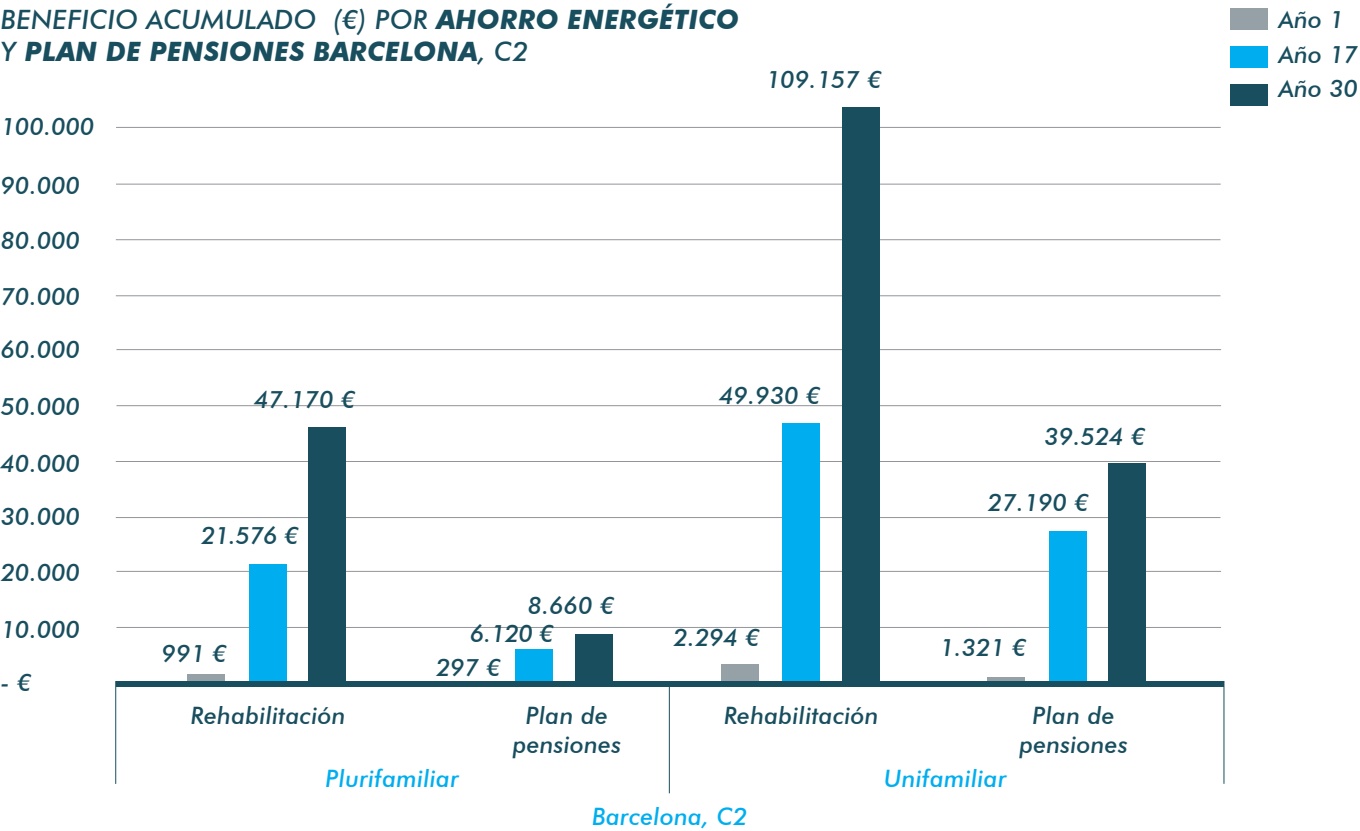
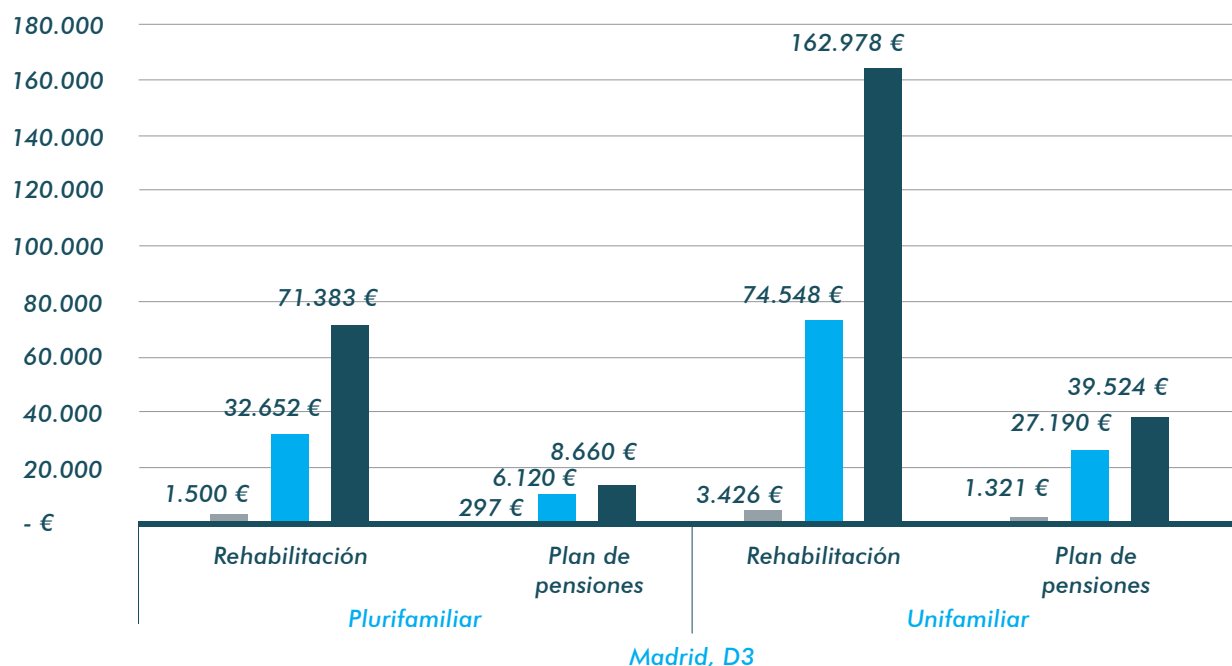


Figura 3.2.5 a - Ahorro acumulado por rehabilitación y plan de pensiones para Barcelona, C2

**BENEFICIO ACUMULADO (€) POR AHORRO ENERGÉTICO
Y PLAN DE PENSIONES MADRID, D3**

■ Año 1
■ Año 17
■ Año 30



Se puede observar que tanto para Madrid como Barcelona en vivienda unifamiliar y plurifamiliar, el beneficio que genera la rehabilitación es bastante mayor que el del plan de pensiones.

A continuación, realizaremos este mismo análisis pero teniendo en cuenta el pago de la rehabilitación.

Año 1

En el primer año se hace frente al coste total de la rehabilitación y al ingreso en el plan de pensiones de la misma cantidad. A partir de este momento, con el ahorro energético derivado de la rehabilitación se pagará el coste de las obras y del plan de pensiones se empezarán a cobrar los intereses que generen.

El coste de la rehabilitación para viviendas plurifamiliares es bastante inferior al de viviendas unifamiliares. Esto se debe principalmente a que el ratio de envoltente por metro cuadrado en planta es superior en las viviendas plurifamiliares.

En la siguiente tabla se muestra el primer año en el que el ahorro energético ya ha pagado los costes de rehabilitación y empieza a generar beneficios.

BARCELONA, C2	PLURIFAMILIAR	AÑO 12
	Unifamiliar	Año 19
MADRID, D3	Plurifamiliar	Año 8
	Unifamiliar	Año 14

Figura 3.2.5 b - Ahorro acumulado por rehabilitación y plan de pensiones para Madrid, D3

Figura 3.2.5 c - Salidas de dinero rehabilitación y plan de pensiones en el año 1

Tabla 3.1.6 b - Año en el que el ahorro energético da beneficios

Se puede observar que la rehabilitación empieza a generar más beneficios en Madrid que en Barcelona. Esto se debe a la diferencia que hay entre las demandas de las clases energéticas E y B para las dos zonas climáticas.

Pasar de una clasificación energética “E” a una clase “B” supone un ahorro de 800 €/vivienda·año para Barcelona y 1.184 €/vivienda·año para Madrid. La suma de este ahorro año a año más el incremento del precio de la energía supone que en Madrid se amortice la rehabilitación 5 años antes para la vivienda plurifamiliar y 6 años antes en unifamiliar.

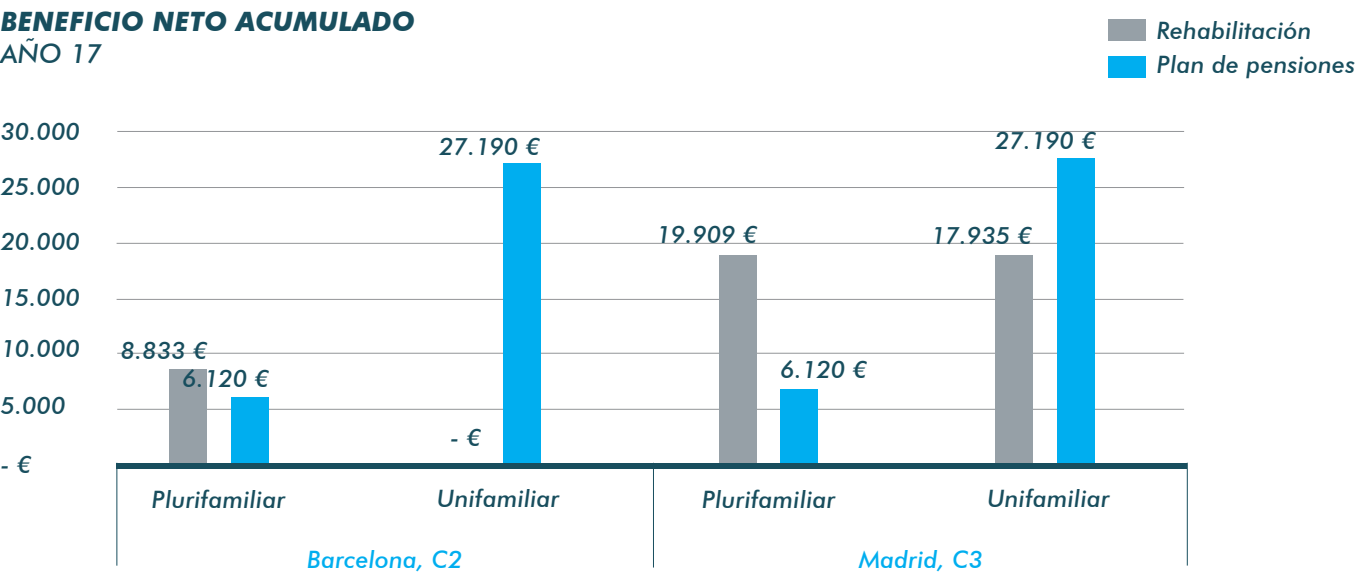


Año 17

En el año 17 se entra en la jubilación y es el momento de empezar a rescatar el plan de pensiones año a año hasta llegar a los 80 años de edad y transcurridos 13 años.

Recordar que los ahorros anuales de energía equivalen al ahorro anual gracias a la rehabilitación más el incremento del coste de la energía (+3,0%).

En la siguiente gráfica se muestra el beneficio neto (descontando coste rehabilitación) que ha generado cada alternativa.



Las columnas con valor cero (Barcelona, vivienda unifamiliar, rehabilitación), indican que el ahorro energético todavía está pagando el coste de la rehabilitación y, por lo tanto, no han generado ningún beneficio neto.

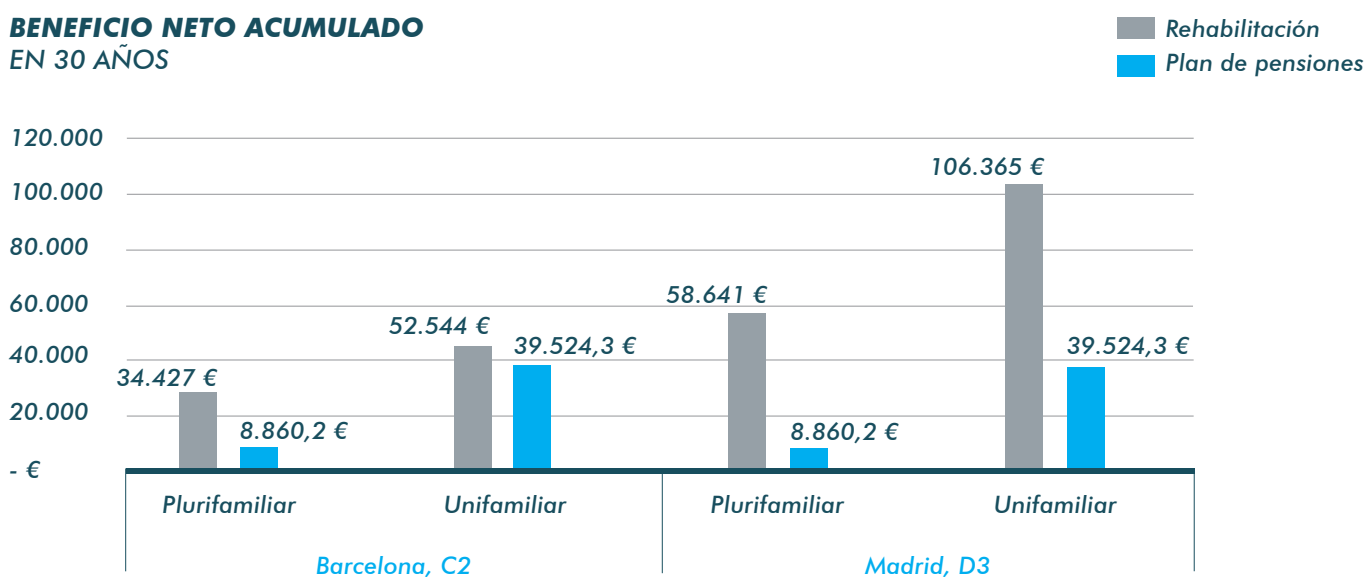
En el siguiente apartado, donde se analiza el supuesto en el año 30, la situación cambia completamente.

Año 30

Transcurridos **30** años, se da por finalizado el rescate del plan de pensiones. Pasado este periodo de tiempo se puede analizar cuál ha sido el beneficio neto de los dos supuestos (rehabilitación y plan de pensiones)

Este beneficio neto se obtiene de la siguiente manera:

- **Rehabilitación.** La suma del ahorro energético anual más el incremento del precio de la energía descontando la inversión total en rehabilitación (vivienda unifamiliar: 56.614,00 €. Vivienda plurifamiliar: 12.743,00 €).
- **Plan de pensiones.** La suma de los intereses que se generan descontando el capital inicial que es el mismo que el coste de la rehabilitación.

BENEFICIO NETO ACUMULADO EN 30 AÑOS

A diferencia del apartado anterior, se puede observar que del año **17** al año **30** el plan de pensiones cada vez genera menos intereses ya que el capital disminuye y, en cambio, el ahorro energético va generando cada vez más ahorros (€). En todos los casos, el beneficio neto obtenido es superior si se realiza una rehabilitación energética que si se ingresa el dinero en un plan de pensiones.

SISTEMAS PARA LA REHABILITACIÓN

Es evidente que, si se quieren lograr los objetivos **2050** de descarbonización de la UE, aumentar la eficiencia energética del parque de viviendas existentes es una de las principales vías de acción. Por lo tanto, el sector de la rehabilitación, incrementará su importancia impulsado por las ayudas millonarias procedentes del gobierno central como de la Unión Europea, apuntan todos los expertos. Basado en uno de los tres pilares de Knauf Insulation, la búsqueda y creación de soluciones que mejoren la calidad de vida de los usuarios, teniendo en cuenta la sostenibilidad del planeta, presentamos el sistema de aislamiento en trasdosado Acoustizap Reno. El sistema Acoustizap es una solución ideal para rehabilitar hojas de fachada mediante aislamiento trasdosado por el interior. Las principales ventajas del sistema son:

- **Instalación directamente sobre hoja principal de fachada de mampostería o cerámica mediante tornillos, así como sobre perfilería metálica anclada previamente sobre la hoja de fachada**
- **Instalación sencilla, rápida, limpia y seca**
- **Rotura de puente térmico**
- **Regulación del soporte para espesores de aislamientos desde 30mm hasta 200mm**
- **Adaptable a todo tipo de material de hoja de fachada**

Figura 3.2.5 d - Beneficio neto acumulado en 30 años

4. AISLAMIENTO EN LA ENVOLVENTE



BENEFICIOS

Nuestras soluciones en lana mineral de roca y de vidrio de la nueva **GAMA SMART** garantizan, aparte de los beneficios termoacústicos propios del sistema, las siguientes ventajas que hacen del aislamiento en lana mineral una solución muy completa:



SOSTENIBILIDAD



MÁXIMO NIVEL DE
TRANSPIRABILIDAD



SEGURIDAD EN CASO
DE INCENDIO



ESTABILIDAD
DIMENSIONAL



MÁXIMA PROTECCIÓN
TÉRMICA



RESISTENCIA A
LA CARGA



EXCELENTE PROTECCIÓN
ACÚSTICA



NO FAVORECE EL
DESARROLLO DE HONGOS



HIDRÓFUGO

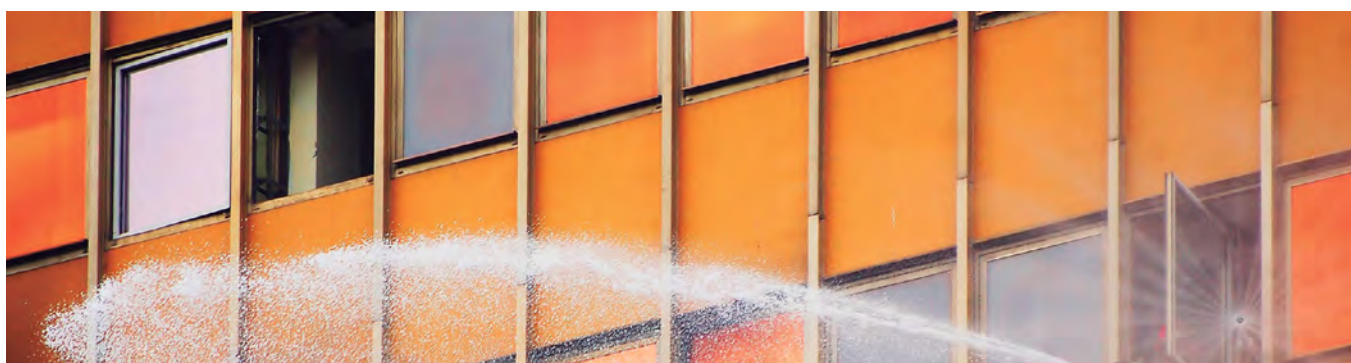


PUESTA EN OBRA

SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO

Nuestras soluciones en lana mineral de vidrio y roca son materiales incombustibles con una clasificación de reacción al fuego Euroclase A1. Esto quiere decir que no contribuyen a la propagación de un incendio, no generan humo ni gota. Propiedades muy importantes para:

- Evitar la propagación del incendio hacia el exterior por la fachada (tanto en sistemas SATE como Fachada Ventilada) o a otras plantas del mismo edificio.
- Evitar la propagación hacia edificios colindantes.
- Quizá lo más importante, facilitar la evacuación de las personas con garantías de seguridad en cuanto a toxicidad y opacidad de humos.



El principal objetivo del DB Seguridad en caso de Incendio es:

- Reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios de un edificio sufran daños derivados de un incendio de origen accidental, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento

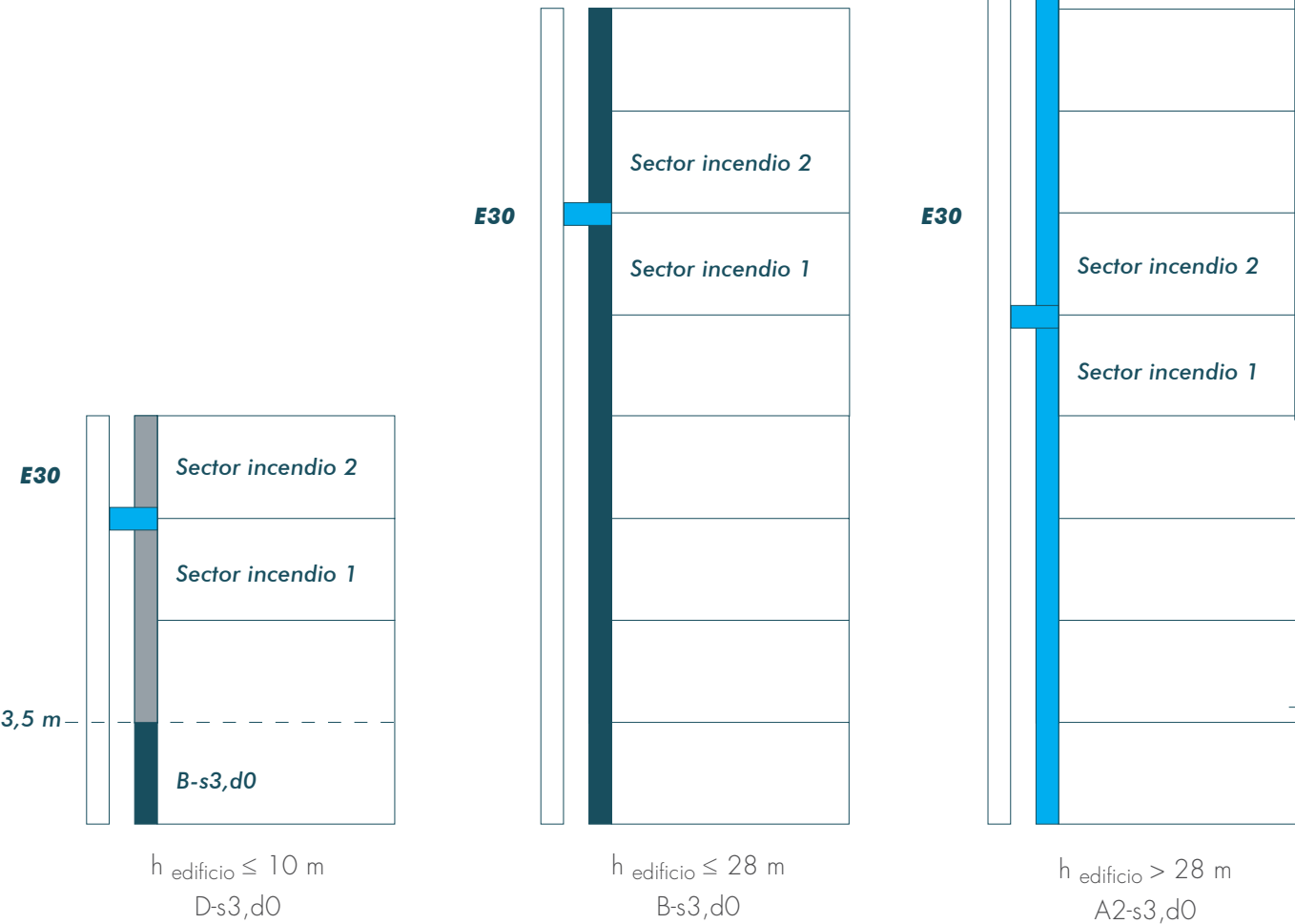
La velocidad del crecimiento del incendio y su magnitud están directamente relacionadas con la cantidad de material combustible presente en el edificio y su grado de combustibilidad. Si, en general, todos los materiales empleados en la construcción de un edificio son relevantes, en el caso de los aislantes esta importancia es aún mayor por tres motivos:

- Los aislantes están presentes en gran número de lugares de la obra: fachadas, cubiertas, tabiques, medianeras, instalaciones, ocupando estas superficies en su totalidad y estando muchas veces en contacto directo con cableados eléctricos.
- Los aislantes presentan características frente al fuego muy diversas, tanto por su reacción frente al fuego, como por las emisiones de humos y formación de gotas.
- La cantidad de aislante empleado en una obra es relativamente grande, por lo que, en caso de ser combustible, su potencial energético o de formación de humos es muy significativo. En este contexto, la elección de un material aislante constituye una cuestión de primer orden, por lo que deberá realizarse con conocimiento de sus propiedades técnicas. Un aislante adecuado debe contribuir a la seguridad pasiva del edificio (AFELMA).

Está demostrado que la vía más rápida de transmisión del fuego en las edificaciones es a través de los sistemas de fachada. Es por este motivo que en sistemas de fachada donde el aislamiento se instala por el exterior de la hoja principal (Fachada Ventilada y SATE) es especialmente importante la elección e instalación de aislamientos que no contribuyan a la propagación del incendio. Esto es, aquellos con una clasificación de reacción al fuego: Euroclase A1.



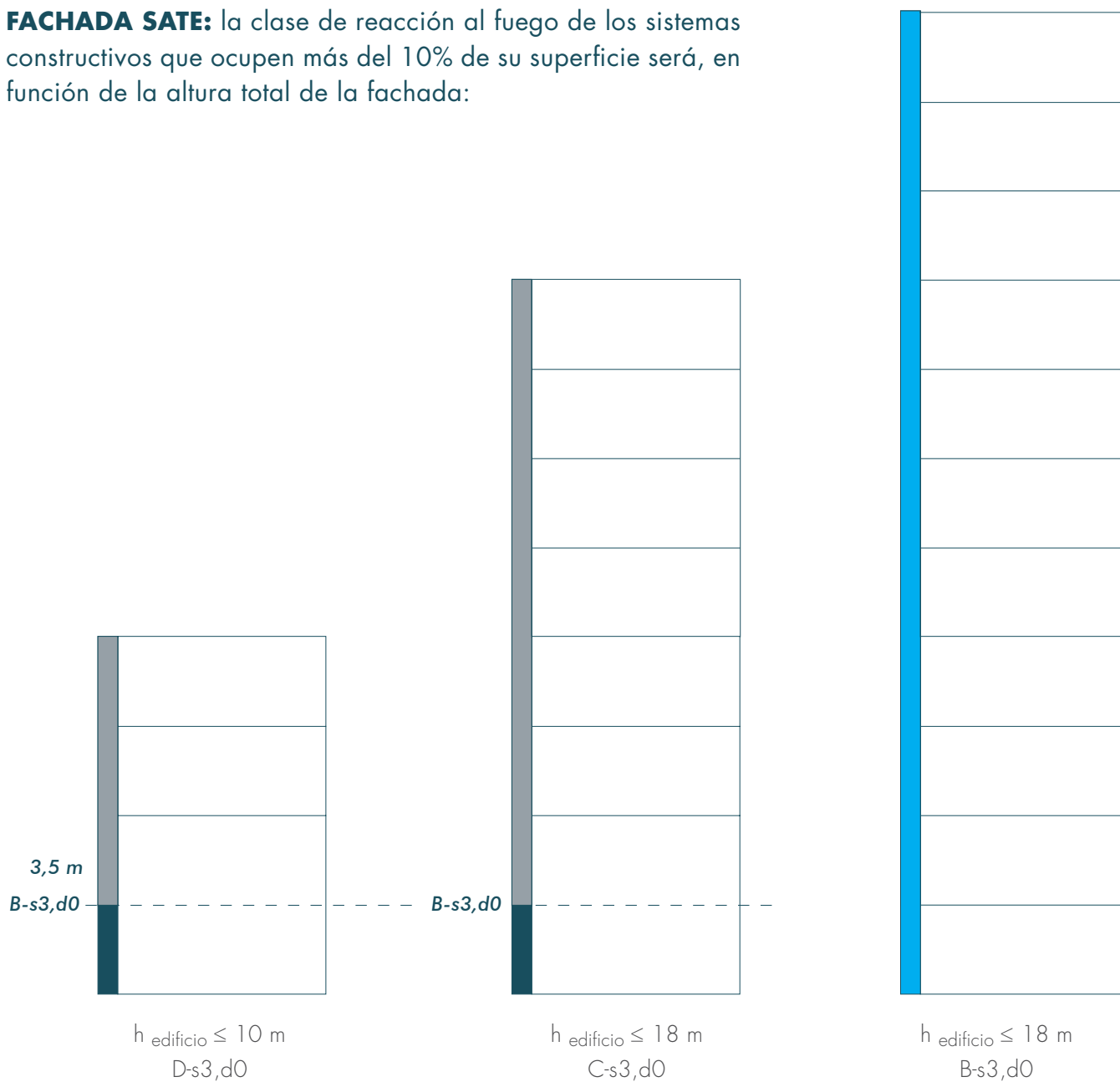
FACHADA VENTILADA: los sistemas de aislamiento situados en el interior de las cámaras ventiladas deben tener al menos la siguiente clasificación de reacción al fuego en función de la altura total de fachada:



En aquellos forjados resistentes al fuego que separen sectores de incendio, se deberá limitar el desarrollo vertical de la cámara ventilada. La inclusión de barreras E30 se puede considerar un procedimiento válido.



FACHADA SATE: la clase de reacción al fuego de los sistemas constructivos que ocupen más del 10% de su superficie será, en función de la altura total de la fachada:



Para los casos de fachadas SATE y Ventilada, si la altura de la misma es igual o inferior a 18m y su arranque es accesible al público desde la rasante exterior o desde una cubierta, la clase de reacción al fuego debe ser al menos B-s3, d0 hasta una altura de 3,5m como mínimo.

CUBIERTA: para limitar el riesgo de propagación exterior de un incendio, ya sea entre dos edificios colindantes, ya sea en un mismo edificio, la cubierta tendrá una resistencia al fuego REI 60, como mínimo, en una franja de 0,50 m de anchura medida desde el edificio colindante, así como en una franja de 1,00 m de anchura situada sobre el encuentro con la cubierta de todo elemento compartimentador de un sector de incendio o de un local de riesgo especial alto. Como alternativa a la condición anterior puede optarse por prolongar la medianería o el elemento compartimentador 0,60 m por encima del acabado de la cubierta.

Los materiales que ocupen más del **10%** del revestimiento o acabado exterior de las zonas de cubierta situadas a menos de 5 m de distancia de la proyección vertical de cualquier zona de fachada, del mismo o de otro edificio, cuya resistencia al fuego no sea al menos EI 60, incluida la cara superior de los voladizos cuyo saliente exceda de 1 m, así como los lucernarios, claraboyas y cualquier otro elemento de iluminación o ventilación, deben pertenecer a la clase de reacción al fuego BROOF (t1).

FIRE SAFE EUROPE



Fire Safe Europe es la asociación europea que vela por la seguridad contra incendios en los edificios. Es una organización sin ánimo de lucro integrada por investigadores, cuerpos de bomberos, fabricantes de aislamientos, equipos de protección contra el fuego, cableado, hormigón, y muchos más, cuya misión es mejorar la seguridad contra incendios de los edificios en beneficio de las personas y la sociedad.

FSEU trabaja a nivel europea con expertos, políticos y otras asociaciones para que los niveles de exigencia de las diferentes normativas nacionales se incrementen. Los proyectos más destacados en los que está trabajando actualmente son:

- *La regulación de los productos de la construcción, CPR por sus siglas en inglés*
- *La nueva directiva del comportamiento energético de los edificios*
- *El fuego en fachadas*
- *La toxicidad de los humos*
- *Sostenibilidad*

Knauf Insulation es miembro activo de la organización por su interés en hacer del sector de la construcción un sector más seguro respecto a la protección contra incendios y el uso de soluciones que reduzcan la huella de carbono del propio sector.

Algunas de las estadísticas que **FSEU** hace públicas:



4.000 PERSONAS
mueren al año en Europa como consecuencia del fuego



192 PERSONAS
son hospitalizadas cada día por heridas serias provocadas por el fuego



El **1%** del **PIB EUROPEA** (126 b€) se pierde al año por daños producidos por el fuego



Se necesitan solo **3 MINUTOS** para que un fuego arrase una habitación entera

En los siguientes capítulos y como bloque principal de este catálogo, se realiza un análisis técnico exhaustivo en términos de acústica y térmica de los sistemas constructivos más utilizados en fachada y cubierta.

El procedimiento ha sido el siguiente:

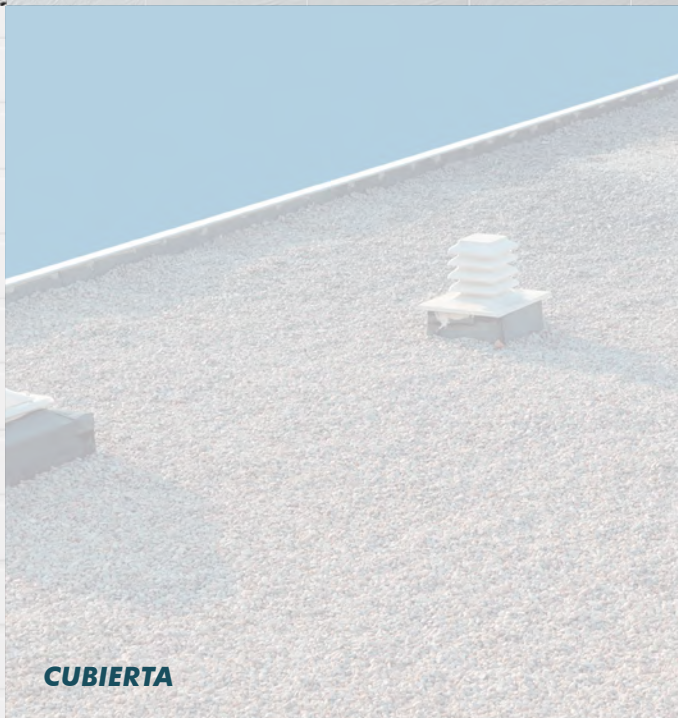
1. Para cada uno de los sistemas anteriores se eligen los aislamientos de Knauf Insulation tanto en lana mineral de roca como vidrio que mejor se ajustan a las necesidades de cada sistema y a las exigencias del CTE.
2. Para cada caso de estudio (espesor y sistema constructivo), se calcula el valor de transmitancia térmica (U , W/m^2K) y se compara con la exigencia del CTE en su documento básico DB HE, tabla del Anejo E. El objetivo es identificar qué espesores se necesitan para cumplir dichas exigencias de transmitancia térmica y de esta manera tener una tabla de fácil y rápido acceso.

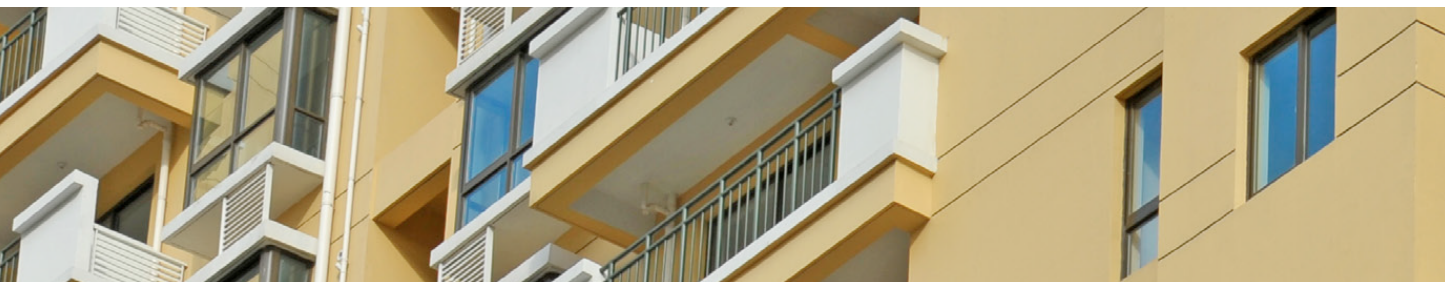
Estos cálculos se han realizado con el software de simulación Build Desk. Las consideraciones a la hora de realizar los cálculos han sido las siguientes:

- A los valores de transmitancia térmica se les ha aplicado un coeficiente de seguridad de 0,85
- Los valores de los diferentes elementos constructivos que componen la solución han sido extraídos del Catálogo de Elementos Constructivos del CTE, a excepción de la lana mineral y los componentes propios de nuestros sistemas.
- Los cálculos de transmitancia térmica se han realizado para una sección ciega, sin tener en cuenta de los posibles puentes térmicos existente.
- El programa BUILDESK aplica la metodología de cálculo CTE-DBHE1.

3. Finalmente, para cada caso de estudio se ha calculado el índice global de reducción acústica ponderado A (R_A) así como el índice global de reducción acústica ponderado A para ruido exterior dominante de automóviles (R_{Atr}). Los cálculos se han realizado mediante simulaciones con el programa INSUL (número de licencia 5628). Los valores obtenidos son orientativos, se tienen que tomar como una referencia. Pueden diferir de los que se obtendrían en una medición in situ o en laboratorio.

5. SOLUCIONES PARA LA ENVOLVENTE: FACHADA SATE





LANA MINERAL PARA FACHADA SATE

El sistema de aislamiento por el exterior, conocido como SATE, es una excelente solución constructiva de aislamiento térmico tanto para obra nueva como para rehabilitación.

Es un sistema que dota al edificio de una envolvente térmica continua que minimiza los puentes térmicos y, por lo tanto, las pérdidas energéticas. Es una solución ideal para rehabilitación ya que el aislamiento se instala por el exterior de la fachada, así que no se reduce la superficie útil del interior de la vivienda ni los inquilinos sufren las molestias de una intervención en su fachada por el interior.

Otras ventajas importantes son:

- *Disminuye el riesgo de condensaciones intersticiales*
- *Reduce las tensiones del cerramiento. Protege al resto de materiales que forman la hoja de fachada de sufrir cambios bruscos de temperatura producidos, por ejemplo, por ciclos de calor (día/noche)*
- *No contribuye a sobrecargar la fachada al no necesitar una estructura para su ejecución*

Otro aspecto importante es la revalorización del valor de la vivienda en el mercado al conseguir una calificación energética mayor y tener un aspecto exterior más moderno.

No solo el acabado exterior es relevante, la elección del aislamiento es fundamental para obtener todas las ventajas que este sistema puede ofrecernos.

Aparte de las prestaciones térmicas y acústicas, como todo material de aislamiento colocado en fachada, debe tener una reacción de clasificación al fuego tan baja que en caso de incendio no contribuya a la propagación del fuego gracias a su incombustibilidad. Esto se logra con aislamientos con Euroclase A1 que son todas las lanas minerales de roca utilizadas en los sistemas SATE.

Adicionalmente, dos propiedades muy importantes y recomendadas que debería cumplir un aislamiento colocado en la sección de fachada, son: absorción de agua a corto (Ws) y largo plazo (Wlp)



AISLANTE TÉRMICO

El sistema SATE de aislamiento por el exterior es una solución excelente como aislamiento térmico tanto en edificios de obra nueva como en rehabilitación. Esto se debe a las múltiples ventajas de ejecución y para los usuarios de la vivienda que se han mencionado anteriormente.

Las exigencias de transmitancia térmica que tiene que cumplir una fachada son las que se detallan en la Tabla a del Anexo E del documento básico HE Ahorro de Energía.

TIPO DE ELEMENTO	ZONA CLIMÁTICA DE INVIERNO					
	α	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior, U_M, U_S	0,56	0,50	0,38	0,29	0,27	0,23
Cubiertas en contacto con el aire exterior, U_M, U_S	0,50	0,44	0,33	0,23	0,22	0,19
Elementos en contacto con espacios no habitables o en terreno, U_T	0,80	0,80	0,69	0,48	0,48	0,48
Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana), U_H	2,7	2,7	2,0	2,0	1,6	1,5

En las simulaciones realizadas con el software BuildDesk, que se pueden ver a continuación, se puede observar para las diferentes soluciones de una fachada SATE qué espesor se debe elegir para cumplir con las exigencias del CTE en función de la zona climática donde se ubique el edificio.

Es importante subrayar que las lanas minerales mantienen sus propiedades térmicas inalteradas durante toda la vida útil del edificio.



AISLAMIENTO ACÚSTICO

Es importante subrayar también las propiedades de aislamiento acústico que presenta este sistema de aislamiento por el exterior, SATE.

En España, según el INE (Instituto Nacional de Estadística), se estima que un **15%** de las viviendas españolas sufre problemas de contaminación acústica elevada (ruido).

Nuestras soluciones Smart Wall FGD-S (Thermal y Perimeter) son materiales con elevada porosidad, elasticidad y resistencia al flujo de aire. Estas características son claves para que un aislamiento tenga un buen comportamiento como absorbente acústico. Combinado con un elemento de masa como es la hoja principal de la fachada, hacen que este sistema tenga unas prestaciones de aislamiento acústico excelentes. Como se puede comprobar en las simulaciones realizadas con INSUL, a medida que se aumenta el espesor del aislamiento, se consigue que todo el sistema de fachada funcione mejor a bajas frecuencias y presente valores de aislamiento a ruido aéreo mejores (R_{Atr}).



IMPORTANTE. Antes de evaluar el comportamiento acústico de una fachada (parte ciega) es muy importante contabilizar el porcentaje de huecos que presente dicha fachada. En función de este porcentaje, a la parte ciega de la fachada se le exigirá un valor u otro de aislamiento a ruido aéreo (dBA).

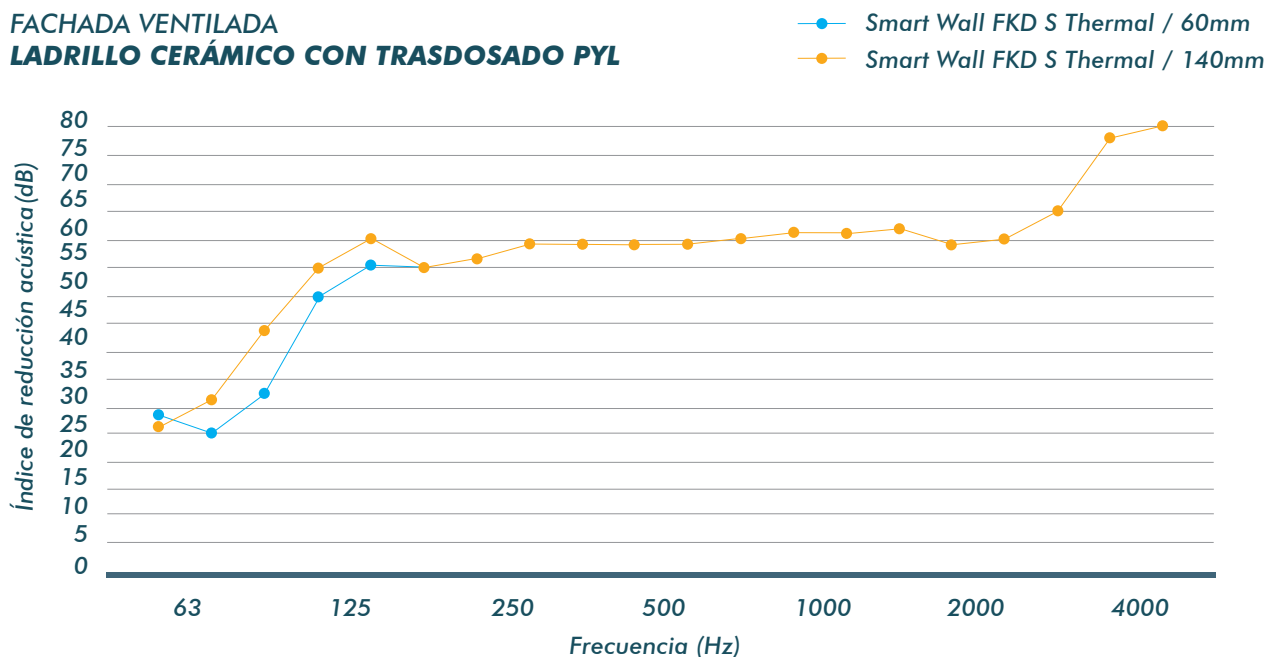
Los valores de aislamiento acústico a ruido aéreo ($D_{2m,nT,Atr}$) que establece el CTE en su documento básico HR, Protección frente al ruido, que debe cumplir una fachada se determinan en función de tres parámetros:

- Tipo de uso del edificio
- Índice de ruido de día, L_d (dBA)
- Porcentaje de huecos de fachada (%)

En la Tabla 2.1 se determina en primera instancia el valor de aislamiento a ruido aéreo que deberá cumplir nuestra fachada en función del índice de ruido de día (Ld) y el tipo de uso del edificio (residencial y hospitalaria o cultural, sanitario, docente y administrativo). En esta tabla los valores de aislamiento acústico irán entre 30dBA y 47dBA pudiéndose aumentar 4dBA si en la zona donde se ubique el edificio el ruido exterior dominante sea el de aeronaves.

Una vez se tenga este valor, en la Tabla 3.1, y en función del porcentaje de huecos que presenta la fachada se acabará de determinar el valor de aislamiento acústico a ruido aéreo de fachadas en contacto con el aire exterior. Este valor, para la parte ciega, irá desde los 33dBA en el caso que la parte ciega ocupe el 100% de la superficie de fachada, hasta los 60dBA.

FACHADA VENTILADA LADRILLO CERÁMICO CON TRASDOSADO PYL



Las lanas minerales mantienen sus propiedades acústicas inalteradas durante toda la vida útil del edificio.

GAMA DE PRODUCTOS SATE



SMART WALL FKD-S THERMAL



SMART WALL FKD-S PERIMETER

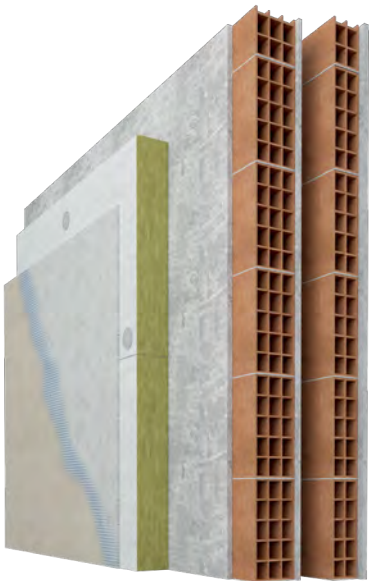
NOMBRE	LANA MINERAL	LAMBA (W/mk)	REVESTIMIENTO	HIDROREPELENTE + A1	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN, PERPENDICULAR DE LAS CARAS TR (KPa)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, CS (KPa)
Smart Wall FKD-S Thermal	Roca	0,035	Panel desnudo	✓	10	30
Smart Wall FKD-S Perimeter	Roca	0,037	Panel desnudo	✓	15	40

La solución Smart Wall FKD-S Perimeter es ideal para perímetros de huecos en la envolvente térmica como pueden ser jambas, dinteles y alféizares de ventana. De esta manera, se da una solución completa a toda la fachada, dotándola de una continuidad en lana mineral de roca con excelentes prestaciones mecánicas, térmicas y acústicas.

SISTEMA SATE DOBLE HOJA DE LADRILLO
CON CÁMARA DE AIRE
REHABILITACIÓN

DESCRIPCIÓN SISTEMA

- Hoja armada de acabado 6mm (Recubrimiento base, Armadura de refuerzo, Imprimación, Revestimiento final)
- Aislamiento de lana de roca **SMART WALL FKD-S THERMAL**
- Mortero adhesivo exterior - 15mm
- Anclajes fijación de polipropileno
- Ladrillo tradicional perforado - 120mm
- Cámara de aire - 50mm
- Ladrillo tradicional perforado - 80mm
- Yeso interior - 15mm



Tipo de obra		Producto	Ra (dBA)	Rtr (dBAtr)	Espesor (mm)	U (W/m²K)	R (W/m²K)	Zona climática					
Reh	On							α	A	B	C	D	E
😊		Smart Wall FKD-S Thermal	61	56	60	0,46	2,19	😊	😊				
			62	58	80	0,38	2,68	😊	😊	😊			
			62	59	100	0,32	3,16	😊	😊	😊			
			62	60	120	0,27	3,65	😊	😊	😊	😊		
			61	60	140	0,25	4,14	😊	😊	😊	😊	😊	😊

SISTEMA SATE LADRILLO MACIZO REHABILITACIÓN

DESCRIPCIÓN SISTEMA

- Hoja armada de acabado- 6mm (Recubrimiento base, Armadura de refuerzo, Imprimación, Revestimiento final)
- **Aislamiento de lana de roca SMART WALL FKD-S THERMAL**
- Mortero adhesivo exterior - 15mm
- Anclajes fijación de polipropileno
- Ladrillo tradicional macizo - 280mm
- Yeso interior - 15mm



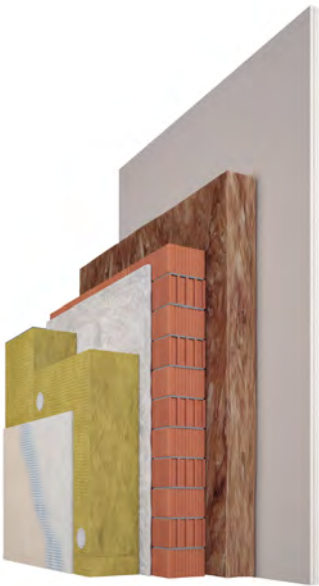
Tipo de obra		Producto	Ra (dBA)	Rtr (dBAtr)	Espesor (mm)	U (W/m²K)	R (W/m²K)	Zona climática					
Reh	On							α	A	B	C	D	E
😊		Smart Wall FKD-S Thermal	71	65	80	0,41	2,42	😊	😊				
			71	66	100	0,34	2,91	😊	😊	😊			
			72	67	120	0,29	3,40	😊	😊	😊	😊		
			72	67	140	0,26	3,88	😊	😊	😊	😊	😊	😊

SISTEMA SATE BLOQUES CERÁMICOS CON TRASDOSADO

OBRA NUEVA Y REHABILITACIÓN

DESCRIPCIÓN SISTEMA

- Hoja armada de acabado - 6mm (Recubrimiento base, Armadura de refuerzo, Imprimación, Revestimiento final)
- **Aislamiento de lana de roca SMART WALL FKD-S THERMAL**
- Mortero adhesivo exterior - 15mm
- Anclajes de fijación de polipropileno
- Ladrillo gero de 130mm
- Aislamiento de lana de vidrio ULTRACOUSTIC PLUS de 50mm
- 2 Placa de yeso estándar de 12,5mm y de 15mm



Tipo de obra		Producto	Ra (dBA)	Rtr (dBAtr)	Espesor (mm)	U (W/m²K)	R (W/m²K)	Zona climática					
Reh	On							α	A	B	C	D	E
😊	😊	Smart Wall FKD-S Thermal	58	51	60	0,33	3,05	😊	😊	😊			
			60	56	80	0,28	3,54	😊	😊	😊	😊		
			60	57	100	0,25	4,03	😊	😊	😊	😊	😊	
			61	57	120	0,22	4,51	😊	😊	😊	😊	😊	😊
			61	58	140	0,20	5,00	😊	😊	😊	😊	😊	😊

SISTEMA SATE AQUAPANEL

OBRA NUEVA

DESCRIPCIÓN SISTEMA

- Hoja armada de acabado 6mm (Recubrimiento base, Armadura de refuerzo, Imprimación, Revestimiento final)
- **Aislamiento de lana de roca SMART WALL FKD-S THERMAL**
- Mortero adhesivo exterior 10mm
- Anclajes de fijación de polipropileno
- Placa de cemento Knauf AQUAPANEL 12,5mm
- Estructura metálica de 100mm
- **Aislamiento de lana de vidrio ULTRACOUSTIC PLUS 100 mm**
- 2 placas de yeso estándar de 12,5mm y de 15mm



Tipo de obra		Producto	Ra (dBA)	Rtr (dBAtr)	Espesor (mm)	U (W/m ² K)	R (W/m ² K)	Zona climática					
Reh	On							α	A	B	C	D	E
	😊	Smart Wall FKD-S Thermal	52	48	60	0,24	4,20	😊	😊	😊	😊	😊	
			53	50	80	0,21	4,68	😊	😊	😊	😊	😊	😊
			53	50	100	0,19	5,17	😊	😊	😊	😊	😊	😊
			53	51	120	0,18	5,65	😊	😊	😊	😊	😊	😊
			53	51	140	0,16	6,14	😊	😊	😊	😊	😊	😊

SISTEMA SATE MADERA
OBRA NUEVA

DESCRIPCIÓN SISTEMA

- Hoja armada de acabado - 6mm (Recubrimiento base, Armadura de refuerzo, Imprimación, Revestimiento final)
- **Aislamiento de lana de roca SMART WALL FKD-S THERMAL**
- Mortero adhesivo exterior - 10mm
- Anclajes de fijación de polipropileno
- Placa de OSB de 15mm
- Entramado de madera - 150mm
- **Aislamiento de lana de vidrio NATUROLL 035 - 140 mm**
- 2 placas de yeso estándar de 12,5mm y de 15mm



Tipo de obra		Producto	Ra (dBA)	Rtr (dBAtr)	Espesor (mm)	U (W/m²K)	R (W/m²K)	Zona climática					
Reh	On							α	A	B	C	D	E
	😊	Smart Wall FKD-S Thermal	50	46	60	0,19	5,48	😊	😊	😊	😊	😊	😊
			60	47	80	0,16	5,97	😊	😊	😊	😊	😊	😊
			50	48	100	0,15	6,45	😊	😊	😊	😊	😊	😊
			50	48	120	0,14	6,94	😊	😊	😊	😊	😊	😊

INSTALACIÓN SISTEMA SATE

1



PREPARACIÓN DEL MURO SOPORTE

Antes de empezar el trabajo hay que verificar siempre el estado del soporte. El soporte tiene que tener la suficiente capacidad portante para soportar las cargas a las que estará sometido: peso del sistema y cargas de viento.

En el caso de rehabilitación, se deberá preparar el soporte para conseguir una buena superficie de agarre del mortero adhesivo. Esta preparación constará de una capa de mortero reguladora en el caso que el soporte no conserva la planimetría, tenga desperfectos importantes, etc.

2



ARRANQUE DEL SISTEMA

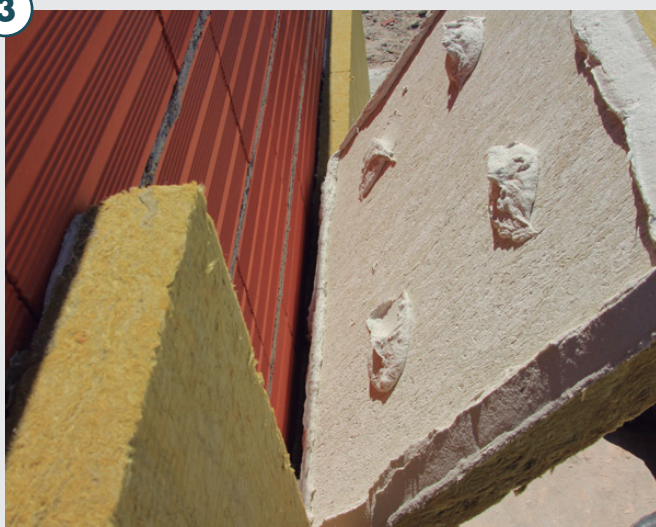
Se deberán instalar perfiles de arranque a una distancia mínima del suelo de 15cm para evitar humedad por capilaridad y dejando una distancia entre ellos de 5mm para evitar los problemas por dilatación del material. Los materiales más usados son: aluminio, PVC o metal inoxidable.

El perfil de arranque debe tener una base mayor (1cm aproximadamente) que el espesor del aislamiento que se vaya a instalar. Si el soporte presenta irregularidades, se deberá utilizar piezas niveladoras con el espesor necesario que permita que el perfil esté paralelo al soporte. En las esquinas internas y externas, el perfil se cortará a 45° y se unirán mediante los dos perfiles con una junta plástica.

Finalmente, los perfiles de arranque se fijarán al soporte mediante tornillos y tacos separados entre 25-30cm entre ellos.

Se puede realizar el arranque de fachada desde cota 0 instalando paneles específicos y adhesivos impermeables.

3



COLOCACIÓN DE LOS PANELES MEDIANTE MORTERO ADHESIVO

Los paneles Smart Wall FGD S Thermal, se deben colocar con mortero adhesivo y con fijaciones mecánicas.

Se tiene que utilizar el método de borde y punto. Es decir, se deberá hacer un cordón perimetral de mortero y tres puntos centrales de manera que se cubra como mínimo un 40% de la superficie del panel. Los paneles se tienen que colocar a rompe juntas y contrapeados.

IMPORTANTE. El mortero que pueda sobresalir por las juntas se debe eliminar para evitar puentes térmicos y acústicos.

4 PUESTA EN OBRA

Los paneles se deben colocar de manera inmediata, desde el perfil de arranque e ir subiendo por la fachada y a nivel.

IMPORTANTE. En las esquinas de la fachada, los paneles deben colocarse de manera escalonada manteniendo siempre la colocación a rompe juntas. Una vez colocados los paneles no se puede modificar su posición. Esto puede provocar la rotura del mismo.

5 COLOCACIÓN PANELES ALREDEDOR DE LOS HUECOS DE FACHADA

En los huecos de puertas y ventanas, se debe cortar y colocar el aislamiento de manera que los vértices de los paneles Smart Wall FKD S Thermal no coincidan con las esquinas de los huecos colocados en forma de L.

El Smart Wall FKD S Perimeter para perímetro de huecos (jambas, dinteles, etc) se pueden instalar solamente con mortero adhesivo pero en toda la superficie de la cara del panel.

6



VERIFICACIÓN DE LA COLOCACIÓN

Durante la colocación a tresbolillo de los paneles Smart Wall FKD S Thermal, se debe comprobar la planeidad de los mismos utilizando un nivel.

No deben quedar juntas abiertas o huecos entre paneles. Si fuese el caso, se deben rellenar con material aislante, nunca con mortero ya que puede provocar puentes térmicos y acústicos.

7



FIJACIÓN MECÁNICA 1

Una vez pasadas 24/48 horas de secado del mortero adhesivo la fijación de los paneles se debe complementar con la colocación de fijaciones mecánicas. Se recomienda realizar los orificios de los anclajes coincidiendo con el mortero adhesivo del perímetro del panel y las pelladas centrales.

El primer factor a tener en cuenta en la elección de los anclajes es el tipo de soporte. Al final de este capítulo de instalación se trata la elección de los anclajes de manera detallada.

FIJACIÓN MECÁNICA 2

El número de anclajes a colocar dependerá de la carga de viento, altura y geometría del edificio y topografía de la zona (ver Tabla anexa). Aunque nunca será menor a 4 fijaciones por m².

En las esquinas de los edificios, donde la acción del viento es mayor, se tendrán que colocar más fijaciones.

Es muy importante que los anclajes seleccionados cumplan con lo especificado por el ETAG 004. Estos se pueden colocar planos en superficie o avellanados.

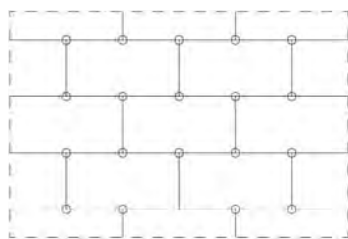
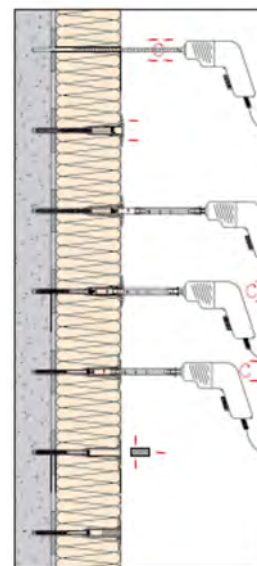
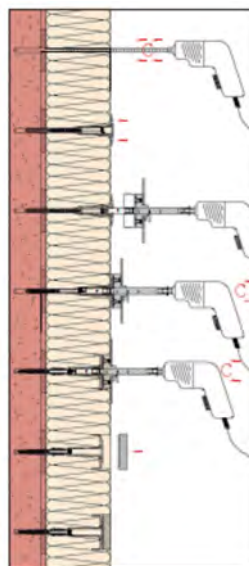
FIJACIÓN MECÁNICA 3

El orificio de las fijaciones debe realizarse de manera perpendicular al panel, a través del aislamiento hacia el sustrato y siempre mediante taladros mecánicos.

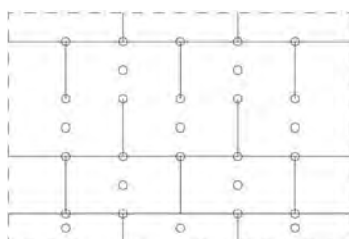
La fijación se puede introducir en el interior del orificio golpeando con martillo o atornillando en función del tipo de fijación utilizada.

No se debe presionar en exceso la fijación contra el panel Smart Wall FKD S Thermal ya que puede dejar una marca que será difícil tratar con las diferentes capas de acabado.

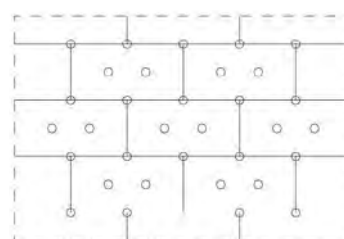
CARGA DE VIENTO KN/M ²	ALTURA DE EDIFICIO		
	≤ 10 m	≤ 18 m	≤ 25 m
0,5	4	6	6
1,0	6	6	6
1,1	6	6	6
1,3	8	8	8
1,5	10	10	12



Consumo: 4 Fijaciones / m²



Consumo: 6 Fijaciones / m²



Consumo: 8 Fijaciones / m²

8 TRATAMIENTO PUNTOS SINGULARES

Para garantizar un buen acabado final de la fachada con la capa base, se deberán tratar una serie de puntos singulares de la fachada:

- **Esquinas del edificio.** Se deberán colocar unos perfiles de PVC con malla de fibra de vidrio antialcalina. Se coloca una capa de mortero (15cm ancho) a ambas caras de la esquina y se inserta el perfil encima del mortero haciendo presión hasta que tenga material por encima de la malla. Con el material sobrante y una llana cubrir toda la superficie de la malla. La malla general de la fachada deberá solapar 10cm como mínimo sobre ésta.
- **Esquinas de puertas y ventanas.** Para evitar la aparición de fisuras, se deberá colocar una malla a 45° de 30cm x 30cm en las esquinas de puertas y ventanas. Primero se coloca una capa de mortero sobre el aislamiento en la zona donde irá la malla. Insertar la malla haciendo presión hasta que sobresalga el mortero por encima de la superficie de la misma y esparcirlo para unificar la superficie.
- **Juntas de dilatación estructural.** En las juntas de dilatación del edificio y por tanto también del aislamiento, cuyos paneles estarán interrumpidos, se deberá colocar un perfil de PVC flexible con malla de fibra de vidrio a ambos lados del perfil. Este perfil flexible se adapta a los posibles movimientos del edificio y protege el aislamiento de las inclemencias meteorológicas. Primero se aplicará mortero (15 cm de ancho) a ambos lados de la junta de dilatación y se insertará el perfil haciendo presión a ambos lados hasta que el mortero sobresalga por encima de la malla para finalmente repartir este mortero por toda la superficie de la malla creando una zona uniforme.
- **Vierteaguas.** Se recomienda colocar perfiles de PVC con forma de vierteaguas con malla en los alféizares de las ventanas, así como en el encuentro con cubierta. De esta manera, se evita que el agua deje marcas en el acabado del SATE.



El mortero utilizado en estos puntos singulares se debe dejar secar antes de cubrir con el armado y mortero general de la fachada

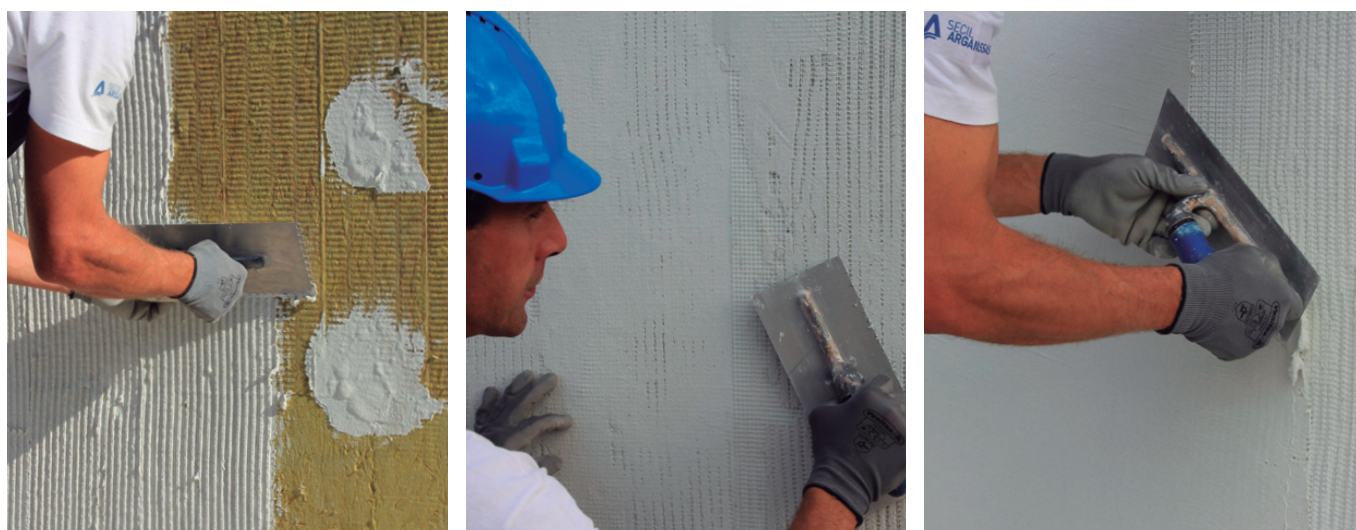
9 APLICACIÓN DEL MORTERO BASE Y MALLA DE REFUERZO

Antes de aplicar el mortero base se debe comprobar que no se van a producir heladas mientras dure el fraguado del mismo.

La capa de mortero base y malla de refuerzo y mortero de nuevo deberán tener entre 5-6mm.

Se aplica una primera capa de mortero con una llana de con dientes de 8-8mm de manera continua.

A continuación, sobre el mortero fresco, se coloca una malla de fibra de vidrio antialcalina y se hace presión de manera que quede embebida en el centro de la capa de mortero. El exceso de mortero que sobresalga por encima de la malla se debe recoger. Es importante asegurarse que la malla queda plana y uniforme, sin bultos ni arrugas. Los distintos tramos de malla se deben solapar 10cm entre sí. Finalmente se cubre la malla con otra capa de mortero regulador de manera que la superficie final quede plana, sin marcas y con textura uniforme.



10 IMPRIMACIÓN Y ACABADO FINAL

Este proceso es de vital importancia ya que determina el acabado estético del edificio, protege al inmueble del exterior garantizando la impermeabilización de la fachada y la permeabilidad al vapor de agua. Al igual que en el paso anterior (9) se deberán controlar las condiciones meteorológicas de las próximas horas después de la aplicación. Es importante seguir los siguientes pasos para obtener un acabado estético adecuado:

- **Mezclar bien el producto con un batidor eléctrico (siempre que sea posible) para obtener una mezcla de color y textura homogénea**
- **Todos los operarios que trabajen aplicando el mortero deben tener las mismas herramientas y no deben interrumpir la aplicación en un paño de trabajo. Se deberá utilizar una cinta para delimitar los paños de trabajo intencionados o decorativos**

Se puede dar textura al acabado utilizando una paleta acolchada y moviéndola en forma de remolino.

Destacar que el SATE realizado con aislamiento en lana mineral de roca soporta los colores comprometidos (oscuros) mucho mejor que el SATE realizado con otro tipo de aislamiento. Esto se debe a que la lana mineral de roca tiene mejor comportamiento mecánico a temperatura elevadas. Su elevada inercia térmica también ayuda a que concentre el calor sin transmitirlo a los otros materiales que forman la fachada.

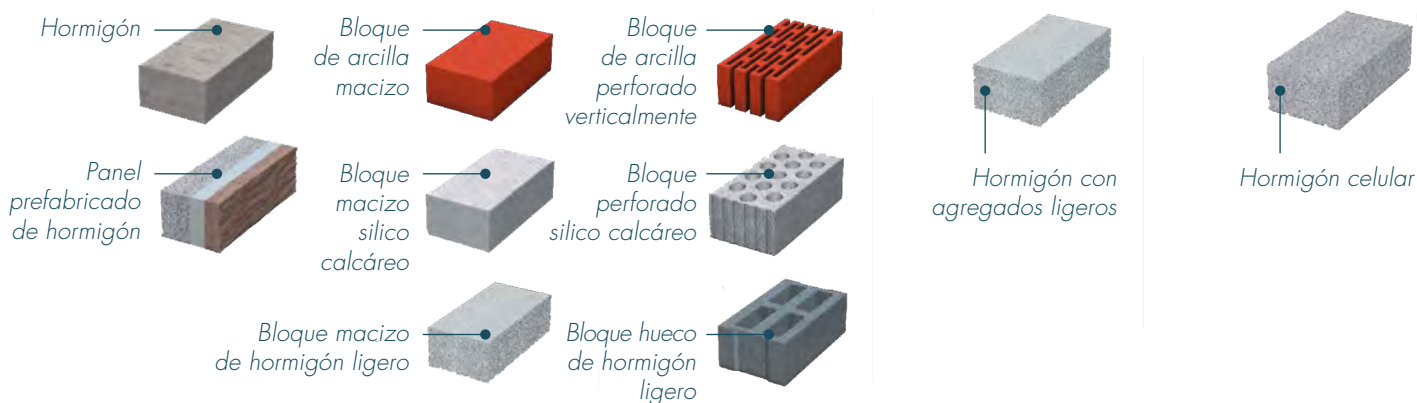
NOTA. Cuando se utilizan acabados con color, la imprimación debe tener el mismo color que el revestimiento final.



Recomendaciones para el instalador a la hora de la elección de los anclajes

A continuación, se describen una serie de consideraciones importantes que el instalador debe tener en cuenta en el momento de la elección de los anclajes para la lana mineral del sistema SATE

1. Muy importante. El anclaje debe estar certificado por la ETA (European Technical Assessment) y como tal disponer de un documento que lo acredite, conforme cumple con el requisito que marca Europa para los anclajes plásticos para aislamiento térmico por el exterior, SATE. Este requisito es el ETAG 014



2. La ETA describe 5 tipos de sustratos diferente y el anclaje utilizado deberá estar aprobado para su uso sobre cada tipo de sustrato

3. Cuando el sustrato sobre el que se coloca el aislamiento sea una placa tipo cementicia el anclaje nunca se deberá instalar avellanado. Se deberá utilizar un anclaje que permita su instalación en superficie

3.1. Para este tipo de sustrato no se deberá instalar el anclaje mediante golpeo con un martillo ya que se podría romper la placa de cemento. Siempre se deberá utilizar un taladro eléctrico para hacer el agujero y un destornillador para introducirlo en la perforación

4. Para el resto de sustratos descritos en la ETA el anclaje sí podrá ser avellanado y de hecho se recomienda sea así para facilitar la ejecución final del mortero de acabado y la reducción de puentes térmicos

6. SOLUCIONES PARA LA ENVOLVENTE: **FACHADA VENTILADA**



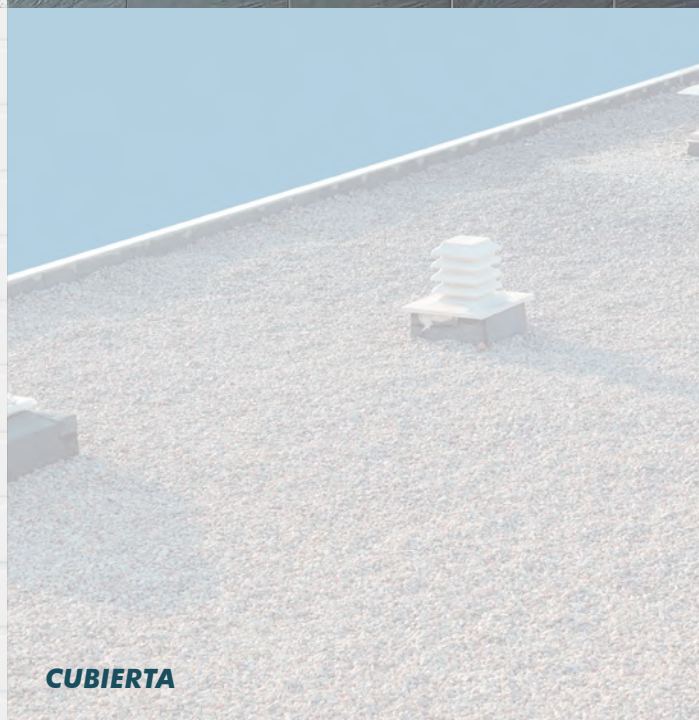
SATE



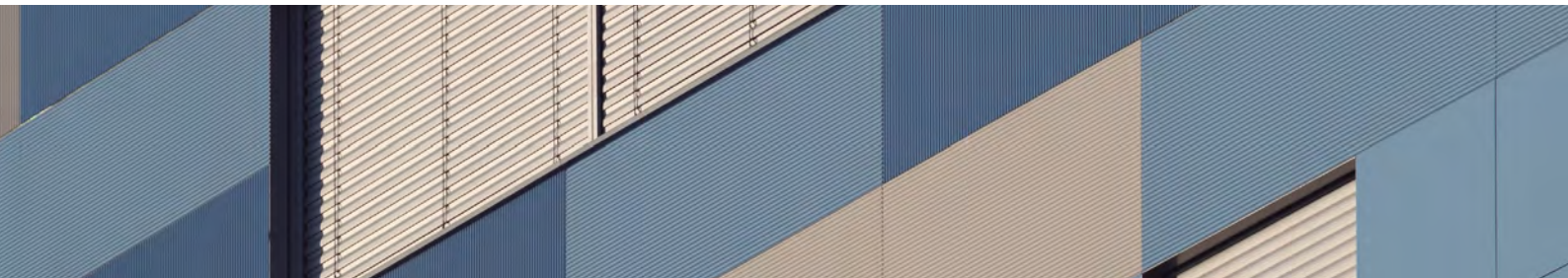
VENTILADA



LADRILLO



CUBIERTA



FACHADA VENTILADA

VENTAJAS FACHADA VENTILADA TÉRMICA Y ACÚSTICA



AISLANTE TÉRMICO

Junto con la solución de fachada SATE, la fachada ventilada es una de las mejores soluciones tanto para obra nueva como rehabilitación por el confort que ofrecen a sus usuarios por los siguientes motivos:

- *Disminución de puentes térmicos al tener el aislamiento continuo por el exterior de fachada*
- *Evita los riesgos de condensación gracias al constante flujo de aire que circula por la cámara ventilada*
- *En los meses de verano, la radiación solar incide directamente sobre el acabado (piel) de la fachada; esto ejerce de freno frente al calor. Adicionalmente, el aire caliente de dentro de la cámara circula en sentido ascendente provocando el “efecto chimenea” que ayudará a evacuar parte de la energía en forma de calor absorbida por los diferentes materiales que forman la hoja principal de la fachada.*



AISLAMIENTO ACÚSTICO

En España, dentro de la familia de fachadas ventiladas hay de muchas configuraciones posibles: con o sin trasdosado interior, con o sin aislamiento en la cámara de aire que queda entre la hoja principal de fachada, ya sea placa cementicia o ladrillo, y el acabado (piel).

Es importante subrayar que la mejor configuración en términos de aislamiento acústico, es la que dispone de aislamiento en la cámara ventilada así como de un trasdosado interior también con aislamiento.

En los dos casos, al igual que en las otras soluciones de fachada de este catálogo, el aislamiento tiene una función de absorbente acústico. Las características que debe cumplir un aislamiento para ser un excelente absorbente acústico son: tener una elevada porosidad, elasticidad y elevada resistencia al flujo de aire. Con todo lo expuesto, el aislamiento en la configuración de fachada ventilada con trasdosado interior cumple con una doble función:

1. Aislamiento en la cámara ventilada

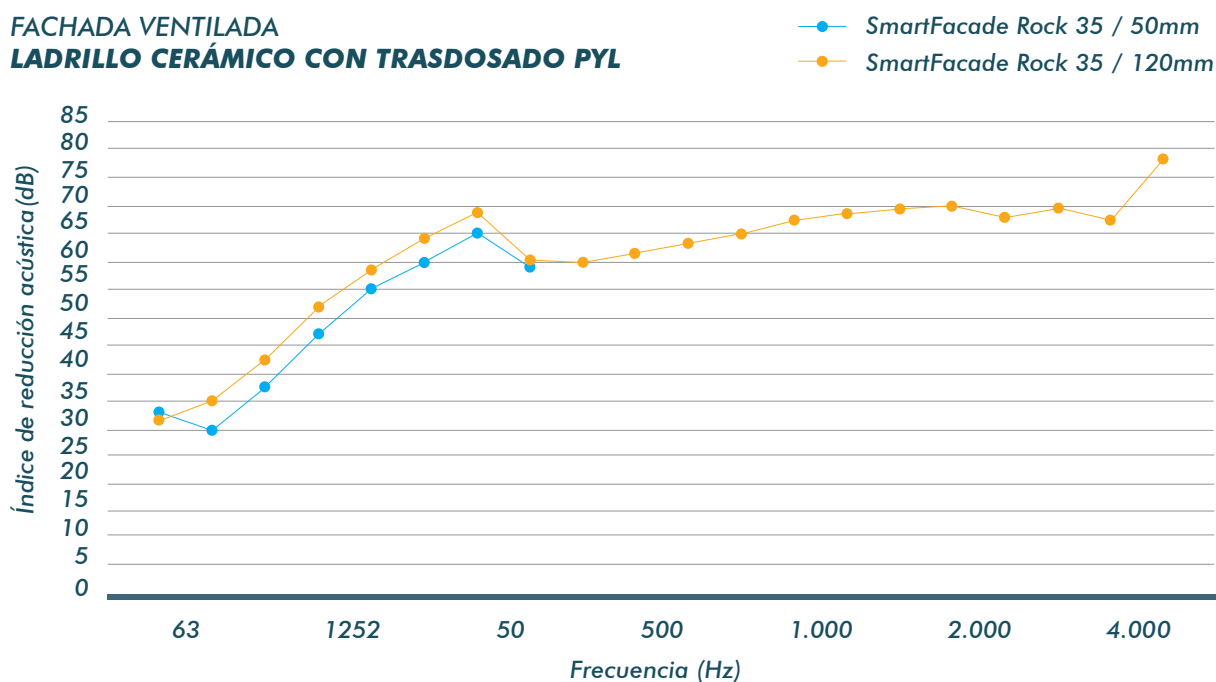
El aislamiento colocado en la cámara de aire atenuará la onda sonora que le llegue desde el exterior (la calle) evitando el fenómeno de reflexión. La reflexión de la onda sonora dentro de la cámara ventilada provocaría que el sonido (dB) fuese aumentando e incrementando la sensación de ruido al reflejarse la onda contra el acabado exterior.

2. Aislamiento en el trasdosado

El trasdosado interior de fachada acústicamente funciona según el principio de masa-muelle-masa. El aislamiento, al estar colocado entre dos masas (el cerramiento de fachada -placa cementicia, ladrillo cerámico, etc.- y el cerramiento interior del trasdosado -placa de yeso o ladrillo-) tiene la función de muelle. Sus propiedades como absorbente acústico serán las que evitarán que la onda sonora reverbere en el interior de la cámara ayudando a que la onda sonora no aumente por el efecto de cavidad.

Las soluciones de aislamiento tanto en lana mineral de vidrio como en lana mineral de roca de Knauf Insulation, combinadas con la masa del cerramiento de fachada y trasdosado interior, hacen que las prestaciones de aislamiento acústico de todo el sistema de fachada sean excelentes. Como se puede comprobar en las simulaciones realizadas con INSUL, a medida que se aumenta el espesor del aislamiento, se consigue que todo el sistema de fachada funcione mejor a bajas frecuencias y presente valores de aislamiento a ruido aéreo mejores (RATr). Esto es importante ya que el ruido emitido por el tráfico rodado en su mayoría es en el rango de las bajas frecuencias. Se puede comprobar en la siguiente gráfica donde se compara la solución SmartFacade Rock 35 en espesores de 50mm y 120mm con trasdosado con placa de yeso laminado y Ultracoustic Plus en 50mm.

**FACHADA VENTILADA
LADRILLO CERÁMICO CON TRASDOSADO PYL**



IMPORTANTE. Antes de evaluar el comportamiento acústico de una fachada (parte ciega) es muy importante contabilizar el porcentaje de huecos que presente dicha fachada. En función de este porcentaje, a la parte ciega de la fachada se le exigirá un valor u otro de aislamiento acústico a ruido aéreo (dBA).

GAMA DE PRODUCTOS

NUEVA GAMA SMART



Características	SmartFacade 32 BP	SmartFacade Black 35	SmartFacade 35 BR	SmartFacade Rock 35	Smart Acoustik 7	NORMATIVA
Revestimiento	Velo negro	Tejido negro	Velo negro	Sin revestimiento		-
Conductividad térmica (λD)	0,032 W/m·K	0,035 W/m·K			0,034 W/mK	EN12667
Reacción al fuego (Euroclase)	A1 (no combustible)					EN13501-1
Absorción de agua a corto plazo (WS)	≤ 1 kg/m²					EN1609
Absorción de agua a largo plazo (WS)	≤ 3 kg/m²					EN12087
Resistencia al flujo del aire (AFr)	≥ 10 kPa·s/m²	≥ 5 kPa·s/m²		≥ 10 KPa·s/m²	≥ 12 KPa·s/m²	EN29053
Resistencia a la difusión de vapor de agua (μ)	1					EN12086

BARRERA CORTAFUEGOS

La fachada es la vía más rápida de propagación del fuego en los edificios. Dentro de las diferentes soluciones constructivas de fachada, la ventilada es la que tiene un índice de propagación más elevado. Es por este motivo que es muy importante asegurarse que los aislamientos tengan una clasificación de reacción al fuego incombustible, como las lanas minerales de vidrio y roca.

El CTE determina que, en fachadas ventiladas, cuando el forjado separe dos sectores de incendio, se debe limitar el desarrollo vertical de la cámara ventilada en continuidad con el forjado. El mismo CTE acepta las barreras E30 como una solución válida. El CTE marca unos mínimos, y en muchas normativas regionales se obliga al uso de dichas barreras, aunque el forjado no separe dos sectores de incendio. Igualmente, muchos arquitectos e ingenierías están adoptando esta solución de manera estándar en sus proyectos.

Knauf Insulation presenta una solución novedosa de barreras cortafuegos con las siguientes características:

- Estabilidad frente al fuego de 60 minutos. Supera lo que marca el CTE
- Barreras hechas de lana mineral de roca con ligante ETechnology recubiertas por un film de aluminio reforzado
- Franjas de material intumescente que con la presencia de calor se hinchan cerrando el paso de la cámara ventilada

Dichas barreras cumplen con las normativas más exigentes:

- BS476 parte 4. Descripción de la reacción al fuego de los materiales (Estándar Europeo ISO 1182 e ISO 1716). Las barreras cortafuego están clasificadas como "no-combustibles"
- EN 1363-1-1999. Resistencia al fuego de los materiales y elementos de construcción
- EOTA-TR31. Ensayo de resistencia al fuego para "Cavity Barriers"

INSTALACIÓN DE LAS BARRERAS CORTAFUEGOS HORIZONTALES Y VERTICALES

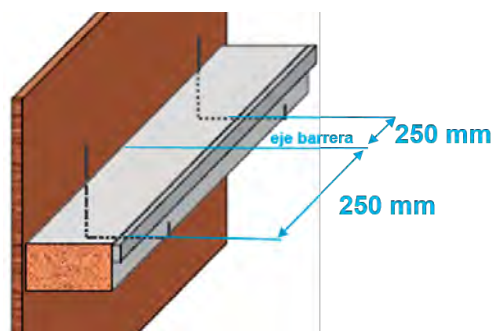
La correcta instalación del sistema **Smart Facade Fire Barrier** es muy importante para que cumpla con la función con la que fue diseñado y ensayado en caso de incendio: sellar la cámara ventilada completamente para evitar el paso de las llamas y gases calientes.

Los componentes que incluye el sistema son:

- **Barrera cortafuegos**
- **Ménsulas / escuadras de sujeción en acero galvanizado (disponible bajo pedido en acero inoxidable)**
- **Cinta de aluminio**

La barrera se instala en la cámara ventilada de la fachada antes de colocar el aislamiento: entre el hueco que queda entre el muro portante (cerámico, placa de cemento, etc.) y el acabado de fachada (la piel).

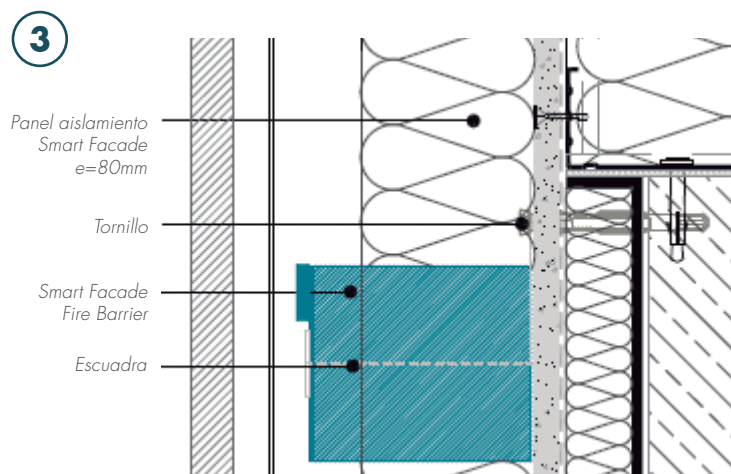
Las barreras horizontales tienen una longitud de 1m y cada una de ellas se instala con dos ménsulas de fijación colocadas a 250mm del eje de la barrera.



INSTALACIÓN

Los pasos a seguir para la correcta instalación del sistema con barreras horizontales son los siguientes:

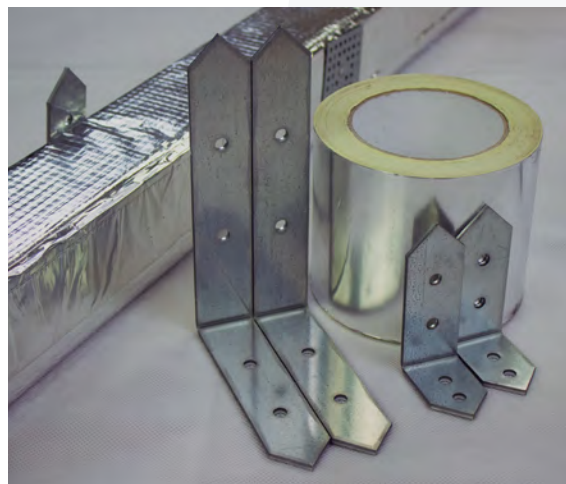
- 1 Replantear sobre el muro portante alrededor de los huecos o en el frente de forjado las ménsulas de fijación e instalarlas mediante tornillos de acero inoxidable. Dos por cada ménsula.**
- 2 A continuación, se fijará la barrera a la ménsula. En función del tamaño de la barrera se hará de las siguientes maneras:**
 - a.** Para barreras pequeñas, se insertará la barrera, a la mitad de su altura en el ala de la ménsula que queda perpendicular al muro soporte.
 - b.** Para barreras de mayor tamaño, el ala de la ménsula que queda libre tiene en su extremo una pestaña que gira hacia el interior de la fachada. La barrera descansa en dicha ala y se inserta la muesca en la barrera.



La barrera se instala de manera que el material intumescente quede hacia el interior de la cámara ventilada.

- 4** La cámara ventilada libre debe ser mayor que 30mm y menor que 100mm, tal y como marca el CTE en su documento básica DB HS.

- 5** La unión entre las barreras se tiene que encintar con la cinta de aluminio que viene con el sistema. No se debe utilizar ninguna otra cinta.



Instalación del sistema con barreras verticales:

- 1** En el caso de las barreras horizontales, no se fijan con medios mecánicos.

Primero, se debe replantear la ubicación de las barreras alrededor de los huecos de fachada.

- 2** Posteriormente, se colocarán las barreras sujetas temporalmente mediante trozos de la misma cinta de aluminio utilizada para sellar las uniones entre barreras.

- 3** El ancho total de la barrera es 5mm más ancho que el ancho total de la cámara ventilada. De manera que cuando se coloque el acabado de fachada (piel) ésta haga presión sobre la barrera vertical y de esta manera quede sujeta.

- 4** Se sellarán todas las uniones entre las barreras horizontales y verticales con la cinta de aluminio del sistema.



SISTEMAS FACHADA VENTILADA

LADRILLO MACIZO REHABILITACIÓN

DESCRIPCIÓN SISTEMA: sistema de fachada ventilada tradicional con ladrillo macizo típico de las rehabilitaciones integrales de edificios.

- Acabado
- Cámara ventilada
- Aislamiento de lana mineral
- Perfilería metálica
- Fijaciones de polipropileno
- Ladrillo tradicional macizo 280mm
- Enlucido de yeso interior 15mm



Tipo de obra		Producto	Ra (dBA)	Rtr (dBAtr)	Espesor (mm)	U (W/m²K)	R (W/m²K)	Zona climática					
Reh	On							α	A	B	C	D	E
😊		Smart Facade 32 BP	71	64	50	0,54	1,84	😊					
			72	65	60	0,47	2,10	😊	😊				
			73	67	80	0,38	2,64	😊	😊	😊			
			73	68	100	0,32	3,16	😊	😊	😊			
			74	68	120	0,27	3,70	😊	😊	😊	😊	😊	
			74	69	160	0,21	4,76	😊	😊	😊	😊	😊	😊
😊		Smart Facade Black 35	72	65	60	0,51	1,96	😊					
			73	66	80	0,41	2,46	😊	😊				
			73	67	100	0,34	2,94	😊	😊	😊			
			73	68	120	0,29	3,43	😊	😊	😊	😊		
😊		Smart Facade Rock 35	71	64	60	0,51	1,96	😊					
			72	66	80	0,41	2,46	😊	😊				
			73	67	100	0,34	2,94	😊	😊	😊			
			73	68	120	0,29	3,43	😊	😊	😊	😊		
😊		Smart Acoustik 7	71	63	50	0,56	1,76	😊					
			71	64	60	0,49	2,01	😊	😊				
			72	66	80	0,40	2,51	😊	😊				
			73	67	100	0,33	3,01	😊	😊	😊			
			73	68	120	0,28	3,51	😊	😊	😊	😊		

BLOQUES CERÁMICOS CON TRASDOSADO
OBRA NUEVA Y REHABILITACIÓN

DESCRIPCIÓN SISTEMA: sistema de fachada ventilada con trasdosado, especial para rehabilitaciones integrales de edificios y obra nueva.

- Acabado
- Cámara ventilada
- Aislamiento de lana mineral
- Perfilería metálica
- Fijaciones de polipropileno
- Ladrillo cerámico de 130mm
- **Aislamiento de lana de vidrio ULTRACOUSTIC PLUS de 50mm**
- 2 placas de yeso estándar de 12,5mm y de 15mm

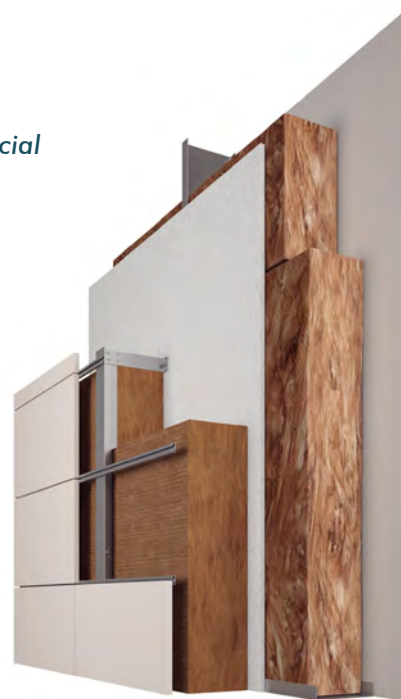


Tipo de obra		Producto	Ra (dBA)	Rtr (dBAtr)	Espesor (mm)	U (W/m²K)	R (W/m²K)	Zona climática					
Reh	On							α	A	B	C	D	E
☺	☺	Smart Facade 32 BP	62	56	60	0,32	3,24	☺	☺	☺			
			62	57	80	0,27	3,77	☺	☺	☺	☺	☺	
			62	58	100	0,24	4,30	☺	☺	☺	☺	☺	☺
			62	59	120	0,21	4,84	☺	☺	☺	☺	☺	☺
☺	☺	Smart Facade Black 35	61	56	50	0,35	2,86	☺	☺	☺			
			62	56	60	0,33	3,10	☺	☺	☺	☺		
			62	57	80	0,28	3,59	☺	☺	☺	☺	☺	
			62	58	100	0,25	4,07	☺	☺	☺	☺	☺	☺
			62	59	120	0,22	4,56	☺	☺	☺	☺	☺	☺
☺	☺	Smart Facade Rock 35	61	56	50	0,35	2,86	☺	☺	☺			
			62	56	60	0,33	3,10	☺	☺	☺	☺		
			62	57	80	0,28	3,59	☺	☺	☺	☺	☺	
			62	58	100	0,25	4,07	☺	☺	☺	☺	☺	☺
			62	59	120	0,22	4,56	☺	☺	☺	☺	☺	☺
☺	☺	Smart Acoustik 7	59	51	40	0,39	2,64	☺	☺				
			61	56	50	0,35	2,90	☺	☺	☺			
			62	56	60	0,32	3,15	☺	☺	☺			
			62	57	80	0,28	3,65	☺	☺	☺	☺		
			62	58	100	0,25	4,15	☺	☺	☺	☺	☺	
			62	59	120	0,21	4,65	☺	☺	☺	☺	☺	☺

AQUAPANEL**OBRA NUEVA Y REHABILITACIÓN**

DESCRIPCIÓN SISTEMA: sistema de fachada ventilada con trasdosado, especial para rehabilitaciones integrales de edificios y obra nueva.

- Acabado
- Cámara ventilada
- Aislamiento
- Perfilería metálica
- Fijaciones de polipropileno
- Placa de cemento Knauf AQUAPANEL 12,5mm
- Estructura metálica de 100mm
- **Panel de lana de vidrio con ULTRACOUSTIC PLUS de 100mm**
- 2 Placa de yeso estándar de 12,5mm y de 15mm



Tipo de obra		Producto	Ra (dBA)	Rtr (dBAtr)	Espesor (mm)	U (W/m ² K)	R (W/m ² K)	Zona climática					
Reh	On							α	A	B	C	D	E
😊	😊	Smart Facade 32 BP	52	46	50	0,25	4,12	😊	😊	😊	😊	😊	
			52	46	60	0,22	4,39	😊	😊	😊	😊	😊	😊
			53	47	80	0,20	4,91	😊	😊	😊	😊	😊	😊
			53	49	100	0,19	5,45	😊	😊	😊	😊	😊	😊
			53	49	120	0,16	5,98	😊	😊	😊	😊	😊	😊
			53	50	160	0,14	7,04	😊	😊	😊	😊	😊	😊
😊	😊	Smart Facade Black 35	52	46	50	0,25	4,00	😊	😊	😊	😊	😊	
			52	46	60	0,24	4,25	😊	😊	😊	😊	😊	
			53	47	80	0,21	4,73	😊	😊	😊	😊	😊	😊
			53	49	100	0,19	5,22	😊	😊	😊	😊	😊	😊
			53	49	120	0,18	5,70	😊	😊	😊	😊	😊	😊
😊	😊	Smart Facade Rock 35	52	46	50	0,25	4,00	😊	😊	😊	😊	😊	
			52	46	60	0,24	4,25	😊	😊	😊	😊	😊	
			53	47	80	0,21	4,73	😊	😊	😊	😊	😊	😊
			53	49	100	0,19	5,22	😊	😊	😊	😊	😊	😊
			53	49	120	0,18	5,70	😊	😊	😊	😊	😊	😊
😊	😊	Smart Acoustik 7	52	46	50	0,25	4,04	😊	😊	😊	😊	😊	
			52	46	60	0,24	4,29	😊	😊	😊	😊	😊	
			53	47	80	0,21	4,79	😊	😊	😊	😊	😊	😊
			53	49	100	0,19	5,29	😊	😊	😊	😊	😊	😊
			53	49	120	0,18	5,79	😊	😊	😊	😊	😊	😊

INSTALACIÓN

1



COLOCACIÓN DE LA ESTRUCTURA PRIMARIA

El instalador deberá colocar las ménsulas/montantes de la estructura primaria de la fachada ventilada.

Deberá sacar previamente la plomada de la fachada para regular la estructura primaria.

RECOMENDACIONES PARA EL INSTALADOR:

La longitud de las ménsulas tiene que ser superior al espesor del aislamiento para poder fijar después el montante principal generando la cámara de aire ventilada. Se recomienda dejar una cámara de aire ventilada de entre 3 y 10cm (CTE DB HS).

2



COLOCACIÓN DEL AISLAMIENTO

A continuación, se deberá colocar el aislamiento. Knauf Insulation dispone de una amplia gama de soluciones de aislamiento para fachada ventilada tanto en formato panel, como rollo, en su versión desnuda o con velo o tejido de color negro. Aunque la colocación es muy similar, a continuación se detallan los pasos a seguir diferenciando entre formato rollo o panel.

Colocación aislamiento en formato panel:

Tanto en el Sistema Rainproof con el aislamiento en paneles "Panel Plus, TP138" como el Smart Facade 32 BP con velo negro, los paneles se deberán colocar al mismo tiempo que se ejecutan las perforaciones para colocar las fijaciones mecánicas.

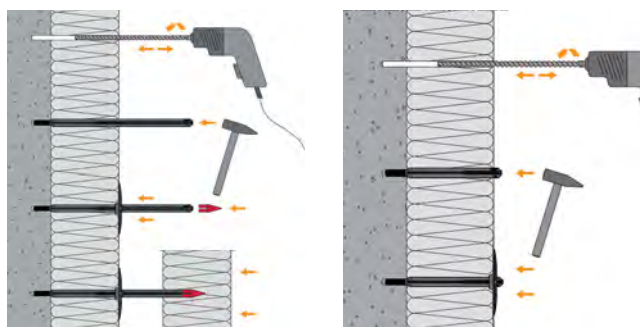
Con una mano se deberá sujetar el panel y con la otra realizar la perforación con un taladro mecánico (se recomienda no utilizar la opción de taladro percusor).

Colocación aislamiento en formato rollo:

Todas las soluciones de aislamiento en formato rollo de Knauf Insulation llevan un velo o tejido de color negro: Smart Facade 35 BR, Smart Facade Black 35 R.

La función de este velo es solamente estética, además de para independizar la lana mineral de la corriente de aire que circulará por la cámara ventilada y así evitar el efecto "windwashing". Si se produjese este efecto, la lana mineral perdería prestaciones térmicas al quedar "hinchada" por la corriente de aire.

El rollo nunca se deberá desenrollar dejándolo caer libremente, ya que el tirón que daría podría dañar el velo. Por lo tanto, si se dispone de andamio en cremallera o fijo se deberá desenrollar de manera suave y progresiva.



3



COLOCACIÓN DE LAS FIJACIONES

Las fijaciones utilizadas en cualquier caso deben empotrar en el sustrato un mínimo de 30mm, y tener un diámetro de perforación de 8mm. Así mismo, el diámetro recomendado para la arandela es de 90mm.

RECOMENDACIONES PARA EL INSTALADOR

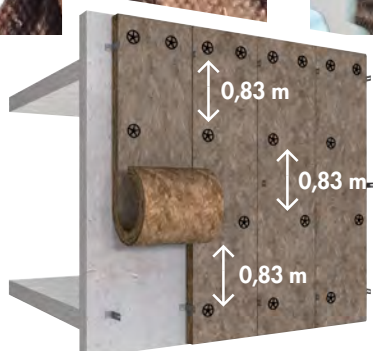
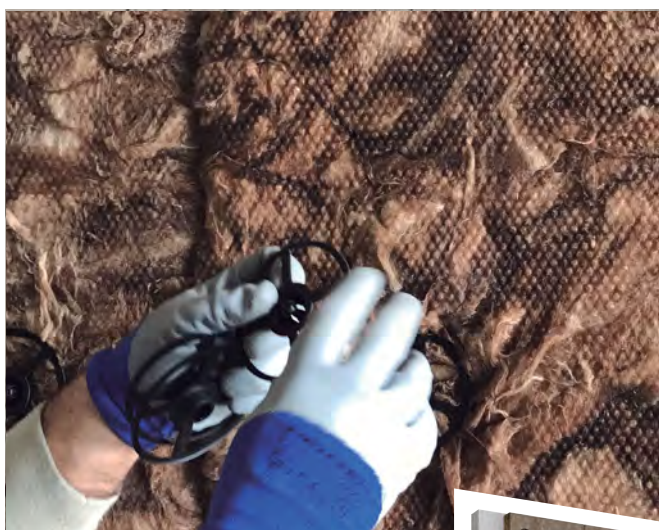
- Una vez colocado el vástago, se recomienda colocar la arandela con la mano, sin amartillar y sin hacer presión sobre el aislamiento de manera que la arandela quede enrasada con el aislamiento.
- El replanteo de fijaciones dependerá de si se instala el formato rollo o panel.

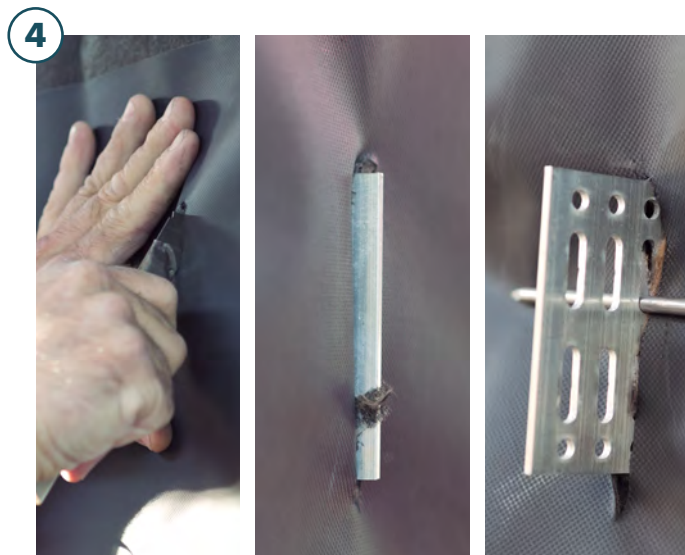
FORMATO ROLLO:

- Las longitudes del SmartFacade 35 BR y del SmartFacade Black 35BR son variables en función del espesor, yendo desde los 11.500mm hasta los 5.300mm. Por lo tanto, el patrón de las fijaciones deberá seguir el modelo del esquema de la parte inferior.

FORMATO PANEL:

- Se deberán colocar 5 fijaciones por panel (4 en las esquinas y una en el centro).
- Las fijaciones de las puntas del panel se colocarán a 10cm de las caras del mismo.
- Los paneles se colocarán sin que coincidan las juntas horizontales dejando una separación entre ellas de 100-150mm.

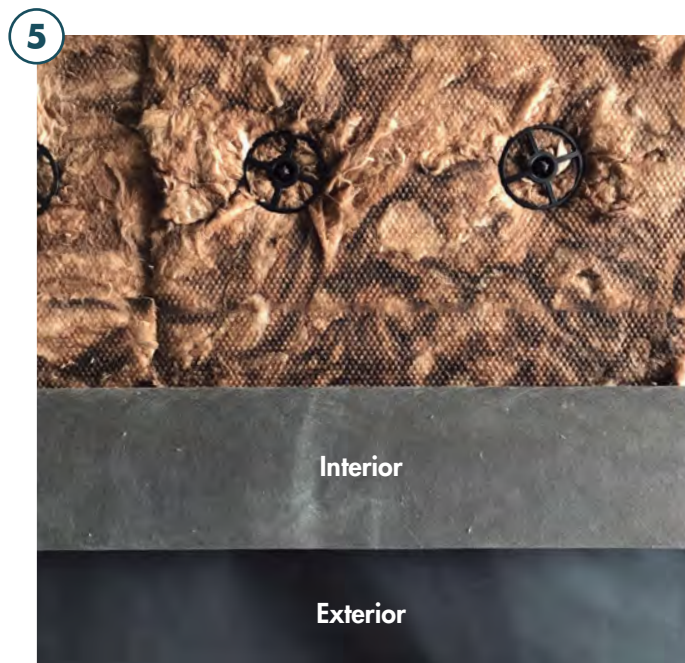




En el caso del sistema Rainproof, sobre el aislamiento TP138 se colocará la membrana Homeseal LDS 0,0 UV, impermeable al agua y permeable al vapor de agua.

A continuación, se describen los pasos a seguir para su correcta instalación.

Se coloca la membrana impermeable cortando a la altura de la ménsula y fijándola temporalmente con un elemento de traba. Posteriormente se sujetará mediante el montante.



RECOMENDACIONES PARA EL INSTALADOR:

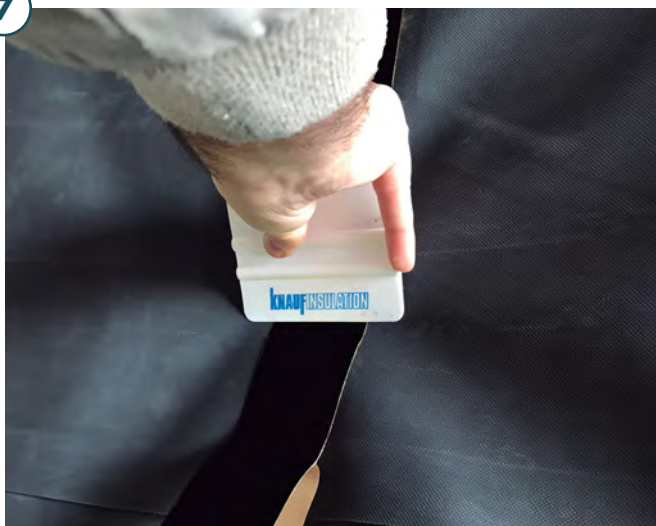
Destacar que la cara externa de la membrana tiene un color más oscuro debido a la composición del material, es la cara con protección a los rayos UV. La cara interior es de un color más claro; ésta debe ir en contacto con la lana.



Solapar un mínimo de 15cm las membranas verticalmente y un mínimo de 10cm horizontalmente.

El solape vertical entre membranas tendrá que ser a contra agua siempre, es decir, la membrana superior debe solapar sobre la inferior (ver imagen 6).

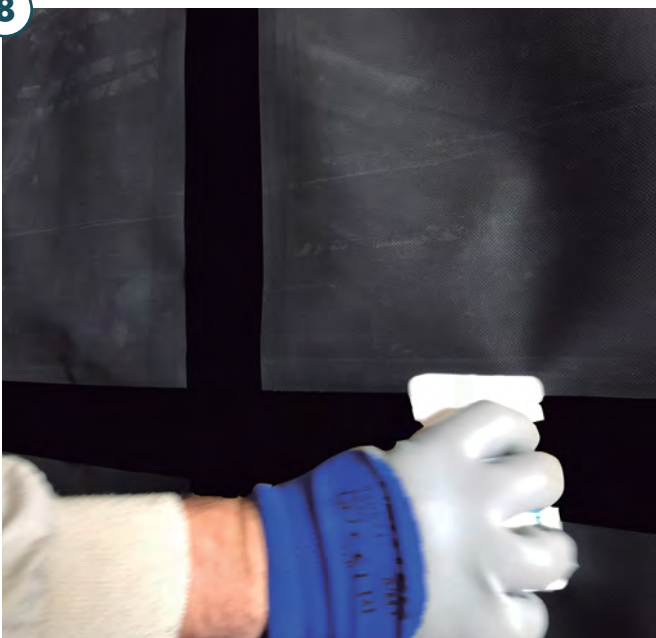
7



Encintar los solapes horizontales y opcionalmente los verticales.

Utilizar la cinta Homeseal LDS Black UV Tape.

8

**RECOMENDACIONES PARA EL INSTALADOR:**

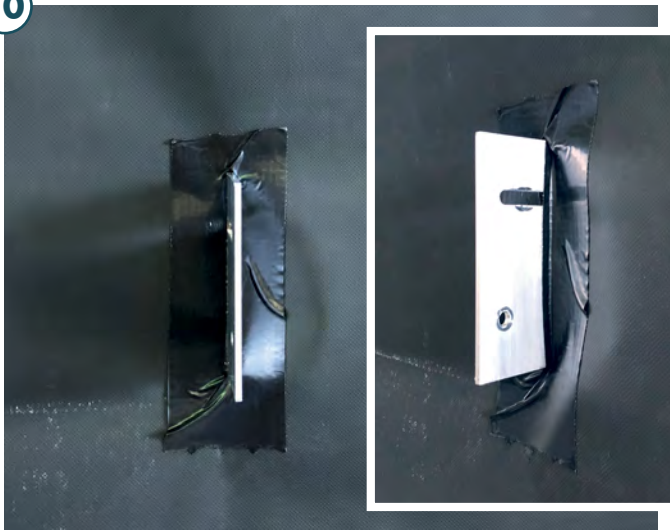
Para mejorar la estanqueidad de la fachada se deberá voltear la membrana en su coronación.

9



Para garantizar la estanqueidad de la fachada hay que encintar las ménsulas.

10



Comprobar que la ménsula está encintada por sus cuatro lados.

11



Colocación de los montantes y el acabado de la fachada. La naturaleza de la piel exterior dependerá del fabricante, pudiendo ser cerámica, de madera, metálica...

RECOMENDACIONES GENERALES PARA EL INSTALADOR

A continuación, se detallan una serie de recomendaciones para la correcta ejecución del aislamiento en una fachada ventilada

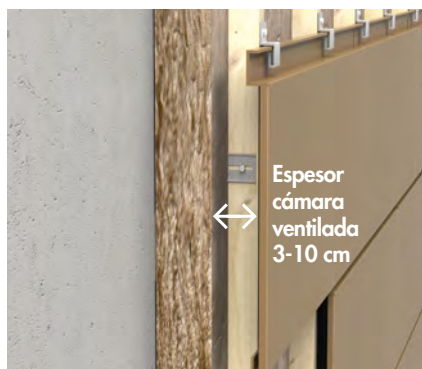
1. Evitar la separación, tanto vertical como horizontal, entre paneles para no provocar la aparición de puentes térmicos y acústicos.

Asegurarse que el aislamiento está en contacto continuo con el sustrato.



2. Tal y como se ha comentado anteriormente, evitar presionar la lana con la arandela de la fijación para que no se levanten las puntas (efecto pillowing).

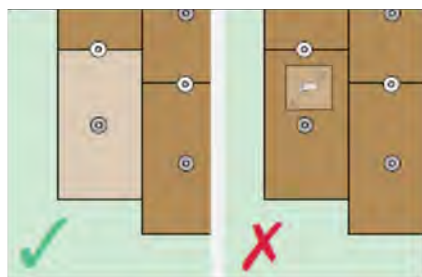
3. El espesor de la cámara ventilada debe estar comprendido entre 3 y 10cm (CTE DB HS).



En el supuesto que se tengan que reparar daños en la lana mineral, se recomienda la sustitución del panel entero siempre que sea posible en lugar de colocar parches.

En el caso del Sistema Rainproof, donde se coloca la membrana Homeseal LDS 0,02 UV cubriendo por completo el aislamiento Panel Plus, TP138, la superficie máxima de los huecos que dejan las llagas entre las piezas de acabado de la fachada deberán cumplir:

El acabado de fachada (piel) deberá cubrir como mínimo el 70% de la superficie total de fachada (descontando los huecos).



Es decir, la membrana Homeseal LDS 0,02 UV solo podrá quedar descubierta en un 30% de su superficie. Así mismo, el hueco máximo que quede al descubierto deberá ser de máximo 3cm en su lado más largo.

7. SOLUCIONES PARA LA ENVOLVENTE FACHADA CARA VISTA



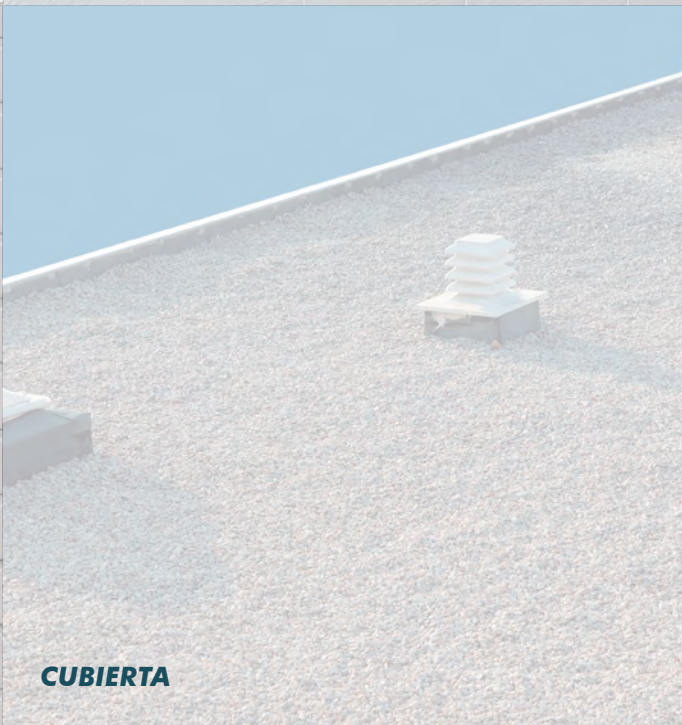
SATE



VENTILADA



LADRILLO



CUBIERTA



FACHADA CARA VISTA

Una fachada con sistema de ladrillo cara vista se compone de una hoja principal exterior de ladrillo macizo o perforado que ya presenta un acabado final definitivo. Por lo tanto, no es necesario aplicar un revestimiento exterior de acabado. Este sistema se suele presentar de dos maneras distintas en función del trasdosado que lleve:

- **Ladrillo cara vista con un único trasdosado interior directo o indirecto y un cerramiento interior mediante placa de yeso laminado o una hoja de ladrillo (8cm normalmente).**
- **Ladrillo cara vista con doble trasdosado. Un primer trasdosado directo y un segundo trasdosado indirecto y un cerramiento interior mediante placa de yeso laminado o una hoja de ladrillo (8cm normalmente).**

En función de la zona climática donde se ubique el edificio la fachada deberá tener una barrera de vapor para evitar que las condiciones del aire en el interior de la vivienda (presión de vapor, humedad, temperatura) entren en contacto con las condiciones del aire en el interior de la sección de fachada y, de esta manera, evitar posible condensaciones intersticiales.

Knauf Insulation dispone de una gama de soluciones que ya tienen incorporada dicha barrera de vapor en forma de papel Kraft / Polietileno, como son las siguientes: Panel Plus Kraft (TP238), Ultracoustic Plus Kraft, Panel Kraft (TP216). Aparte de las prestaciones térmicas y acústicas, como todo material de aislamiento colocado en fachada, debe tener una reacción de clasificación al fuego tan baja que en caso de incendio no contribuya a su propagación gracias a su incombustibilidad.

Esto se logra con aislamientos con Euroclase A1 que son todas las lanas minerales (sin barrera de vapor con papel Kraft). Adicionalmente, dos propiedades muy importantes y recomendadas que debería cumplir un aislamiento colocado en la sección de fachada, son: absorción de agua a corto (Ws) y largo plazo (Wlp).



Teniendo en cuenta esta apreciación, las soluciones de Knauf Insulation para trasdosado directo o indirecto de fachada que tienen declarada la absorción de agua son:

SOLUCIÓN	Conductividad térmica (W/mK)	Coeficiencia de absorción acústico (α_w)	Resistencia al flujo del aire (Afr)	Absorción de agua	Trasdosado directo		Trasdosado indirecto
					Con barrera de vapor	Sin barrera de vapor	
Panel plus (TP138)	0,032	50mm – 0,90 >60mm – 1,00	20	Wl, Wsp	-	✓✓✓	✓✓✓
Panel Plus Kraft (TP238)	0,032			Wl, Wsp	✓✓✓	-	-
Ultracoustic Plus	0,035	50mm – 0,90 >60mm – 1,00	15	Wl, Wsp	-	✓✓	✓✓
Ultracoustic Plus Kraft	0,035			Wl, Wsp	✓✓	-	-
Panel sin revestir (TP116)	0,037			Wl, Wsp	-	✓	✓
Panel Kraft (TP216)	0,037			Wl, Wsp	✓	-	-

✓✓✓ Excelentes prestaciones térmicas

✓✓ Buenas prestaciones térmicas

✓ Óptimas prestaciones térmicas



AISLANTE TÉRMICO

El comportamiento térmico de una fachada cara vista dependerá del aislamiento que lleve en el trasdosado ya sea directo o indirecto (perfilería autoportante).

Tras realizar simulaciones con el software BuilDesk de diferentes soluciones constructivas de fachada (ver el capítulo correspondiente) se comprueba que para poder cumplir con las exigencias que marca el CTE en su documento básico HE (Ahorro de Energía) todas las fachadas con sistema de ladrillo cara vista deben llevar un trasdosado, ya sea doble (directo+indirecto) o simple (indirecto/directo).

Adicionalmente, a través de estas simulaciones se puede observar qué espesor se debe elegir para cumplir con las exigencias del CTE en función de la zona climática donde se ubique el edificio.



AISLAMIENTO ACÚSTICO

El sistema de fachada con ladrillo cara vista, en términos acústicos, trabajan de acorde al sistema de masa-muelle-masa.

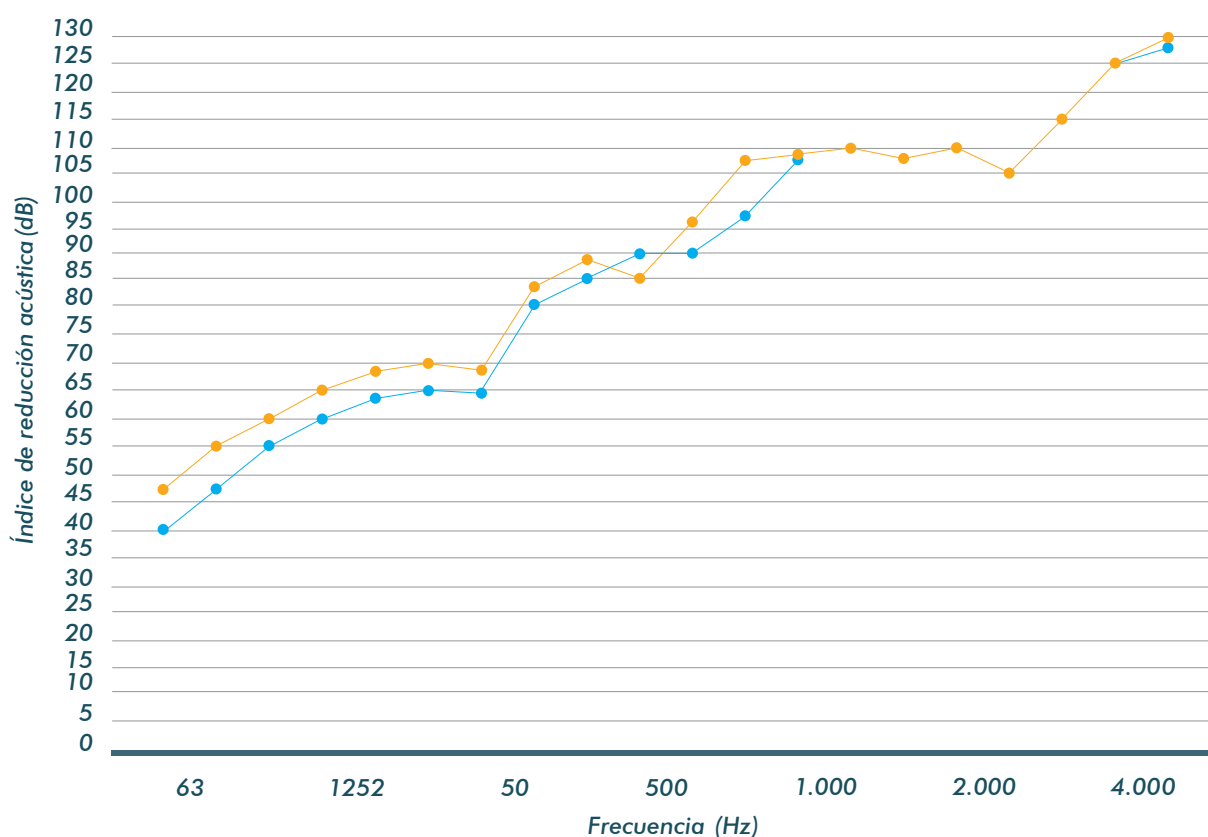
El aislamiento, al estar colocado entre dos masas, una el ladrillo cara vista y la otra el cerramiento interior de trasdosado, ya sea de placa de yeso laminado o ladrillo, tiene la función de muelle. Es decir, sus propiedades como absorbente acústico serán las que evitarán que la onda sonora reverbere en el interior de la cámara.

Las soluciones de aislamiento de Knauf Insulation nombradas anteriormente ayudan a maximizar las propiedades acústicas de la fachada al tener los más elevados valores de absorción acústica en función del espesor. Esto se debe a que son materiales con elevada porosidad, elasticidad y resistencia al flujo de aire (Afr), claves para que un aislamiento ayude a que una solución de fachada tenga unas excelentes propiedades de aislamiento acústico a ruido aéreo.

Como se puede comprobar en las simulaciones realizadas con INSUL, a medida que se aumenta el espesor del aislamiento se consigue que todo el sistema de fachada funcione mejor a bajas frecuencias y presente valores de aislamiento a ruido aéreo mejores (RATr). Esto se puede observar en la siguiente gráfica donde se compara el sistema de trasdosado directo con la solución Panel Plus TP 138 en 50mm y 120mm con trasdosado en placa de yeso laminado y Ultracoustic Plus en 50mm.

CARA VISTA
SISTEMA DE TRASDOSADO DIRECTO
CON MORTERO + TRASDOSADO PYL

—●— Panel Plus TP 138 / 50mm
 —●— Panel Plus TP 138 / 120mm



IMPORTANTE. Antes de evaluar el comportamiento acústico de una fachada (parte ciega) es muy importante contabilizar el porcentaje de huecos que presente dicha fachada. En función de este porcentaje, a la parte ciega de la fachada se le exigirá un valor u otro de aislamiento a ruido aéreo (dBA).

SISTEMA DE TRASDOSADO DIRECTO CON MORTERO

Un sistema de trasdosado directo con mortero es un sistema integral de cerramiento de fachada que permite solucionar en una única unidad de obra la impermeabilización de fachada y confiere al cerramiento de la misma las prestaciones térmicas y acústicas para cumplir con lo exigido en el Código Técnico de la Edificación (CTE) en sus documentos básicos HE (Ahorro de Energía), HR (Protección frente al Ruido) y HS (Salubridad).

Knauf Insulation dispone de un sistema con el siguiente DIT: 535R/15.

El sistema se compone de los siguientes componentes:

- *Mortero adhesivo hidrófugo proyectable e incombustible, apto para la colocación de paneles aislantes tanto de lana mineral de vidrio como de roca, directamente sobre el cerramiento cerámico y bloques de hormigón. Cumple con lo establecido en el CTE DB HS1 para revestimientos intermedios donde se exige textualmente: "Resistencia muy alta a la filtración de la barrera contra la penetración del agua B3 proporcionada por un revestimiento continuo intermedio de la cara interior de la hoja principal".*

Así mismo, el CTE establece que los morteros a emplear deben ser CS III W2 o CS IV W2, donde la primera parte (CS III o CS IV) indica el tipo y clase resistente del mortero y la segunda parte (W2) la hidrofugación del mismo. El mortero Gecol lana mineral tiene un valor declarado de CS IV W2.

- *Lana mineral de vidrio Knauf Insulation con tecnología de ligante ETechnology de origen vegetal sin fenoles ni formaldehídos añadidos.*

** Se debe utilizar una cinta autoadhesiva en papel aluminio para asegurar la continuidad de la barrera de vapor.*

Las ventajas principales del sistema son:

- *Impermeabilización de la fachada frente al agua exterior, pero manteniendo la permeabilidad al vapor de la misma permitiendo así una transpiración del edificio y evitando las posibles condensaciones intersticiales o superficiales. Cumple con lo exigido en el CTE, documento básico HS (Salubridad).*
- *Se garantiza un aislamiento constante por toda la superficie de fachada (conjuntamente con aislamiento en los frentes de forjado). Esto tiene una acción directa sobre la mejora del confort térmico (eliminando el efecto de pared fría/caliente) en el interior de la vivienda y una reducción en el consumo de energía primaria total (calefacción y refrigeración). De esta manera, se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero (principalmente CO₂) ayudando a conseguir los objetivos marcados por Europa y hacer que el parque de viviendas sea más sostenible.*
- *Ayuda de manera activa a la reducción de puentes térmicos.*
- *Los materiales que componen el sistema tienen una clasificación de reacción al fuego: Euroclase A1. Incombustibles.*

PUESTA EN OBRA

Antes de aplicar el mortero hay que tener en cuenta una serie de pasos previos muy importantes para la correcta ejecución del sistema:

Se debe comprobar que el soporte está limpio, estable, resistente y con cierto grado de absorción. Si el soporte presenta una elevada o muy baja absorción, se deberá aplicar una imprimación previa.

Se rellenarán las oquedades presentes en el soporte.

Una vez preparado el soporte, se amasará el mortero con agua limpia en la proporción indicada por el fabricante del mortero.

La mezcla se debe amasar con un batidor mecánico.

INSTALACIÓN

1



PROYECCIÓN DEL MORTERO

Para su aplicación, se recomienda utilizar una boquilla de amplio abanico para facilitar un mayor grado de proyección.

La proyección de mortero se deberá realizar con una máquina homologada para tal aplicación.

El mortero se deberá proyectar lo más uniformemente posible cubriendo toda la superficie del soporte para garantizar la estanqueidad y una correcta adhesión entre el mortero y la lana mineral.

NOTA. En tiempo caluroso o con presencia de viento deberá humedecerse previamente con agua el trasdós de la fábrica para evitar el secado prematuro de la masa de mortero.

2



REGULARIZACIÓN DE LA SUPERFICIE

Una vez realizado el proyectado de mortero, se deben corregir posibles imperfecciones y extender uniformemente mediante una llana, de manera que se aplique un espesor de unos 5mm para asegurar la impermeabilización de fachada.

El mortero fresco no debe permanecer más de 20 minutos en condiciones normales a la intemperie antes de proceder a fijar los paneles aislantes.

En los encuentros con forjados y techos y divisorias interiores se deberá extender la aplicación del mortero unos 10cm hacia dentro del elemento.

3



COLOCACIÓN DEL AISLAMIENTO Y ENCINTADO DE JUNTAS

Con el mortero aún fresco se procederá a la colocación de los paneles aislantes de lana mineral, desde abajo hacia arriba, presionándolos sobre aquel.

Es recomendable el empleo de rodillos o herramientas similares para presionar regularmente el aislante sobre el mortero, aunque también puede realizarse manualmente.

Si fuese necesario cortar los paneles de aislamiento, se deberá hacer, siempre y cuando sea posible, en un eje perpendicular a las caras longitudinales del mismo mediante un cuchillo o cúter asegurándose que no se desgarra el panel.

Debe garantizarse la continuidad del aislamiento, para lo cual se cuidará la perfecta unión entre paneles, evitando dejar juntas de más de 5mm abiertas entre los mismos. En caso de que, por las dimensiones del paramento, existan juntas superiores a 5mm, éstas se rellenarán con bandas o segmentos de la misma lana.



En el caso de los paneles revestidos con barrera de vapor (papel Kraft/PE), estos se deberán instalar con la barrera de vapor hacia el interior de la vivienda (cara caliente).

Con objeto de garantizar una continuidad de la barrera de vapor, se deberá encintar las uniones entre paneles con una cinta autoadhesiva de papel de aluminio.

Finalmente, se procederá a levantar el trasdosado interior del muro, de fábrica de ladrillo o placas de yeso laminado.

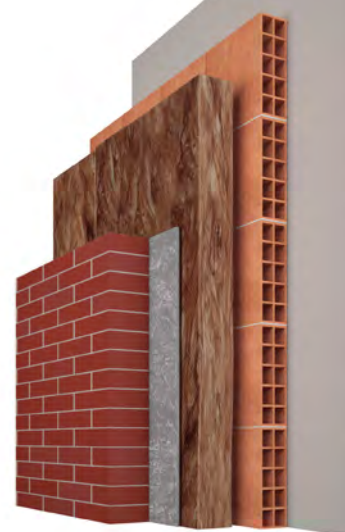


DOBLE HOJA DE LADRILLO CON TRASDOSADO DIRECTO CON MORTERO

OBRA NUEVA

DESCRIPCIÓN SISTEMA: Sistema tradicional obra nueva de ladrillo cara vista.

- Ladrillo cara vista de 115mm
- Mortero adhesivo
- Aislamiento de lana de vidrio Knauf Insulation
- Ladrillo perforado de 80mm
- Enlucido de yeso interior 15mm



FACHADA CARA VISTA

Tipo de obra		Producto	Ra (dBA)	Rtr (dBAtr)	Espesor (mm)	U (W/m ² K)	R (W/m ² K)	Zona climática					
Reh	On							α	A	B	C	D	E
	😊	Panel Plus TP138/238	86	79	50	0,51	1,98	😊					
			88	81	60	0,45	2,24	😊	😊				
			92	85	85	0,34	2,92	😊	😊	😊			
			93	87	100	0,31	3,31	😊	😊	😊			
			94	89	120	0,26	3,84	😊	😊	😊	😊	😊	
			95	90	140	0,22	4,37	😊	😊	😊	😊	😊	😊
			94	90	160	0,20	4,90	😊	😊	😊	😊	😊	😊
	😊	Ultracoustic Plus	86	79	50	0,53	1,87	😊					
			88	81	60	0,47	2,11	😊	😊				
			89	82	70	0,42	2,92	😊	😊				
			92	86	100	0,33	3,09	😊	😊	😊			
			94	88	120	0,28	3,57	😊	😊	😊	😊		
			94	89	140	0,25	4,05	😊	😊	😊	😊	😊	
			94	89	160	0,22	4,54	😊	😊	😊	😊	😊	😊

TRASDOSADO DIRECTO CON MORTERO Y TRASDOSADO INDIRECTO CON PYL
OBRA NUEVA

- Ladrillo cara vista de 115mm
- Mortero adhesivo
- Aislamiento de lana de vidrio Knauf Insulation
- Aislamiento de lana de vidrio ULTRACOUSTIC PLUS de 50mm**
- 2 placas de yeso estándar de 12,5mm y de 15mm



Tipo de obra		Producto	Ra (dBA)	Rtr (dBAtr)	Espesor (mm)	U (W/m²K)	R (W/m²K)	Zona climática					
Reh	On							α	A	B	C	D	E
	😊	Panel Plus TP138/238	78	71	50	0,33	3,01	😊	😊	😊			
			79	72	60	0,31	3,28	😊	😊	😊			
			81	74	85	0,26	3,94	😊	😊	😊	😊		
			82	75	100	0,24	4,34	😊	😊	😊	😊	😊	
			83	76	120	0,20	4,87	😊	😊	😊	😊	😊	😊
			84	76	140	0,19	5,41	😊	😊	😊	😊	😊	😊
			84	77	160	0,16	5,93	😊	😊	😊	😊	😊	😊
	😊	Ultracoustic Plus	78	71	50	0,34	2,90	😊	😊	😊			
			79	72	60	0,32	3,15	😊	😊	😊			
			80	73	70	0,29	3,38	😊	😊	😊	😊		
			82	75	100	0,25	4,11	😊	😊	😊	😊	😊	
			82	75	120	0,21	4,60	😊	😊	😊	😊	😊	😊

INSTALACIÓN DEL SISTEMA ACOUSTIZAP PARA TRASDOSADO DE FACHADA

El sistema **Acoustizap** es apto tanto para la rehabilitación de viviendas como para obra nueva mediante el trasdosado interior. Está compuesto por unos clips con un cabezal extraíble que es el que sujetará el aislamiento (junto con el vástago) y fijará los perfiles verticales.



Las principales ventajas son:

- *Instalación rápida (mejora tiempos de montaje respecto trasdosado tradicional), sencilla y seca (sin tiempos de secado, mortero).*
- *Reducción de puentes térmicos.*
- *Adaptabilidad a cualquier material del muro soporte: mampostería, cara vista, ladrillo cerámico, etc.*
- *Amplio rango de espesores de aislamiento.*
 - Acoustizap Reno 30-50
 - Acoustizap Reno 60-120
- *El sistema se adapta se adapta a cualquier estructura metálica estándar de ancho 48mm*

El proceso de instalación variará en función de si el clip Acoustizap se instala directamente sobre el muro soporte (*imagen 1*) o se instala dentro de perfilera horizontal anclado sobre el muro soporte (*imagen 2*).

Se recomienda instalar directamente sobre el muro soporte en aquellos casos en que éste presente una superficie muy irregular: mampostería, etc.



Imagen 1. Instalación sobre muro soporte



Imagen 2. Instalación sobre perfiles metálicos en horizontal

INSTALACIÓN

A continuación, se detallan los pasos a seguir para la instalación del sistema Acoustizap.

- 1 **En función del tipo de muro soporte, se instalarán los clips Acoustizaps directamente sobre el mismo o sobre los perfiles horizontales. En ambos casos la distribución será de 1 clip Acoustizap por cada m² de muro. La cantidad de perfiles horizontales será tal que se mantenga la distribución de clips Acoustizap.**

- 3 **Una vez se han instalado los clips, se procederá a colocar el aislamiento en lana mineral tanto desnuda como con barrera de vapor en papel Kraft.**

Para garantizar un confort térmico excelente, Knauf Insulation recomienda instalar en fachada, aislamientos con excelentes prestaciones térmicas, es decir, con valores de conductividad térmica bajos. Panel Plus TP138, Panel Plus Kraft TP238, Ultracoustic Plus, Ultracoustic Plus Kraft.

- 5 **Una vez se han instalado todos los perfiles verticales, se puede proceder a fijar la placa de yeso laminado.**

- 2 **A continuación, se instalan los canales en forma de U tanto en suelo como en forjado. En ambos casos se deberá colocar una banda acústica.**

- 4 A continuación, se colocan los perfiles verticales.

- a. Primero, se colocará el perfil vertical apoyado sobre el cabezal del clip.
- b. Después, se ajustará el clip Acoustizap en función del espesor del aislamiento (imagen 3).
- c. El perfil tiene que quedar enrasado con el aislamiento y conservando la planimetría vertical. Para sujetarlo firmemente al clip, se hará girar el cabezal hasta oír un "clic" (imagen 4).

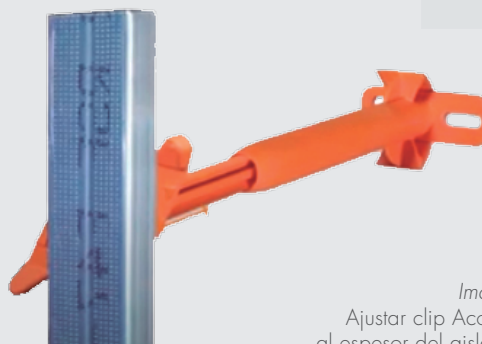


Imagen 3.
Ajustar clip Acoustizap
al espesor del aislamiento



Imagen 4.
Sujeción del perfil con el
cabezal del clip Acoustizap

8. SOLUCIONES PARA LA ENVOLVENTE: **CUBIERTA**



LANA MINERAL PARA CUBIERTAS

La cubierta es la parte de la envolvente por donde se pierde la mayor parte de la energía, un **30%**. Esto se debe a que es también la parte más expuesta a la radiación directa del sol (W/m^2) y rara vez tiene medidas de protección pasivas como toldos.

En el caso de cubiertas planas visitables, pero no transitables, otro factor importante a tener en cuenta son las cargas de las instalaciones que se coloquen encima: equipos de climatización, instalaciones solares, etc. Esto hará que las cubiertas sean un elemento de la envolvente sobre el que se tendrá que prestar especial atención durante la vida útil del edificio para garantizar que sus propiedades se mantienen inalteradas.

Por todos estos factores, la elección del aislamiento térmico y acústico es muy importante ya que deberían cumplir con las siguientes exigencias:

- **Aislamiento térmico**
- **Aislamiento acústico**
- **Tener propiedades mecánicas permanentes (en el caso de cubiertas planas transitables o visitables, pero no transitables)**
- **Clasificación de reacción al fuego Euroclase A1 con el fin de que el aislamiento no contribuya a su propagación al ser un material incombustible**

Knauf Insulation dispone de un amplio abanico de soluciones de aislamiento, en función del sistema de cubierta del que disponga el edificio.

En este catálogo se han diferenciado los dos sistemas que posiblemente son los más comunes: cubierta inclinada y cubierta plana visitable pero no transitable.

CUBIERTA INCLINADA

Dentro de este sistema de cubierta hay muchas tipologías diferentes, en función, por ejemplo, de si el espacio bajo el faldón es habitable o no, o si el aislamiento se coloca sobre el propio faldón o encima del último forjado bajo cubierta.

En este catálogo se ha elegido un sistema constructivo característico de la rehabilitación, formado por los siguientes componentes:

- **Faldón (soporte inclinado), que puede ser de panel OSB (madera) o de paneles cerámicos de gran formato, sobre el que se instala el paquete de cubierta formado por impermeabilización, rastreles y tejas**
- **Tabiques de bloque cerámico (tabiques conejeros) separados entre sí entre 400mm y 1.000mm sobre los que descansa el faldón**
- **Forjado sobre el que descansan los componentes anteriores. El forjado elegido es de hormigón y bovedillas cerámicas**



Al ser la cubierta una zona que conecta el interior de la vivienda, zona caliente, con el exterior, el gradiente de temperatura es importante y en función de la zona climática también lo será el riesgo de condensaciones.

Por este motivo es muy recomendable que el aislamiento elegido cumpla con los siguientes requisitos técnicos:

- **Tener declaradas la absorción de agua a corto (Ws) y largo plazo (Wlp).**
- **Excelentes prestaciones térmicas (bajo valor de conductividad térmica)**
- **Disponga de barrera de vapor para las zonas climáticas que lo requieran**

Teniendo en cuenta lo expuesto, **Knauf Insulation** dispone de la siguiente gama de productos que cumple con todos los requisitos técnicos que se le deben exigir a un aislamiento de cubierta.

Estas soluciones son ideales tanto para rehabilitación como para obra nueva. En muchos edificios existentes el espacio inhabitable que queda bajo cubierta no dispone de aislamiento. La colocación de cualquiera de estas soluciones es idónea para reducir el consumo energético y aumentar el confort de la vivienda.

Aplicación	Solución	Absorción de agua	Conductividad térmica (W/mK)	Resistencia a la compresión, CS(10)	Resistencia a la carga puntual, PL(5)	Barrera de vapor
Sobre forjado buhardilla / Falso techo	Panel Plus (TP 138)	Ws, Wlp	0,032	-	-	-
Sobre forjado buhardilla / Falso techo	Panel Plus Kraft (TP 238)	Ws	0,032	-	-	Papel Kraft / Polietileno
Sobre forjado buhardilla / Falso techo	Ultracoustic Plus	Ws, Wlp	0,035	-	-	-
Sobre forjado buhardilla / Falso techo	Ultracoustic Plus Kraft	Ws	0,035	-	-	Papel Kraft / Polietileno
Sobre forjado buhardilla	Manta Kraft, TI 212	-	0,040	-	-	Papel Kraft / Polietileno
Sobre forjado buhardilla	Manta Aluminio, TI 312	-	0,040	-	-	Aluminio
Cubierta plana/ Faldón cubierta inclinada	Smart Roof Thermal	Ws, Wlp	0,036	50 KPa	500 N	-
Cubierta plana/ Faldón cubierta inclinada	Smart Roof Top	Ws, Wlp	0,038	70 KPa	650N	-

CUBIERTA PLANA VISITABLE PERO NO TRANSITABLE

Existen dos grandes familias de cubiertas planas no transitables en función del sistema constructivo que se elija para su construcción. Por un lado, las cubiertas metálicas tipo deck o in situ y, por otro lado, las que se componen por un forjado de hormigón, aislamiento y un acabado que suele ser grava.

Las cubiertas deck son transitables de manera puntual para trabajos de mantenimiento de las instalaciones y se utilizan en su gran mayoría en edificios no residenciales como naves industriales, plantas de producción, etc.

En este tipo de construcciones, el CTE no es la normativa que se tiene que aplicar. Por este motivo, no se ha entrado en detalle en el análisis térmico y acústico como sí se ha hecho con el resto de soluciones constructivas para fachada y cubierta.

De todas formas, a continuación, se detalla la configuración más utilizada en este tipo de cubiertas:

- ***Una o dos láminas impermeables de material sintético o betún***
- ***Panel de lana de roca***
- ***Fijaciones mecánicas del panel al elemento soporte de la cubierta***
- ***Barrera de vapor (en los casos en los que sea necesaria)***
- ***Chapa de acero grecada que hace de cerramiento inferior de la cubierta***

El requisito principal que debe cumplir el aislamiento elegido para este tipo de cubiertas, junto con las mencionadas prestaciones térmicas y acústicas, es presentar una excelente resistencia mecánica.

Al igual que las cubiertas deck, las cubiertas planas formadas por un forjado de hormigón (losa, bovedilla cerámica, etc.) son transitables de manera puntual para trabajos de mantenimiento de las instalaciones.

Este tipo de cubiertas se pueden encontrar en edificación del tipo sanitario (hospitales, centros de salud, residencias) donde la cubierta no tiene un uso público y el número de instalaciones de clima, entre otras, que son numerosas o de cierto volumen, se colocan ahí.

Por lo tanto, el CTE sí es de obligado cumplimiento.

La configuración más común para este tipo de cubiertas es:

- ***Una capa de grava***
- ***Una lámina impermeable de material sintético o betún (a veces autoprottegida con una fina capa de áridos enganchados a la propia membrana)***
- ***Panel de lana de roca***
- ***Fijaciones mecánicas del panel al elemento soporte de la cubierta***

Se puede optar por no fijar mecánicamente los paneles en función del encuentro perimetral del paquete de cubierta con el peto de la misma y el peso de la grava que se coloque como acabado. Se requiere de un estudio detallado.

- ***Barrera de vapor (en los casos en los que sea necesaria)***
- ***Forjado de hormigón: losa armada, forjado con bovedilla cerámica, etc.***

El requisito principal que debe cumplir el aislamiento elegido para este tipo de cubiertas, junto con las mencionadas prestaciones térmicas y acústicas, es presentar una excelente resistencia mecánica.



AISLANTE TÉRMICO

Como se ha explicado anteriormente, el aislamiento térmico en las cubiertas es un aspecto de vital importancia tanto para reducir el consumo energético del edificio como para que las personas que en él trabajan tengan las condiciones de confort adecuadas para desempeñar su actividad.



IMPORTANTE. La cubierta es un elemento fundamental para que se pueda cumplir la conocida “regla del lápiz”. Especialmente en los encuentros entre fachada y cubierta ya que son los puntos más críticos en cuanto a continuidad del aislamiento.

Por este motivo, la cubierta juega un papel muy importante en dotar a la envolvente térmica del edificio de continuidad en el aislamiento en las uniones fachada-cubierta.



AISLAMIENTO ACÚSTICO

Los sistemas de cubierta en términos acústicos tienen el mismo comportamiento que las fachadas. Son elementos de la envolvente térmica que aíslan del ruido aéreo exterior.

Por lo tanto, las cubiertas funcionarán como aislamiento acústico según el principio de masa-muelle-masa.

Las masas del sistema de cubierta dependerán de la tipología de cubierta que tengamos. En este catálogo se han clasificado según cubierta inclinada de tejas y cubierta plana no transitable.

Cubierta inclinada de tejas: en este caso, las dos masas serán, por la cara superior de cubierta, el paquete formado por la impermeabilización y las tejas, y por su parte inferior, por el forjado, el panel inclinado que hará de soporte de las tejas, que puede ser un panel de madera (OSB) o piezas cerámicas de gran formato sobre rastreles.

Generalmente, en este tipo de cubiertas se dejará una cámara ventilada entre el panel de cubierta inclinada y el forjado techo de la última planta formando una buhardilla no habitable de tabiques conejeros.

El aislamiento colocado entre las dos masas tiene la función de muelle. Es decir, sus propiedades como absorbente acústico serán las que evitarán que la onda sonora reverbere en el interior de la cámara.

Cubierta plana no transitable con grava: esta solución de cubierta es quizá la más extendida junto con la plana transitable.

Debido a la masa que tiene el acabado final de cubierta (grava por lo general) se puede considerar la cubierta como un sistema masa-muelle-masa.

En este caso, el aislamiento se colocará entre el paquete de cubierta instalado por encima del mismo (impermeabilización, gravas, etc.) y el forjado techo de la última planta que hará de soporte de la cubierta.

De igual manera, el aislamiento tendrá la función de absorbente acústico.

Generalmente, este tipo de cubiertas se complementan con un falso techo que a su vez debe ir aislado para poder ampliar el cumplimiento de los capítulos HE0 y HE1 del documento básico HE Ahorro de Energía del sistema a todas las zonas climáticas que marca el CTE.

En este caso, el aislamiento acústico de la cubierta, teniendo en cuenta el falso techo, será mucho mejor ya que dispone de un sistema masa-muelle-masa adicional que es el que forma la placa de yeso laminado del falso techo-el propio aislamiento de falso techo-el forjado techo de la última planta.



AISLAMIENTO ACÚSTICO

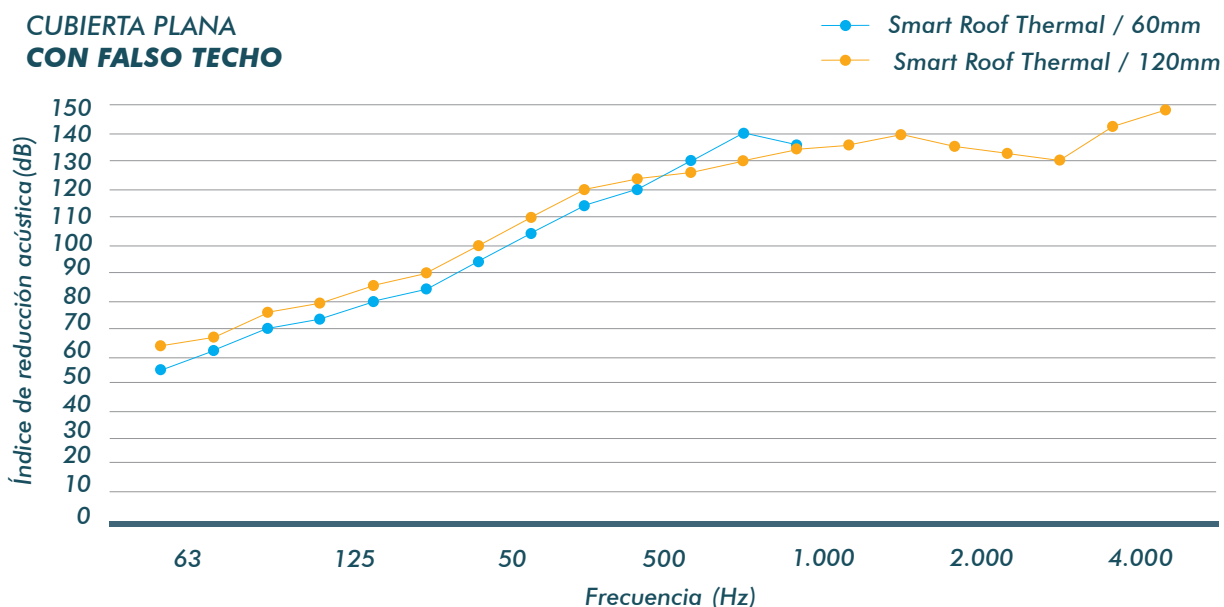
Las soluciones de aislamiento de Knauf Insulation ayudan a maximizar las propiedades acústicas de la cubierta al ser materiales con elevada porosidad, elasticidad y resistencia al flujo de aire (A_{fr}), que son claves para que un aislamiento ayude a que una solución de fachada tenga unas excelentes propiedades de aislamiento acústico a ruido aéreo.

Estas soluciones, como se ha mencionado anteriormente, son en lana mineral de roca y tienen una denominación comercial: Smart Roof Thermal y Smart Roof Top.

Como se puede comprobar en las simulaciones realizadas con INSUL, a medida que se aumenta el espesor del aislamiento, se consigue que todo el sistema de fachada funcione mejor a bajas frecuencias y presente valores de aislamiento a ruido aéreo mejores (R_{ATr}). Esto se puede observar en la siguiente gráfica donde se compara una cubierta plana no transitable con la solución Smart Roof Thermal en 60mm y 120mm con falso techo y Ultracoustic en 100mm.



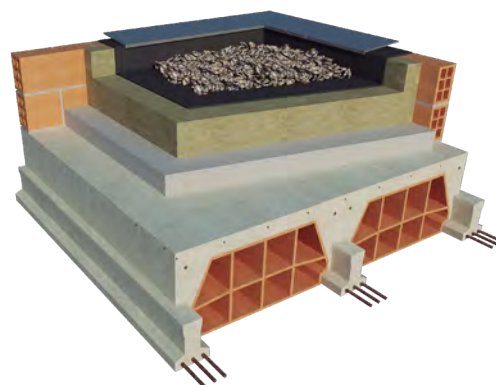
IMPORTANTE. Antes de evaluar el comportamiento acústico de una cubierta (parte ciega), es muy importante contabilizar el porcentaje de huecos que presente dicha cubierta. En función de este porcentaje, a la la parte ciega de la cubierta se le exigirá un valor u otro de aislamiento acústico a ruido aéreo (dBA).



CUBIERTA PLANA NO TRANSITABLE

OBRA NUEVA

- **Protección/ capa de grava**
- **Impermeabilización / tela asfáltica**
- **Aislamiento de lana de mineral de roca**
- **Membrana barrera al vapor (en función riesgo de condensaciones)**
- **Forjado reticular con bovedilla de canto 220mm**
- **Enlucido de yeso interior de 15mm**



Tipo de obra		Producto	Ra (dBA)	Rtr (dBAtr)	Espesor (mm)	U (W/m²K)	R (W/m²K)	Zona climática					
Reh	On							α	A	B	C	D	E
	😊	Smart Roof Thermal	86	78	80	0,42	2,34	😊	😊				
			89	81	100	0,35	2,81	😊	😊				
			92	84	120	0,31	3,28	😊	😊	😊			
			99	91	100+80	0,21	4,70	😊	😊	😊	😊	😊	
			101	93	100+100	0,19	5,17	😊	😊	😊	😊	😊	😊
	😊	Smart Roof Top	87	78	80	0,45	2,24	😊	😊				
			90	82	100	0,38	2,69	😊	😊				
			93	85	120	0,32	3,14	😊	😊	😊			
			100	92	100+80	0,22	4,48	😊	😊	😊	😊	😊	
			105	96	120+100	0,19	5,37	😊	😊	😊	😊	😊	😊

CUBIERTA INCLINADA DE MADERA

REHABILITACIÓN

- **Tejado**
- **Membrana impermeable y transpirable**
- **Homeseal LDS**
- **Tablero (madera o cerámico)**
- **Cámara de aire**
- **Aislamiento de lana de mineral con barrera de vapor (en función riesgo de condensaciones)**
- **Forjado**

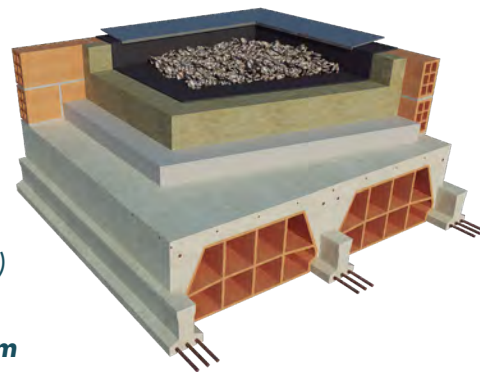


Tipo de obra		Producto	Ra (dBA)	Rtr (dBAtr)	Espesor (mm)	U (W/m²K)	R (W/m²K)	Zona climática					
Reh	On							α	A	B	C	D	E
😊		Panel Plus TP138	64	59	120	0,26	3,82	😊	😊	😊			
			64	60	140	0,24	4,34	😊	😊	😊			
			64	60	160	0,20	4,88	😊	😊	😊	😊	😊	
			64	60	200	0,16	5,93	😊	😊	😊	😊	😊	😊
😊		Ultracoustic Plus	63	57	60	0,48	2,08	😊					
			63	58	70	0,44	2,32	😊	😊				
			64	59	100	0,33	3,05	😊	😊	😊			
😊		TI 212	60	55	100	0,36	2,75	😊	😊				
			60	55	120	0,32	3,17	😊	😊	😊			
			60	56	160	0,25	4,02	😊	😊	😊			
			60	56	200	0,20	4,87	😊	😊	😊	😊	😊	
			60	56	220	0,19	5,23	😊	😊	😊	😊	😊	😊
			60	56	260	0,16	6,08	😊	😊	😊	😊	😊	😊

CUBIERTA PLANA NO TRANSITABLE CON FALSO TECHO

OBRA NUEVA

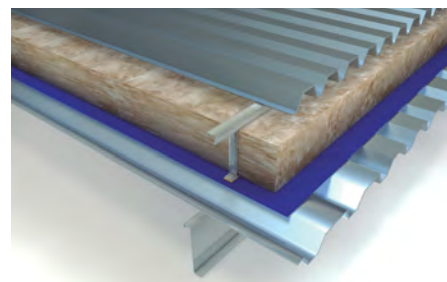
- **Protección / capa de grava**
- **Impermeabilización / tela asfáltica**
- **Aislamiento de lana de mineral de roca**
- **Membrana barrera al vapor (en función riesgo de condensaciones)**
- **Forjado reticular con bovedilla de canto 220mm**
- **Falso techo con aislamiento ULTRACOUSTIC PLUS de 100mm**



Tipo de obra		Producto	Ra (dBA)	Rtr (dBAtr)	Espesor (mm)	U (W/m²K)	R (W/m²K)	Zona climática					
Reh	On							α	A	B	C	D	E
	☺	Smart Roof Thermal	93	85	50	0,25	4,12	☺	☺	☺			
			95	87	60	0,24	4,35	☺	☺	☺			
			97	89	80	0,21	4,83	☺	☺	☺	☺	☺	
			99	91	100	0,19	5,30	☺	☺	☺	☺	☺	☺
			101	93	120	0,18	5,77	☺	☺	☺	☺	☺	☺
	☺	Smart Roof Top	93	85	50	0,25	4,05	☺	☺	☺			
			95	87	60	0,24	4,28	☺	☺	☺			
			97	89	80	0,21	4,73	☺	☺	☺	☺	☺	
			99	91	100	0,19	5,18	☺	☺	☺	☺	☺	☺
			99	93	120	0,18	5,63	☺	☺	☺	☺	☺	☺

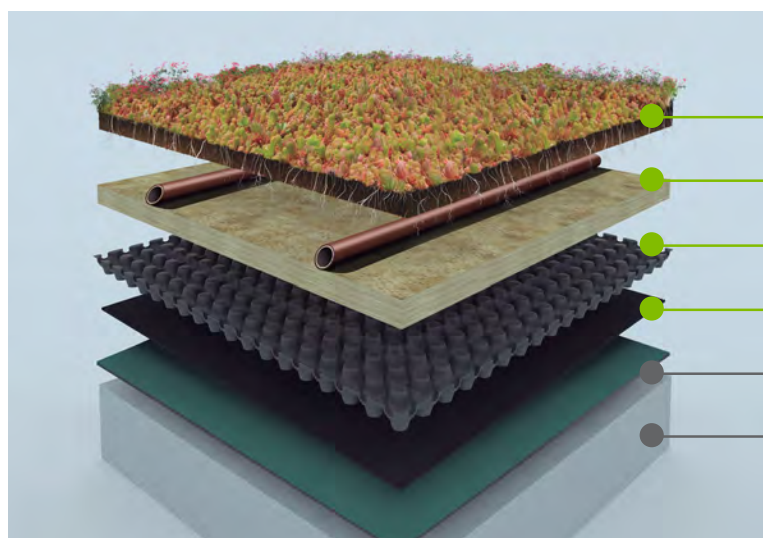
CUBIERTA METÁLICA DECK

- **Impermeabilización / tela asfáltica**
- **Aislamiento de lana de mineral de roca**
- **Membrana barrera al vapor**
- **Chapa grecada**



Tipo de obra		Producto	Ra (dBA)	Rtr (dBAtr)	Espesor (mm)	U (W/m²K)	R (W/m²K)	Zona climática					
Reh	On							α	A	B	C	D	E
	☺	Smart Roof Thermal	30	24	80	0,49	2,03	☺					
			30	24	100	0,40	2,51	☺	☺				
			31	25	120	0,34	2,98	☺	☺				
			33	27	100+40	0,29	3,45	☺	☺	☺			
			35	28	100+80	0,22	4,39	☺	☺	☺	☺	☺	
			35	28	120+100	0,19	5,34	☺	☺	☺	☺	☺	☺
	☺	Smart Roof Top	31	25	100	0,42	2,38	☺	☺				
			31	25	120	0,35	2,83	☺	☺				
			33	27	100+40	0,31	3,28	☺	☺	☺			
			35	28	100+100	0,21	4,62	☺	☺	☺	☺	☺	
			36	28	120+120	0,18	5,52	☺	☺	☺	☺	☺	☺

SISTEMA DE CUBIERTA VERDE URBANSCAPE



Tepe Urbanscape Sedum-mix

Sustrato Urbanscape Green Roll

Sistema de drenaje Urbanscape

Membrana antirraíces Urbanscape

Membrana impermeable / tela asfáltica

Estructura base de la cubierta

Los principales beneficios medioambientales de disponer de una cubierta verde son:

- **Reducción efecto isla de calor**
- **Depuración y retención de aguas pluviales**
- **Ayudan a limpiar el aire**
- **Aumenta la vida útil de las cubiertas**

Aparte de las ventajas mencionadas, hay que añadir las propiedades de absorbente acústico que tiene el manto verde natural (sedum). Este comportamiento de absorbente acústico hace que el comportamiento como aislante acústico de la cubierta mejore sustancialmente. Esto se produce por la atenuación, que produce la cubierta vegetal, de la onda sonora que incide sobre la cubierta.

Ejemplo. Si tomamos el ejemplo de cubierta plana no transitable (sin falso techo) y a continuación del aislamiento de cubierta le añadimos el sistema Urbanscape (membrana antirraíces, sistema de drenaje, sustrato o Green Roll y sedum) podemos ver como se incrementa el valor de aislamiento acústico.



	Aislamiento cubierta	R_A (dBA)	R_{ATr} (dBA)
Cubierta plana no transitable	Smart Roof Thermal en 80mm	82	74
Cubierta plana no transitable con sistema Urbanscape	Smart Roof Thermal en 80mm	94	87
Mejora aislamiento acústico		15%	18%

Según un estudio a nivel europeo (Fuente. Método MMG2014, Diciembre 2017), se analiza cuál es el coste medioambiental por unidad de superficie (m^2) asociado a los aislamientos con mayor presencia en el mercado. Este estudio ha tenido en cuenta los siguientes criterios:

- Medio ambiente
- Seguridad y salud
- Economía circular - ACV

ECO-ETIQUETAS TIPO III O DECLARACIONES AMBIENTALES DE PRODUCTO (SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN)

Las eco-etiquetas tipo III son un inventario de datos ambientales cuantificados de un producto con unas categorías prefijadas de parámetros, basados en la serie de normas ISO 14040, referentes a Análisis de Ciclo de Vida (ACV).

El ACV es el método más extendido y científicamente reconocido de medición y evaluación del impacto medioambiental (positivo y negativo) de un producto en sus diferentes etapas de vida: desde la extracción de la materia prima, explotación, fin de vida útil, hasta la demolición del edificio.

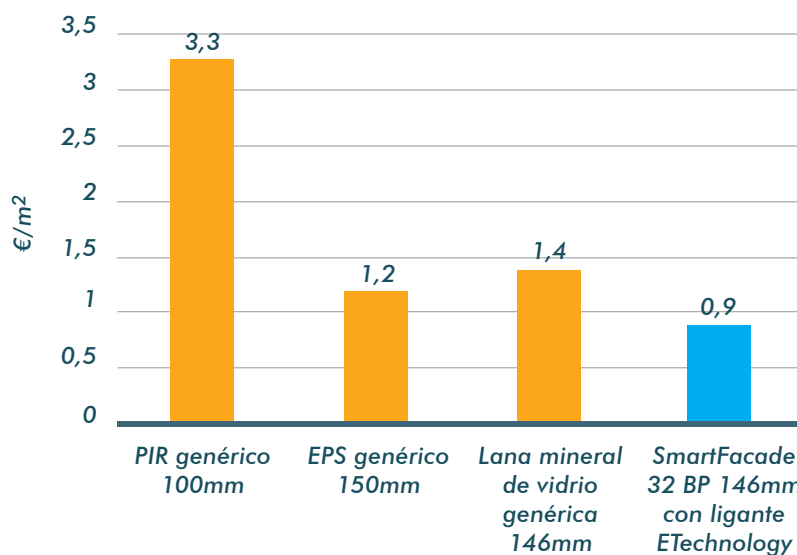
Este análisis de ciclo de vida, se lleva a cabo por parte de una tercera parte independiente y facilita la comunicación objetiva y comparable del comportamiento ambiental de los productos.

Desde la Comisión Europea se está impulsando el desarrollo de las Declaraciones Ambientales de Producto en el sector de la construcción para asegurar el cumplimiento de la Directiva CEE/89/106. De aquí surgió la iniciativa de la implantación de un sistema voluntario de eco-etiquetas de productos de la construcción.



Los resultados son los siguientes:

COSTE MEDIOAMBIENTAL POR TIPOLOGÍA DE AISLAMIENTO



GREEN BUILDING RATINGS

Los Green Building Ratings (GBR - sellos medioambientales para edificios) promueven la definición de "edificio verde" mediante estandarización. Además, reconocen el liderazgo mediambiental en la edificación. Los principales sellos medioambientales que encontramos en España son:



Leadership in Energy and Environmental Design (LEED): es el sistema internacional de certificación desarrollado por el USGBC, el cual verifica y aprueba que una construcción ha sido desarrollada implementando las nuevas prácticas ambientales creando una mayor eficiencia en su edificación.



BREEAM: corresponde a un conjunto de herramientas avanzadas y procedimientos encaminados a medir, evaluar y ponderar los niveles de sostenibilidad de una edificación, tanto en fase de diseño como en fases de ejecución y mantenimiento.



WELL: es la primera certificación del mundo centrada exclusivamente en la salud y el bienestar de las personas. Considera a las mismas como centro del diseño, de la construcción y del uso de los edificios. La certificación es gestionada por el International WELL Building Institute y certificada por el US Green Building Council (igual que LEED).



LANA DE VIDRIO CON ETECHNOLOGY

Criterios alcanzables en certificados de edificios de **Sostenibilidad** y la **Salud**.



v4



v2



3.1



ANÁLISIS CICLO VIDA Estudio de algunos de los impactos ambientales asociados durante la vida útil de un material.	Dispone de información para incluirla en los cálculos ACV del edificio. Dispone de EPD validada por una tercera parte. 4	N/A	Dispone de información para incluirla en los cálculos. ACV del edificio. ★	Dispone de información para incluirla en los cálculos ACV del edificio. Dispone de EPD validada por una tercera parte. 6
EXTRACCIÓN Y FABRICACIÓN Los materiales con mayor contenido reciclado, fabricados más cerca, tienen menor impacto.	Mínimo 50% y hasta 80% corresponde a contenido reciclado según ISO 14021:1999, fabricado en Europa (varias ubicaciones) + aglutinante base biológica (4- 6%). 1	N/A	Dependiendo de la ubicación de la obra y del producto seleccionado, el fabricante puede localizarse a <500, <1000 o <2500 km. ★	Mínimo 50% y hasta 80% corresponde a contenido reciclado, con certificado SGA para la fabricación (ISO 14001:2015) + aglutinante base biológica (4- 6%). 1
TRANSPARENCIA INGREDIENTES La declaración de los ingredientes de un material mejoran la transparencia.	Cumple con REACH y SVHC (Substances of Very High Concerns) pero no aporta puntos. Knauf Insulation está trabajando para cumplir con este crédito. 	No contiene retardantes de llama halogenados ni urea-formaldehído. 2	Cumple con REACH y SVHC (Substances of Very High Concerns) per no cumple requisito. Knauf Insulation está trabajando para cumplir con este requisito. ★	N/A
CALIDAD DE AIRE La calidad del aire interior se ve afectada por muchos materiales de construcción.	Cumple estándares mínimos de emisiones COV para AISLANTES. Contribuye a una mejor calidad del aire interior. 2	Cumple estándares mínimos de emisiones COV para AISLANTES. Contribuye a una mejor calidad del aire interior. 1 1	Cumple estándares mínimos de emisiones COV para AISLANTES. Contribuye a una mejor calidad del aire interior. ★	No existen requisitos emisiones COV para aislantes. Contribuye a una mejor calidad del aire interior. 1
ENERGÍA CONFORT La energía y el confort son características clave al elegir un aislante de construcción.	Alto rendimiento aislante térmico y acústico. 20 3	Alto rendimiento aislante térmico y acústico. 5 ★	Alto rendimiento aislante térmico y acústico. ★	Alto rendimiento aislante térmico y acústico. 18 2

ACV: Análisis Ciclo Vida

EPD: Environmental Product Declaration

COV: Compuestos Orgánicos Volátiles

N/A: No aplica

● Contribución puntos

★ Contribución requisitos



LANA DE ROCA CON ETECHNOLOGY

Criterios alcanzables en certificados de edificios de **Sostenibilidad** y la **Salud**.



ANÁLISIS CICLO VIDA Estudio de algunos de los impactos ambientales asociados durante la vida útil de un material.	Dispone de información para incluirla en los cálculos ACV del edificio. Dispone de EPD validada por una tercera parte. 4	N/A	Dispone de información para incluirla en los cálculos ACV del edificio. ★	Dispone de información para incluirla en los cálculos ACV del edificio. Dispone de EPD validada por una tercera parte. 6
EXTRACCIÓN Y FABRICACIÓN Los materiales con mayor contenido reciclado, fabricados más cerca, tienen menor impacto.	Mínimo 7% y hasta 14,5% corresponde a contenido reciclado según ISO 14021-1999, fabricado en Europa (varias ubicaciones). 1	N/A	Dependiendo de la ubicación de la obra y del producto seleccionado, el fabricante puede localizarse a <500, <1000 o <2500 km. ★	Mínimo 7% y hasta 14,5% corresponde a contenido reciclado, con certificado SGA para la fabricación (ISO 14001:2015) 1
TRANSPARENCIA INGREDIENTES La declaración de los ingredientes de un material mejoran la transparencia.	Cumple con REACH y SVHC (Substances of Very High Concerns) pero no aporta puntos. Knauf Insulation está trabajando para cumplir con este crédito.	No contiene retardantes de llama halogenados ni urea-formaldehído. 2	Cumple con REACH y SVHC (Substances of Very High Concerns) per no cumple requisito. Knauf Insulation está trabajando para cumplir con este requisito. ★	N/A
CALIDAD DE AIRE La calidad del aire interior se ve afectada por muchos materiales de construcción.	Cumple estándares mínimos de emisiones COV para AISLANTES. Contribuye a una mejor calidad del aire interior. 2	Cumple estándares mínimos de emisiones COV para AISLANTES. Contribuye a una mejor calidad del aire interior. 1 1	Cumple estándares mínimos de emisiones COV para AISLANTES. Contribuye a una mejor calidad del aire interior. ★	No existen requisitos emisiones COV para aislantes. Contribuye a una mejor calidad del aire interior. 1
ENERGÍA CONFORT La energía y el confort son características clave al elegir un aislante de construcción.	Alto rendimiento aislante térmico y acústico. 20 3	Alto rendimiento aislante térmico y acústico. 5 ★	Alto rendimiento aislante térmico y acústico. ★	Alto rendimiento aislante térmico y acústico. 18 2

ACV: Análisis Ciclo Vida

EPD: Environmental Product Declaration

COV: Compuestos Orgánicos Volátiles

N/A: No aplica

● Contribución puntos

★ Contribución requisitos

ANEXO

DETALLES AUTOCAD SISTEMAS DE FACHADA Y CUBIERTA

A continuación, se analizan una serie de detalles críticos de fachada y cubierta desde el punto de vista de evitar puentes térmicos y condensaciones.

Las prestaciones térmicas de cada soporte (valor de conductividad térmica (W/mK)) es muy importante para evitar desigualdades entre los valores finales de transmitancia térmica de la parte opaca de la fachada y los detalles que se analizan a continuación.

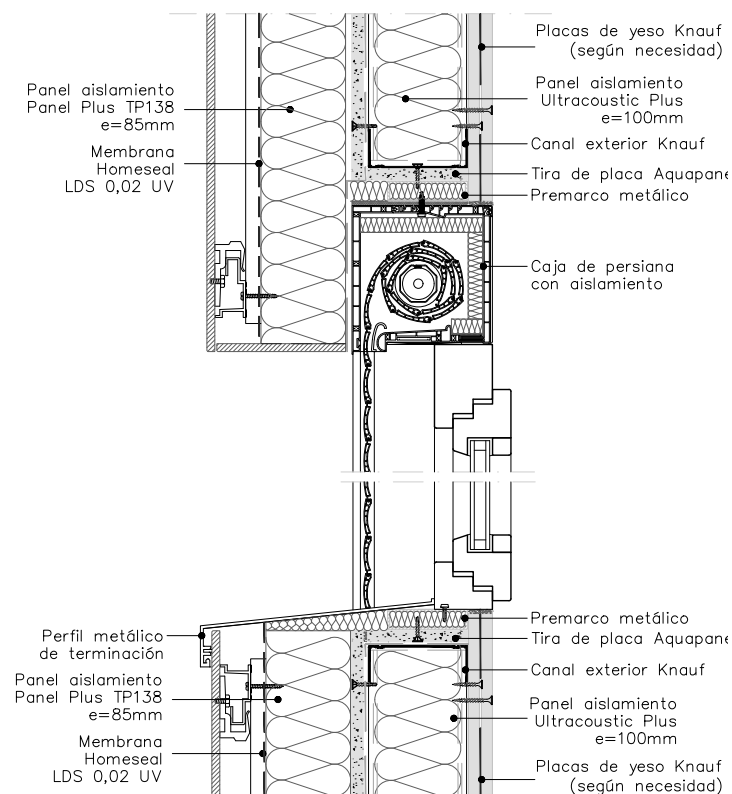
Estas desigualdades pueden agudizar los puentes térmicos lineales.

La fachada ligera con placa Aquapanel presenta las ventajas de reducir considerablemente el peso de la hoja de fachada y el espesor. Esta reducción del espesor permite instalar más aislamiento térmico si fuese necesario.

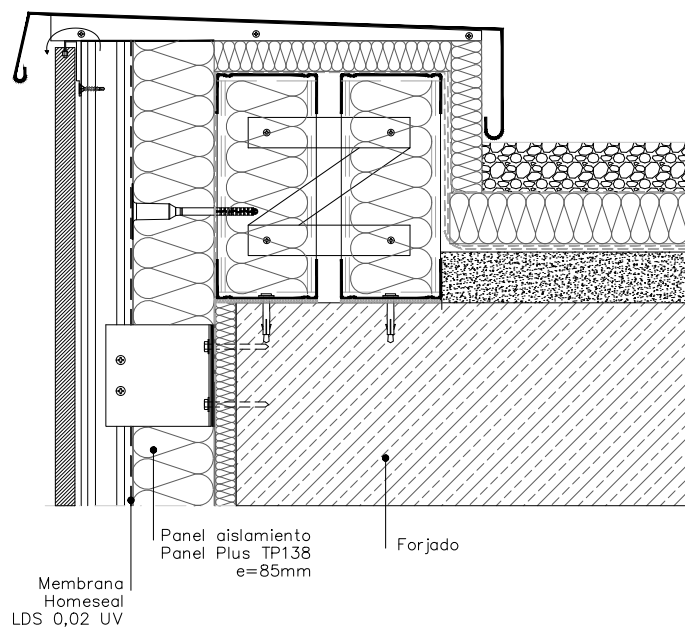
SISTEMAS DE FACHADA

FACHADA VENTILADA CON PLACA AQUAPANEL

En este sistema de fachada, la hoja principal es una placa de cemento con continuidad por todo el frente de fachada. La ventaja principal es que aligera el peso total de la fachada y facilita la planimetría de la misma. La conductividad térmica de esta placa es de 0,35W/mK y un espesor de 12,5mm.



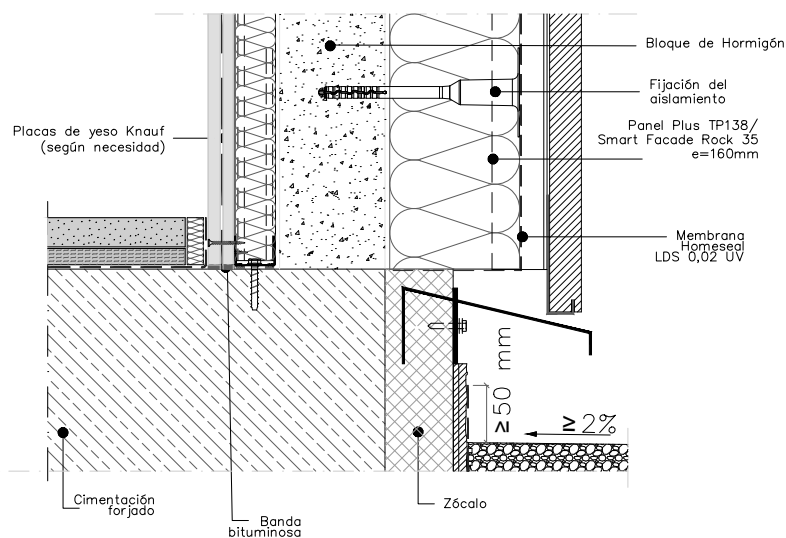
Caja Persiana: elemento crítico por posible presencia de puentes térmicos a través de cajas sin aislar. Importante que la caja esté aislada por su interior y que haya continuidad de aislamiento desde el exterior de la fachada hasta la carpintería.



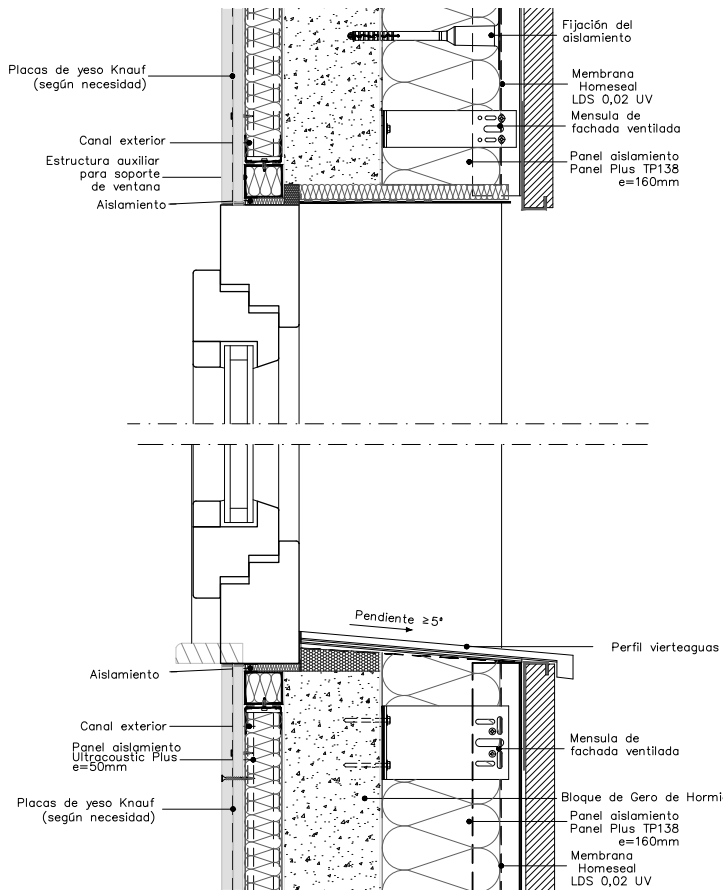
Coronación de cubierta: puede haber riesgo de condensaciones superficiales por discontinuidad entre el aislamiento de fachada y cubierta. Se debe garantizar esta continuidad por encima de peto de cubierta de manera que la transmitancia térmica lineal sea muy baja. Punto crítico: encuentro entre cubierta y muro.

FACHADA VENTILADA BLOQUE HORMIGÓN

En este sistema de fachada, la hoja principal es un bloque de hormigón de forjado a forjado. La conductividad térmica del bloque de hormigón es de $1,18 \text{ W/mK}$ y un espesor de 130 mm



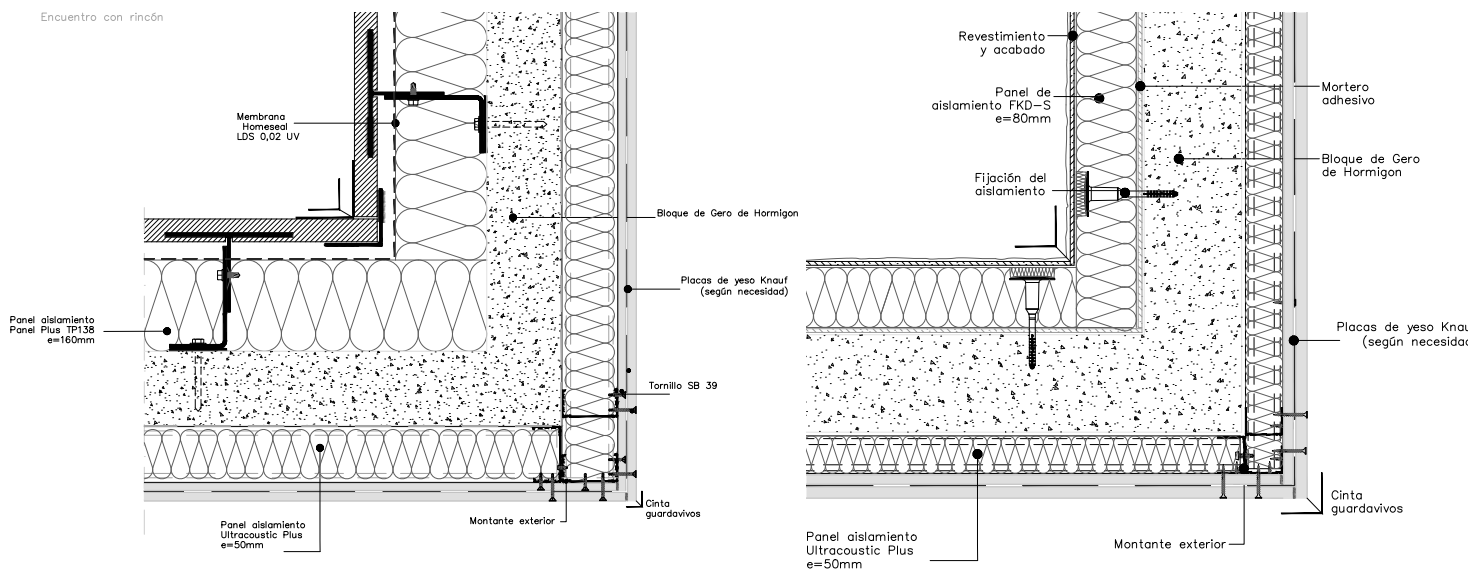
Arranque fachada: en este detalle es crítico la transmisión de humedad por capilaridad desde el terreno. Por lo tanto, es importante colocar un zócalo en el arranque de fachada que dé continuidad al aislamiento y evite la capilaridad.

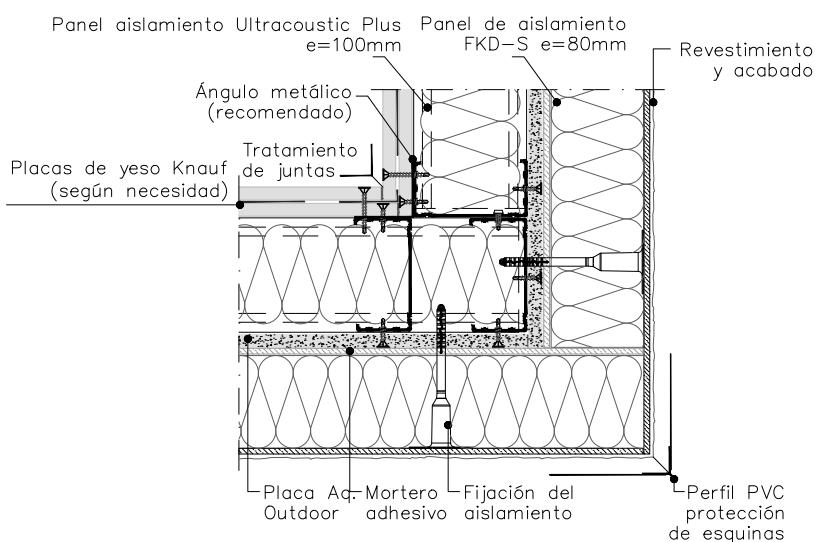


Encuentro con ventana: todos los huecos de fachada son la parte más débil de la envolvente en cuanto al riesgo de puentes térmicos y condensaciones superficiales. En todos los elementos que forman el hueco es muy importante garantizar la continuidad del aislamiento de fachada hasta la carpintería. Hay que tener especial cuidado con los premarcos ya que pueden actuar como puente térmico, especialmente si tienen mucha superficie al exterior y son de materiales con elevada conductividad térmica.

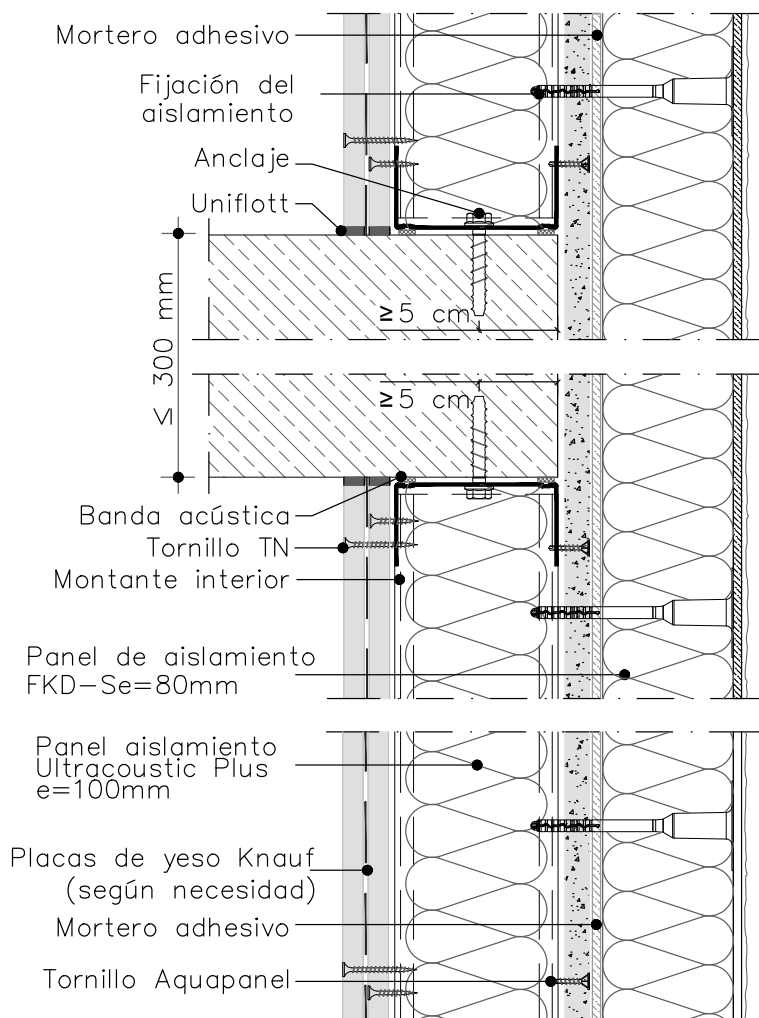
Encuentro con rincón: contrariamente a lo que sucede en el encuentro esquina, la proporción de superficie interior es mayor que la exterior de fachada. Por eso, en este caso el puente térmico no introduce un riesgo adicional de formación de condensaciones superficiales aunque es importante garantizar la continuidad del aislamiento. Los siguientes detalles hacen referencia a una fachada ventilada y una fachada SATE, ambas con bloque de hormigón.

Encuentro con rincón





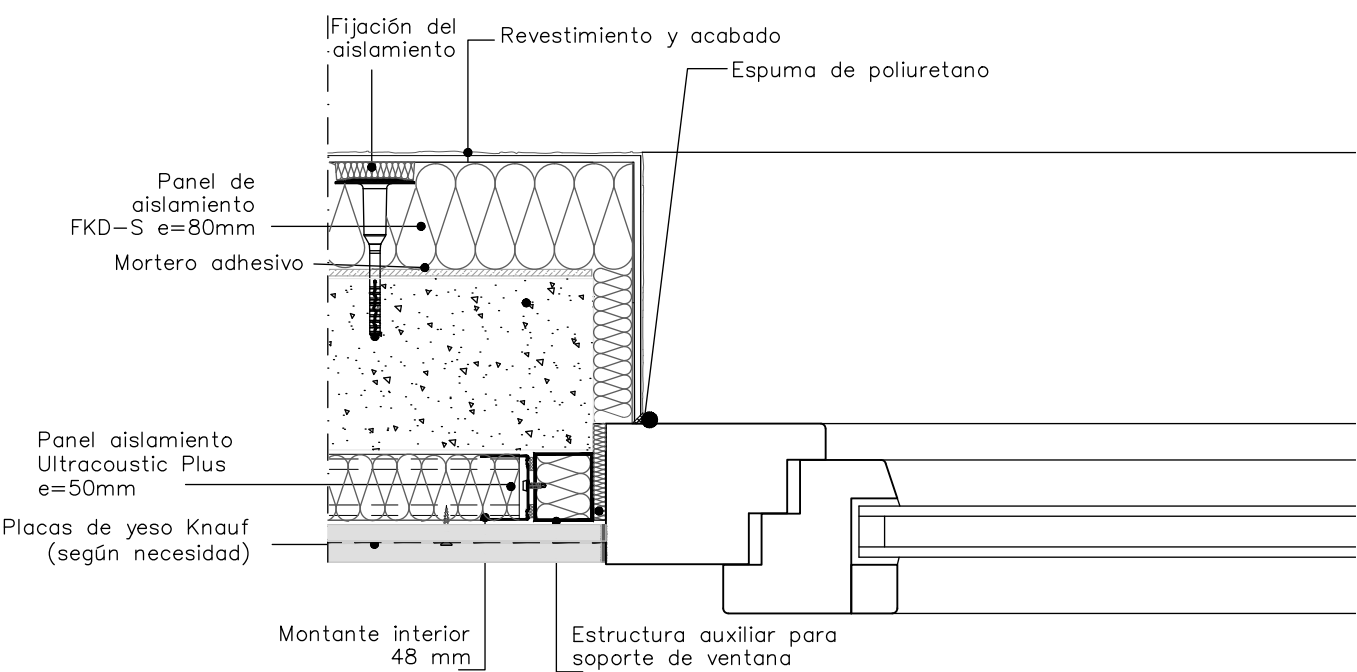
Encuentro con esquina: en este detalle de fachada, la relación entre una superficie exterior dada y su proyección al interior es muy grande de manera que el puente térmico se genera por razones geométricas y no constructivas. De todas formas, es necesario dar continuidad al aislamiento por toda la esquina.



Sección vertical: parte ciega de la envolvente y, por lo tanto, el aislamiento tendrá continuidad haciendo que los valores de transmitancia térmica lineal sean muy bajos. Se reduce de esta manera los puentes térmicos y el riesgo de condensaciones superficiales.

FACHADA SATE CON BLOQUE DE HORMIGÓN

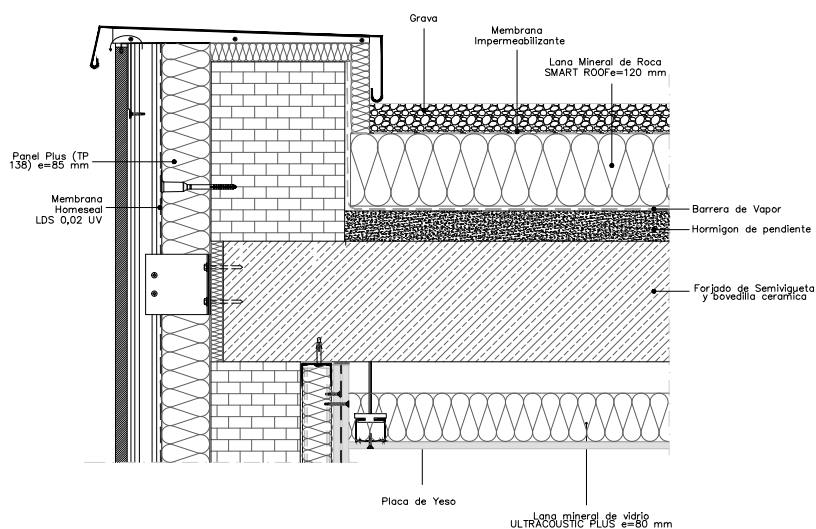
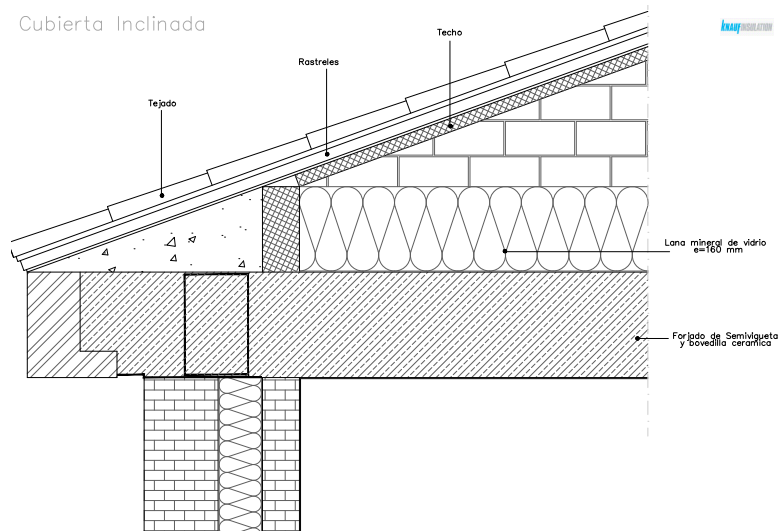
Encuentro con ventana jamba: en todos los elementos que forman el hueco es muy importante garantizar la continuidad del aislamiento de fachada hasta la carpintería. Se tiene que tener especial cuidado con los premarcos y marcos ya que pueden actuar como puente térmico especialmente si tienen mucha superficie al exterior y son de materiales con elevada conductividad térmica.



SISTEMAS DE CUBIERTA

Cubierta inclinada: este detalle corresponde a una cubierta inclinada de un edificio antiguo construido sin aislamiento al que se somete a una rehabilitación. Se incorpora aislamiento al espacio entre los tabiques conejeros del bajo cubierta. Por ser una construcción existente será muy difícil eliminar los puentes térmicos. El objetivo es minimizarlos gracias a la continuidad del aislamiento y evitar que puedan generar patologías.

Cubierta Inclinada



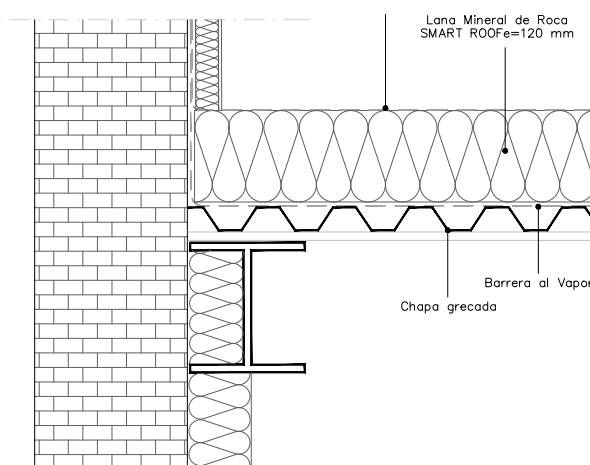
Cubierta plana: en el caso de una cubierta plana no transitable de un edificio nuevo, desde la temprana fase de proyecto básico se puede minimizar o eliminar los puentes térmicos. Para ello es muy importante que el aislamiento de fachada tenga continuidad por el peto de cubierta y finalmente con el aislamiento de la cubierta plana.

En función de las características higrométricas de la ubicación del edificio, será necesario o no colocar una barrera de vapor.

Para lograr el cumplimiento de las exigencias del CTE DB HE, en muchos proyectos será necesario colocar un falso techo bajo cubierta.

Cubierta Deck: este tipo de soluciones de cubierta son prácticamente exclusivas del sector no residencial: centros comerciales, instalaciones industriales, etc.

Pero si se quiere minimizar la aparición de condensaciones, se tendrá que tener en cuenta la continuidad del aislamiento e instalar barreras de vapor si fuera necesario.





Knauf Insulation S.L.

Polígono Can Calderón
Avda. de la Marina, 54
08830 Sant Boi del Llobregat
(Barcelona)
Tel.: +34 93 379 65 08



@KnaufInsulSpain



KnaufInsulationIberia



knaufinsulationspain



www.aislamientoysostenibilidad.es



AislamientoSupafil

www.knaufinsulation.es

EN/10.20/EO

ACERCA DE KNAUF INSULATION

Knauf Insulation está presente en más de 35 países a través de 40 plantas de producción y cuenta con 5.500 empleados en todo el mundo. La empresa, que forma parte del grupo familiar alemán Knauf, prosigue su sólido y continuado crecimiento financiero y operativo, tras haber registrado una facturación superior a los 2 millones en 2019.

