



kNAUF



PRÓLOGO

0.1.	Introducción.	009
0.2.	Impacto global del modelo productivo, representatividad del sector de la edificación.	010
0.3.	Impactos asociados a la edificación y criterios de sostenibilidad reconversores del sector.	016
0.3.1.	El ciclo de vida de la edificación.	016
0.3.2.	La industria de los materiales de construcción.	016
0.3.3.	Las obras de construcción.	020
0.3.4.	El uso de la edificación.	024
0.3.5.	Las obras de demolición.	029
0.4.	Líneas de desarrollo sostenible en el mercado de la construcción.	030
0.4.1.	Ecoetiquetas para materiales de construcción.	030
0.4.2.	Huella de Carbono.	032
0.4.3.	Declaración ambiental DAP.	034
0.4.4.	Ecodiseño.	036
0.4.5.	Sellos de calidad ambiental para edificación.	038
0.4.6.	Rehabilitación energética.	040
0.4.7.	Conclusión.	043

01

CONSUMO DE ENERGÍA

1.1.	Estimación.	046
1.2.	Evolución.	050
1.3.	Propuesta de soluciones.	053
1.4.	Normativa.	054
1.5.	Certificado Energético de Edificios.	056
1.6.	Parque de viviendas en España.	058
1.7.	El confort en las viviendas.	060
1.7.1.	Térmico.	065
1.7.2.	Humedades.	068
1.7.3.	Condensaciones.	070

02

AHORRO DE ENERGÍA

2.1.	Ahorro de energía.	074
------	--------------------	-----

03

LA CASA PASIVA

3.1.	La casa pasiva.	080
------	-----------------	-----

04

POBREZA ENERGÉTICA

4.1.	Un derecho no asequible para todos.	084
4.2.	Afrontar la pobreza energética.	087

05

CALIDAD DEL AIRE INTERIOR

5.1.	Calidad del aire.	090
5.2.	Edificios sostenibles y saludables.	092
5.2.1.	Contaminantes químicos.	093
5.2.2.	Contaminantes biológicos.	095

06

PROTECCIÓN AL FUEGO Y AISLAMIENTO ACÚSTICO

6.1.	Protección al fuego.	098
6.2.	Aislamiento acústico.	101

07

EL AISLAMIENTO TÉRMICO

7.1.	Conceptos generales.	106
7.2.	Valores de la conductividad y resistencia térmica.	110
7.3.	Envoltente térmica de los edificios.	112
7.4.	Transmitancias máximas según zona climática.	122
7.5.	Cumplimiento del CTE HE.	125

08

SOLUCIONES Knauf

8.1.	Soluciones Knauf en fachadas.	128
8.1.1.	Rehabilitación interior.	129
8.1.2.	Rehabilitación exterior con demolición.	138
8.1.3.	Rehabilitación exterior sin demolición.	142
8.2.	Soluciones Knauf en cubiertas.	147
8.2.1.	Rehabilitación en cubiertas planas.	150
8.2.2.	Rehabilitación en cubiertas inclinadas.	158
8.2.2.1.	Con desván no-habitable.	159
8.2.2.2.	Con desván habitado.	162
8.3.	Elementos de separación horizontal.	166
8.3.1.	Rehabilitación en forjados con solera seca Brio.	172
8.3.2.	Rehabilitación de forjados con techo suspendido Knauf.	174
8.4.	Los sistemas Knauf en la rehabilitación total de la envoltente térmica.	176
8.5.	Puentes térmicos.	178
8.5.1.	Detalles constructivos aislamiento por el interior.	179
8.5.2.	Detalles constructivos aislamiento por el exterior.	196

ÍNDICE

09

RESULTADOS DE LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA

9.1.	Resultados de la rehabilitación energética con sistemas Knauf.	204
9.2.	Una rehabilitación con materiales certificados.	208

10

AYUDAS A LA REHABILITACIÓN

10.1.	Requisitos para la percepción de las ayudas.	213
-------	--	-----

00

PRÓLOGO

0.1.	Introducción.	009
0.2.	Impacto global del modelo. productivo, representatividad del sector de la edificación.	010
0.3.	Impactos asociados a la edificación y criterios de sostenibilidad reconvertores del sector.	016
0.3.1.	El ciclo de vida de la edificación.	016
0.3.2.	La industria de los materiales de construcción.	016
0.3.3.	Las obras de construcción.	020
0.3.4.	El uso de la edificación.	024
0.3.5.	Las obras de demolición.	029
0.4.	Líneas de desarrollo sostenible en el mercado de la construcción.	030
0.4.1.	Ecoetiquetas para materiales de construcción.	030
0.4.2.	Huella de Carbono.	032
0.4.3.	Declaración ambiental DAP.	034
0.4.4.	Ecodiseño.	036
0.4.5.	Sellos de calidad ambiental para edificación.	038
0.4.6.	Rehabilitación energética.	040
0.4.7.	Conclusión.	043







00 PRÓLOGO

0.1.

Introducción

La reconversión del sector de la edificación hacia modelos basados en parámetros sostenibles es hoy en día un objetivo parcialmente asumido. Knauf España, desde su creación, ha seguido la filosofía original de sus fundadores, apostando por el medio ambiente y ecología en todos los procedimientos para la fabricación de sus productos. El preámbulo a esta guía pretende ofrecer una perspectiva integral de la situación del sector de la edificación en relación a la grave crisis global. El objetivo es reunir en el texto los datos que permiten destacar el alcance de la problemática del sistema productivo en la edificación para poder valorar la importancia de la reconversión del sector así como las repercusiones de las distintas medidas basadas en criterios sostenibles que se proponen para acometerla, entre ellas, la rehabilitación térmica de la edificación.

Entendemos el sector de la edificación como aquel cuya finalidad es producir edificios y es por ello que el texto se estructura a partir de las actividades relacionadas con este proceso, refiriéndonos al conjunto de fases que conforman el ciclo de vida de un edificio estándar; los procesos de fabricación de los materiales que componen el edificio, las obras de construcción, la etapa de utilización y la posterior demolición del mismo. Concretamos los impactos y los criterios de sostenibilidad para cada una de estas etapas que a su vez corresponden a distintos sectores productivos.

Para finalizar describimos las líneas más destacadas de desarrollo sostenible en el sector de la edificación, las más apoyadas desde la administración, las más consolidadas y las de mayor proyección futura.

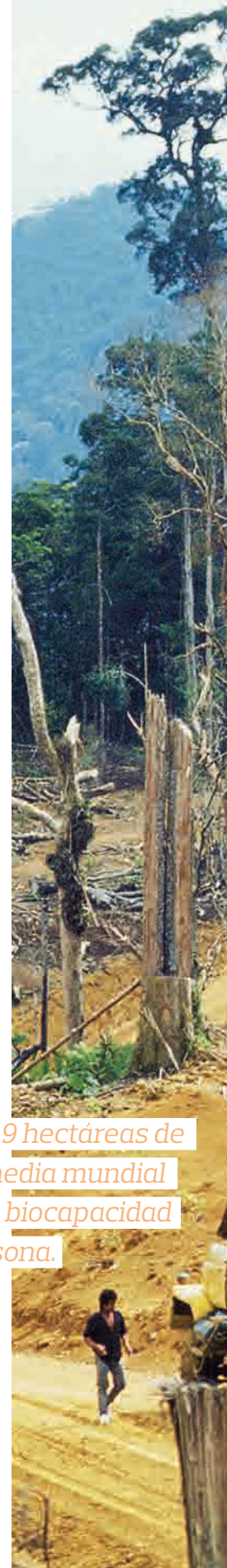
00 PRÓLOGO

0.2.

Impacto global del modelo productivo, representatividad del sector de la edificación

Es prioritario entender que el sistema productivo y económico que viene desarrollando la Humanidad ha provocado una grave crisis global. Durante los últimos 40 años, la estrategia internacional de gestión se ha basado en el crecimiento a partir del consumo sin tomar en cuenta los recursos, lo que ha generado una enorme presión sobre el planeta. Diversos informes demuestran que la Tierra no es capaz de abastecer la demanda de recursos que genera el estilo de vida actual, en particular el de las sociedades industrializadas. Según el Living Planet Report 2010, desde los años 60 hasta el 2007 la demanda de recursos de los ecosistemas naturales se ha duplicado y hemos superado la biocapacidad de la tierra; la huella ecológica referida a la cantidad de superficie planetaria que es necesaria para proveer de recursos a las personas, para disponer las distintas infraestructuras y absorber los residuos generados por el hombre, es en la actualidad mayor a la superficie terrestre; haría falta un planeta y medio para mantener los niveles de consumo. Esta situación se manifiesta en distintos impactos como son el agotamiento de recursos básicos (si todos consumiésemos la misma cantidad de petróleo que un habitante promedio de Emiratos Árabes o EEUU en diez años se acabarían las reservas), o la imposibilidad de los ecosistemas de absorber las elevadas emisiones de gases de efecto invernadero, lo que está provocando un pronunciado cambio climático de graves consecuencias sobre sus habitantes y el planeta en general.

Un habitante de España requiere de 5.9 hectáreas de superficie terrestre mientras que la media mundial es de aproximadamente 2.9, siendo la biocapacidad actual máxima 1.8 hectáreas por persona.

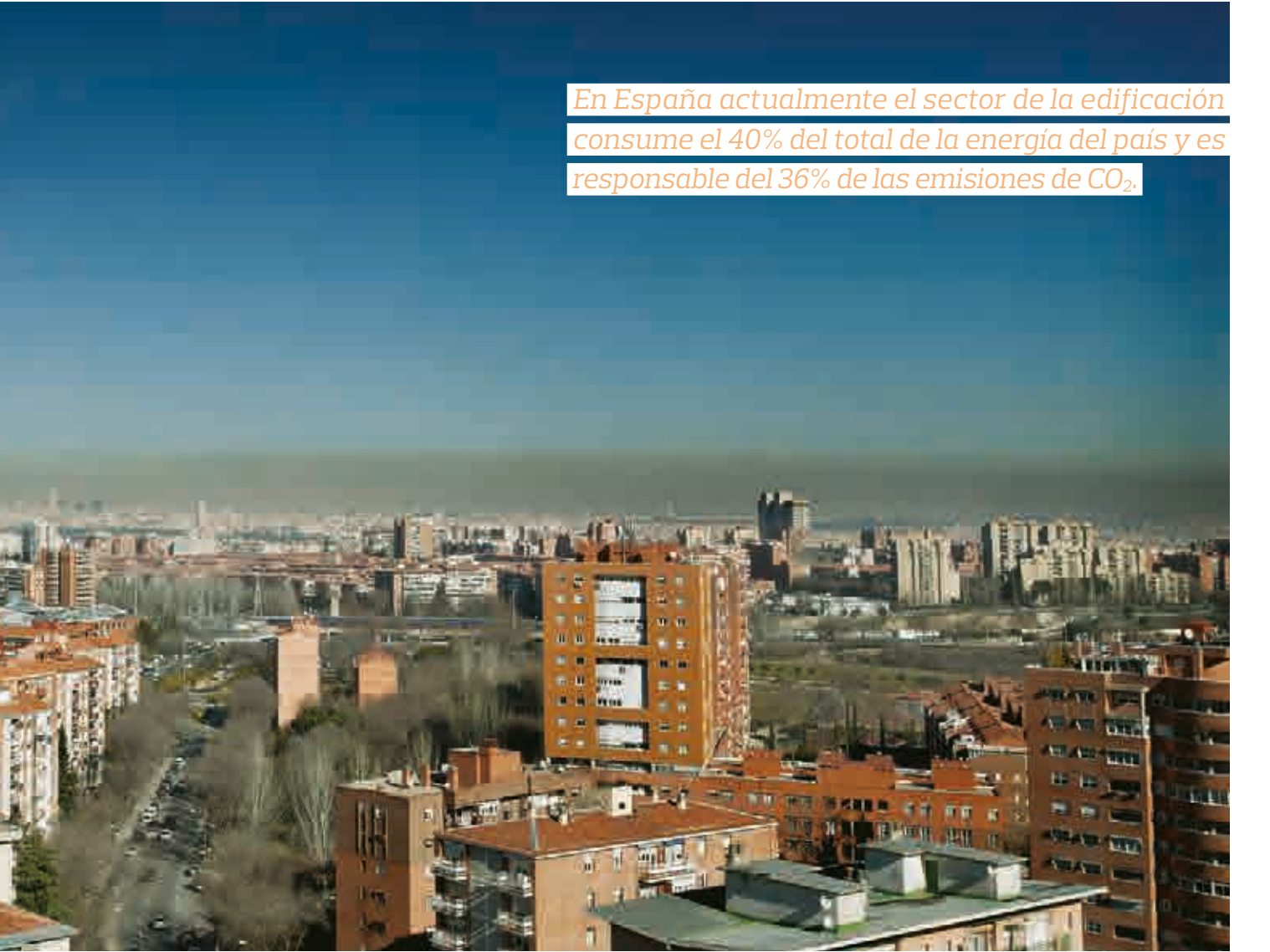




El hecho de superar la biocapacidad de la tierra es consecuencia de un modelo productivo generalizado basado en ciclos abiertos, en el consumo ilimitado de recursos y la consecuente generación de residuos. Este sistema es el que organiza el sector de la edificación y lo posiciona como uno de los mayores responsables de los impactos ambientales totales. En Europa actualmente el sector de la edificación consume el 40% del total de la energía del país y es responsable del 36% de las emisiones de CO₂, (estos datos tienen en cuenta el uso de la edificación existente y el valor variable de la industria y el transporte asociados a los trabajos de construcción, mantenimiento y rehabilitación).



La huella ecológica no se distribuye de manera homogénea, depende del modelo de cada región. Según datos presentados por ADENA, España es el vigésimo país con mayor huella ecológica; un habitante de España requiere de 5.9 hectáreas de superficie terrestre mientras que la media mundial es de aproximadamente 2.9, siendo la biocapacidad actual máxima 1.8 hectáreas por persona. De la descomposición de la huella ecológica en los elementos que la generan obtenemos un dato remarkable: las emisiones de CO₂ son, con diferencia, el factor que más territorio demanda, se estima que representa más de la mitad de la huella ecológica mundial.

An aerial photograph of a city, likely Madrid, showing a dense urban landscape with numerous multi-story brick buildings. A large, semi-transparent blue rectangular box is overlaid on the upper right portion of the image, containing white text. The text is in Spanish and discusses the environmental impact of the construction sector in Spain.

En España actualmente el sector de la edificación consume el 40% del total de la energía del país y es responsable del 36% de las emisiones de CO₂.





En concreto, en nuestro país, el desarrollo exponencial que ha vivido el sector de la construcción (la tercera parte del parque edificado español se ha construido entre 1980 y 2007) impulsado en gran medida por el elevado valor otorgado al suelo urbanizable, ha incrementado el impacto sobre el medio ambiente, situándonos en desventaja respecto a otros países europeos.

Es imprescindible actuar desde la planificación urbana y la ordenación territorial para reducir los impactos generados por el sector de la edificación. Las líneas generales de actuación que se proponen de cara al futuro se apoyan en nuevas políticas sobre el territorio en las que se prioriza la colmatación de las zonas ya urbanizadas y la tendencia a ciudades de tamaño medio, compactas e integradas en el entorno natural.

Este tipo de políticas implican la disminución de la construcción de obra nueva dando paso al sector de la rehabilitación y el mantenimiento que tan poco desarrollo han tenido en el país durante las últimas décadas. Nos encontramos ante una situación excepcional para la reducción de los impactos del sector y en concreto de las emisiones de CO₂.

00 PRÓLOGO

0.3.

Impactos asociados a la edificación y criterios de sostenibilidad reconvertidores del sector

0.3.1.

El ciclo de vida de la edificación

El sistema de ciclos abiertos, sobre el que suele recaer la mayor responsabilidad de los impactos ambientales, es únicamente atajable actuando de forma integral en el proceso productivo evaluando el ciclo de vida completo de cualquier actividad. En el caso de la edificación es necesario contabilizar la entrada de recursos, energía y la generación de residuos asociados en las distintas fases de su ejecución, vida útil y deconstrucción. Lograr cerrar estos procesos supone coordinar todos los agentes y productos involucrados en las técnicas y procesos que intervienen en la construcción del edificio. Tal y como se organiza actualmente la industria del sector esta medida es compleja. En cualquier caso analizar los impactos más graves de cada fase permite establecer las medidas más eficaces para evitarlos.

0.3.2.

La industria de los materiales de construcción

La fabricación de materiales de construcción es una de las actividades más importantes durante el ciclo de vida del edificio. Según el informe "Sobre una estrategia para dirigir al sector de la edificación hacia la eficiencia en la emisión de gases de efecto invernadero" realizado por Albert Cuchí para el Ministerio de Vivienda, las emisiones producidas en los procesos relacionados con los materiales de construcción de un edificio: la extracción de las materias primas, el transporte hacia los centros de transformación, los procesos de manufactura y conformación, la distribución y la comercialización, pueden suponer, a día de hoy entre el 33% y el 50% de los gases de efecto invernadero imputables a todo el ciclo de vida del edificio. En términos globales la energía consumida por la industria de materiales de construcción actualmente representa aproximadamente el 14% de la energía total. Hay que añadir que el sector de la edificación es altamente intensivo en la demanda de materiales, solamente la construcción y el mantenimiento de los edificios consume el 40% de las materias primas utilizadas en la Unión Europea; se estima que en la edificación estándar existe un manejo de entre 2 y 3 toneladas de materiales por metro cuadrado.

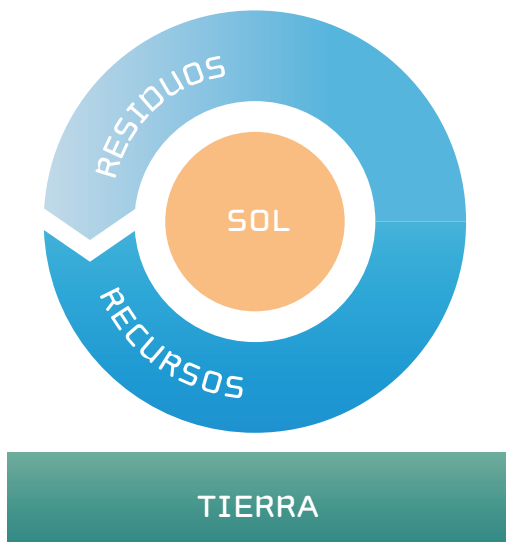


El sector de la edificación es altamente intensivo en la demanda de materiales, solamente la construcción y el mantenimiento de los edificios consume el 40% de las materias primas utilizadas en la Unión Europea.



Al igual que en la edificación en su conjunto, los materiales de construcción responden a ciclos de vida abiertos. Para entender esta cuestión, a pesar de las incertidumbres que todavía le rodean, se utiliza el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) que estudia los impactos de cada material desde su producción hasta su deshecho. Por parte de la Organización Internacional de Estandarización (ISO), se ha desarrollado un marco para la normalización de la metodología de ACV. Un producto debería incluir todas las entradas (consumo de recursos) y salidas (emisiones y residuos) de los procesos que participan a lo largo de su ciclo de vida.

El cierre del ciclo de los materiales actúa directamente sobre la reducción de los principales impactos ambientales, y consiste en conseguir pasar de un sistema de ciclo abierto basado en extracción, fabricación, uso y deshecho a uno de ciclo cerrado basado en reciclaje, fabricación, uso, reciclaje o reutilización.



El cierre del ciclo de los materiales actúa directamente sobre la reducción de los principales impactos ambientales, y consiste en conseguir pasar de un sistema de ciclo abierto basado en extracción, fabricación, uso y deshecho a uno de ciclo cerrado basado en reciclaje, fabricación, uso, reciclaje o reutilización.

Los factores responsables de la mayor o menor emisión de CO₂ durante las distintas etapas del ciclo de vida de los materiales de construcción se resumen en los siguientes: la composición del material; los sistemas constructivos empleados; el número de materiales requeridos para construir el edificio y la cantidad y fuentes de energía utilizadas en la fabricación de los materiales. El último punto a su vez depende de los sistemas de fabricación, según sean más o menos eficientes; y de las fuentes energéticas, según sean fósiles o renovables.

Actualmente no existe una norma de obligado cumplimiento que asegure el bajo impacto ambiental de los materiales de construcción, pero existe consenso internacional respecto a los impactos ambientales o características que se deben tener en cuenta en un material (ISO 14020 Etiquetas ecológicas y declaraciones ambientales. Principios generales).

Los materiales y todas las actividades relacionadas directa e indirectamente con ellos ocupan un lugar clave en el sector de la edificación. Construir un metro cuadrado estándar de nuestra edificación supone 20 veces más emisiones que las asociadas al consumo energético de un metro cuadrado ya construido. El ecoetiquetado es la herramienta que asegurará la reconversión del sector siempre que se acompañe de políticas públicas.

00 PRÓLOGO

0.3.3.

Las obras de construcción

En España los impactos derivados de esta actividad se deben al sistema constructivo imperante, calificado comúnmente como construcción convencional, basado en la adición de un alto número de materiales y componentes mediante un intenso trabajo manual. El principal problema del mismo reside en la elevada generación de residuos durante el proceso de construcción. En nuestro país se generan anualmente 40 millones de toneladas de residuos procedentes de las obras de construcción y demolición según la estimación que se ha podido realizar en el II PNRC (Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición), llegando a ser, durante las épocas de mayor demanda de edificación, prácticamente el doble que los residuos urbanos generados por habitante y año.

El sistema constructivo repercute en los impactos derivados de las distintas fases del ciclo de vida del edificio, en la etapa de extracción y fabricación de materiales de construcción observamos que el sistema convencional es el que genera mayor demanda. Sin embargo, a su favor, frente a otros sistemas como los compuestos predominantemente de acero, las emisiones derivadas de la fabricación de los materiales requeridos para este sistema son bastante inferiores.

Las conclusiones extraídas en la tesis de Gerardo Wadel Raina, "La sostenibilidad en la arquitectura industrializada: la construcción modular ligera aplicada a la vivienda" indican que no existen grandes diferencias respecto a los consumos energéticos y emisiones de CO₂ entre el sistema constructivo convencional y los modulares; comparado con la vivienda modular de menor impacto supone un 20% más de emisiones en el ciclo de vida. Sin embargo, en cuanto a los materiales, la diferencia es mucha más evidente, frente al sistema modular la construcción convencional se encuentra ante grandes obstáculos para cerrar el ciclo de vida de los materiales debido al consumo de materiales directo y la generación de residuos generados a lo largo del ciclo de vida.







Por último el sistema convencional frente a otros tipos de construcción prefabricada en seco, tiene incidencia ambiental sobre el sistema hídrico, ya que aunque la construcción demanda cantidades de agua relativamente bajas, los incidentes y la mala práctica en obra pueden generar graves episodios locales de contaminación.



Los sistemas constructivos resultan vitales en la búsqueda de estándares óptimos de eficiencia en la edificación. La tendencia más recomendable es la estandarización e industrialización de los elementos y procesos constructivos, ya que mejoran la calidad de los productos, optimizan los gastos de producción y posibilitan la reutilización, así como la utilización de pocos materiales y de juntas reversibles. Las buenas prácticas en los sistemas constructivos influirán en sucesivas fases del ciclo vital de los inmuebles, tanto en la vida útil como en la deconstrucción del edificio, mejorando en todos los casos los impactos ambientales asociados a cada etapa.

00 PRÓLOGO

0.3.4.

El uso de la edificación.

La fase que corresponde al uso del edificio, en la actualidad, es la más intensiva en los impactos que origina. La gestión de los recursos que mantienen las condiciones de habitabilidad de los espacios, en un edificio estándar, genera graves daños ambientales, principalmente cuantiosas emisiones de CO₂ por el consumo de energía, alto requerimiento de agua y elevada generación de residuos urbanos.

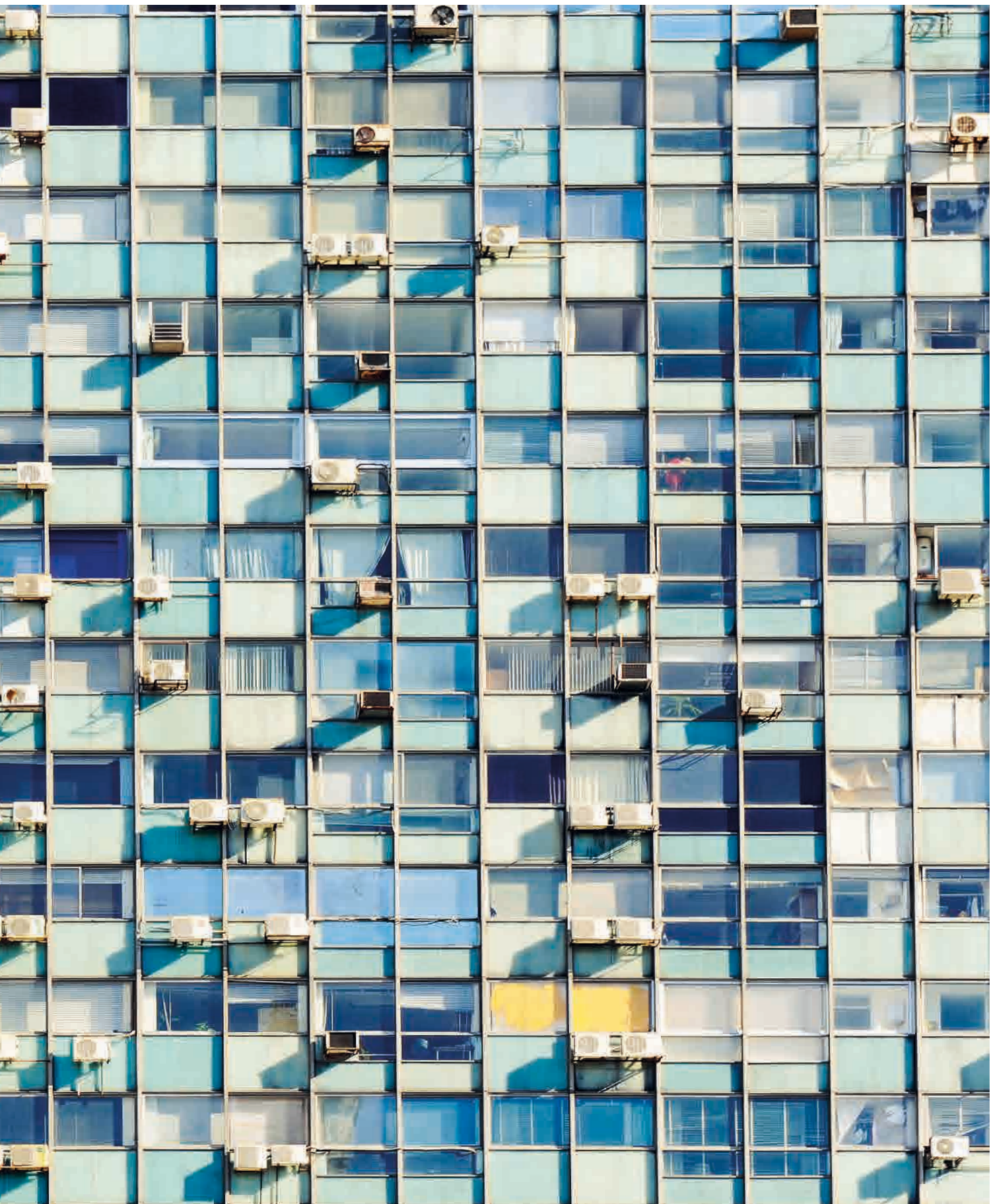
El valor más significativo de los impactos por la utilización de la edificación son las emisiones de dióxido de carbono, una quinta parte del total de nuestro país. Según el IDAE la energía total demandada por la edificación en España supone el 26% del total, descomponiéndose en el 17% para el parque residencial y el resto para edificación terciaria.

Cabe destacar que la edificación es responsable de un tercio de las emisiones de gases de efecto invernadero si tenemos en cuenta las originadas por el propio proceso constructivo.

El cálculo de la distribución del consumo total de energía en las viviendas revela que prácticamente la mitad (aprox. el 49%) de las emisiones se deben a las instalaciones para mantener el confort térmico, sistemas de calefacción y refrigeración; los siguientes consumidores son el agua caliente sanitaria y la electricidad (iluminación, cocina y electrodomésticos). Entre los factores que influyen en estos consumos el más notable es el concerniente a lo arquitectónico, es decir la eficacia del diseño y construcción del edificio. También los consumos son dependientes de cuestiones relacionadas con la instalaciones, según sea la fuente energética que se utilice (gas natural, electricidad, gasoil, energías renovables, etc.) y la eficiencia y gestión de las mismas.

La mitad de las emisiones se deben a las instalaciones para mantener el confort térmico, sistemas de calefacción y refrigeración.



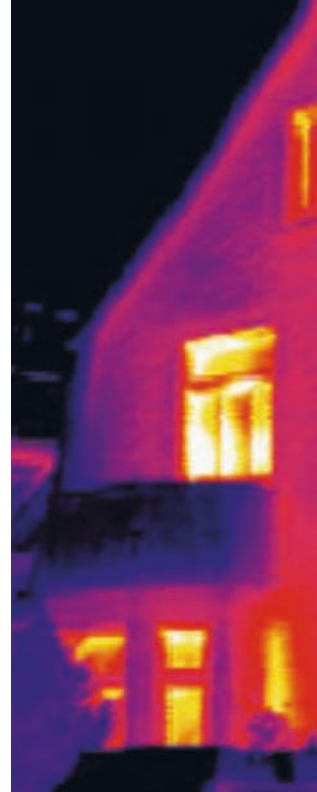


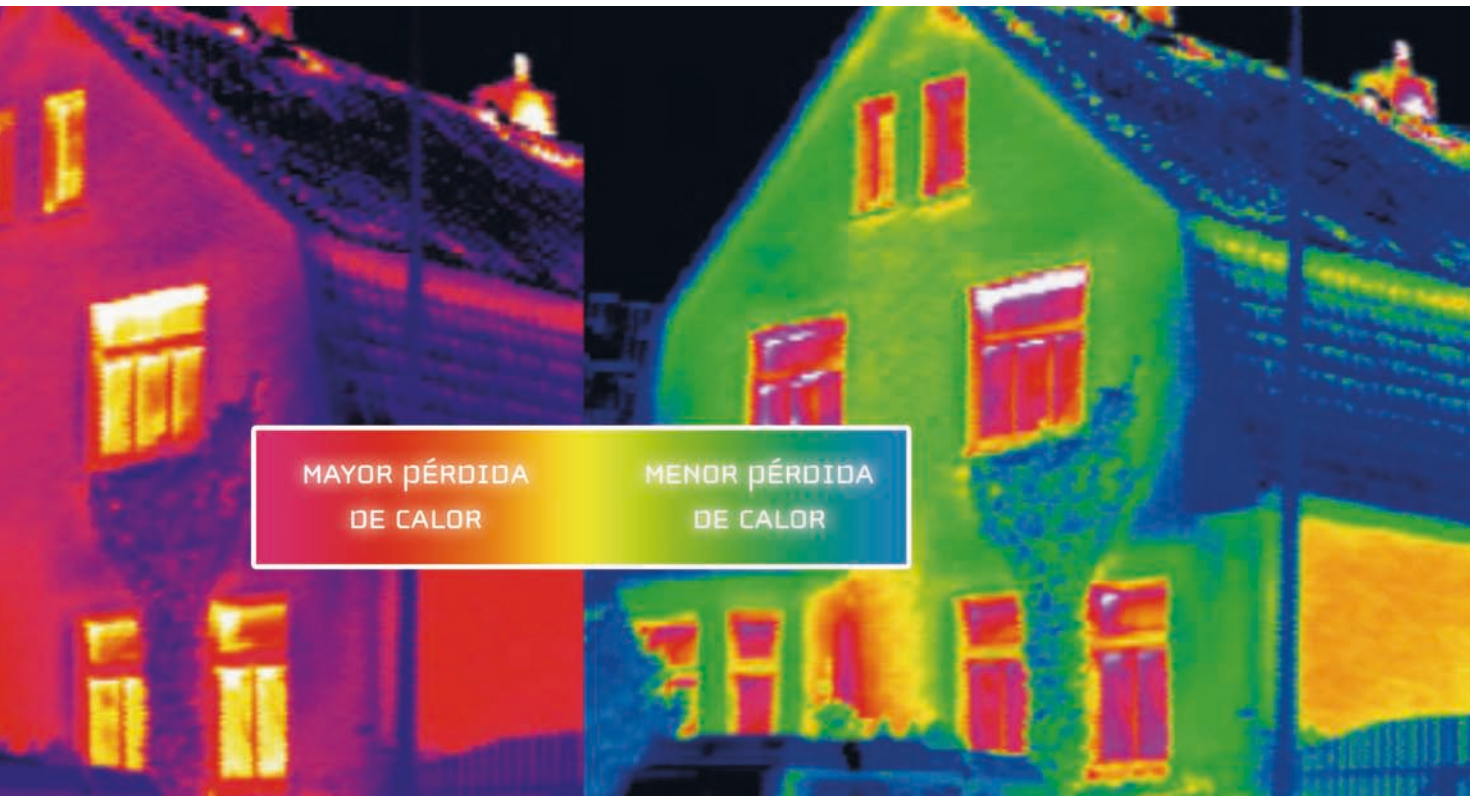
La estrategia más recomendable para conseguir que un edificio alcance las condiciones de confort con la menor demanda y consumo energético es el diseño bioclimático, éste establece medidas pasivas para ahorrar consumos energéticos y emisiones de CO₂ aplicables tanto en la edificación ex novo como en la preexistente. Estas acciones se basan en aprovechar el clima y las condiciones del entorno donde se emplazará el edificio, con el fin de conseguir una situación de confort térmico en su interior. A ese respecto, el parque edificado y el de nueva construcción difieren en el margen de actuación, ya que la rehabilitación no goza de las posibilidades que ofrece el diseño previo. Independientemente, en ambos casos se pueden conseguir resultados de ahorro sorprendentes proyectando bajo criterios bioclimáticos.

En concreto, para el parque edificado, las medidas arquitectónicas que conseguirían los mayores ahorros energéticos serían la reducción de las transmitancias mejorando los niveles de aislamiento en los paramentos y cubiertas, y la utilización de carpinterías y vidrios más eficientes, según los resultados del estudio de ADENA del 2010, ("Potencial de ahorro energético y de reducción de emisiones de CO₂, en el parque residencial existente en España"). En cuestión de instalaciones, lo más importante será sustituir las instalaciones térmicas todavía en uso, como caldera y radiadores tradicionales, por equipos de mayor eficiencia y, en cualquier caso, introducir fuentes energéticas renovables, a ser posible las que puedan ser distribuidas por la red eléctrica. Según el informe de Greenpeace "La batalla de las redes" podría abastecerse a toda Europa de energía renovable a cualquier hora del día si se invirtiese para conseguir una red eléctrica que conectase todos lugares que el estudio considera para producir energía y distribuirla.

Conseguir la reducción de demanda energética del parque de viviendas existente en España es de vital importancia. Según el informe de ADENA, el consumo energético medio de una vivienda en España se podría reducir un 85% según estándares Passivhaus.

Además de la energía, la gestión de otros recursos como el agua o los residuos domésticos, designados oficialmente como residuos urbanos, suponen impactos considerables durante el uso de la edificación. El más destacable es el consumo de agua, se estima que la edificación consume un 11% del total del país. Actualmente, dada la conciencia respecto a la escasez de agua, el CTE controla aspectos de suministro y evacuación, pero con ello no se alcanzan niveles óptimos de sostenibilidad teniendo en cuenta que de las necesidades diarias por persona no más del 5% necesita ser potable. Algunas de las directrices para el uso eficiente del agua durante la vida útil del edificio son: la recogida del agua de lluvia, la implantación de sistemas segregados de aguas grises para su reutilización y la instalación de sistemas con reducción de caudales y consumos. La adición de estas acciones disminuirá drásticamente la cantidad de agua utilizada en una edificación estándar.





En conclusión, si el objetivo es disminuir el consumo y emisiones de la edificación, la línea de actuación ineludible es intervenir en el parque ya edificado y principalmente en su envolvente. La vivienda nueva representa un 1% del total de viviendas construidas por lo que aplicar sobre este grupo los parámetros de sostenibilidad, conseguiría exclusivamente actuar sobre un porcentaje muy bajo de la edificación, consiguiendo una mejora interesante pero poco importante.

La reducción de las transmitancias se consigue mejorando los niveles de aislamiento en los parámetros y cubiertas, y utilizando carpinterías y vidrios más eficientes, en general, mejorando el aislamiento en toda la envolvente del edificio.



00 PRÓLOGO

0.3.5.

Las obras de demolición

La última etapa del ciclo de vida ha sido hasta el momento las obras de demolición (directamente vinculadas al sistema constructivo convencional) fase en la que se generan la mayor parte de los 40 millones de toneladas de residuos que se asignan al sector de la construcción. Actualmente, el tratamiento de valorización, es decir, el reciclaje o reutilización de estos residuos, representa tan sólo el 37% del total generado, es más, los datos finales confirman que por operaciones previas de tratamiento o de forma directa, finalmente al vertedero llegan 35 millones de toneladas anuales de desechos de la construcción.

Las cifras son claras, y los impactos ambientales derivados graves. La contaminación de acuíferos y suelos por vertederos incontrolados de residuos mezclados y sin tratamiento previo, la aparición de escombreras ilegales, el deterioro paisajístico, la degradación del entorno y el despilfarro de recursos naturales no renovables son los más destacados.

Encaminar el sector hacia una situación más sostenible es el objetivo de las iniciativas que promueve el Plan Nacional de Gestión de Residuos. Se insiste en el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos, preferentemente su valorización material, y, en su defecto, su valorización energética y la minimización de la eliminación o vertido. Para garantizar este proceso son labores básicas la separación y recogida selectiva de los residuos.

La elección de un sistema constructivo que tenga en cuenta uniones en seco fácilmente desmontables y elementos constructivos estandarizados, es la base para la reducción de los residuos de construcción y demolición (RCD). Estas condiciones facilitan la reciclabilidad y la reutilización, mejoran la calidad del producto final y optimizan los gastos de producción. Además, los sistemas de montaje en seco reducen los impactos sobre el agua. Los costes ambientales serán aún menores si se utilizan pocos materiales diferentes y de juntas reversibles, así como elementos de fácil manejo y transportabilidad, cuyo mantenimiento no requiera de operaciones de envergadura.

El CTE obliga a acompañar toda obra de un plan de gestión de residuos, lo cual parece alentador, pero todavía son escasas las medidas de prevención para la producción de RCD así como para el aprovechamiento de los recursos contenidos en los mismos.

La valorización de residuos puede ser una fuente de actividad económica importante y de ahorro de recursos ya que como confirma el II PNRCD se están desaprovechando anualmente 35 millones de toneladas de materias primas.

00 PRÓLOGO

0.4.

Líneas de desarrollo sostenible en el mercado de la construcción

Expuestos los causantes y las posibles mejoras de los impactos derivados del sector de la edificación, queda clara la necesidad de cerrar los ciclos de vida de los materiales, sistemas constructivos y edificación en general, haciendo hincapié en la urgente necesidad de intervención en la reducción de consumos energéticos durante el uso de la edificación.

0.4.1.

Ecoetiquetas para materiales de construcción

La línea de desarrollo sostenible de los materiales de construcción está dirigida, en gran medida, por el sistema de ecoetiquetado y las declaraciones ambientales reguladas por la ISO. Las ecoetiquetas son actualmente la herramienta voluntaria para garantizar que productos y servicios cumplan con ciertas características o criterios de respeto al medio ambiente, aportando información precisa y verificable. La evolución de estas identificaciones durante los últimos años ha experimentado una explosión a nivel internacional debido a la creciente conciencia del sector industrial de la necesidad (para ser competitivos en el mercado actual) de comunicar al consumidor qué requisitos de sostenibilidad cumplen los productos que van a adquirir. Las ecoetiquetas, además de ser un valor de compra, tienen la capacidad inestimable de reconducir el sector productivo hacia un menor impacto ambiental, a la vez que constituyen valorizaciones ambientales objetivas de productos.

En la norma ISO 14020 se exponen las directrices generales para el desarrollo y uso de las ecoetiquetas y declaraciones ambientales, según la cual existen tres tipos de etiquetas ecológicas diferentes, (Tipo I, II y III), cada una tiene un desarrollo diferente y una repercusión distinta en los materiales de construcción.

Las ecoetiquetas tipo I (ISO 14024) aseguran que un producto cumple unos valores mínimos basados en su ciclo de vida y son validadas por un organismo tercero; existen ejemplos muy reconocidos de ecoetiquetados I que incluyen materiales de construcción: Ecolabel, etiqueta ecológica europea (Comisión Europea, Medio Ambiente), Ángel Azul (del Ministerio de Medio Ambiente Alemán), El Cisne Blanco/ cisne nórdico (del Consejo Nórdico de Certificación), AENOR Medio Ambiente (Asociación Española de Normalización y Certificación), etc.

Ecoetiqueta tipo I



Las tipo II (ISO 14021) son semejantes a las anteriores con la diferencia de ser declaraciones propias del fabricante relativas a una característica, y también fundada en el ciclo de vida del producto.

Por último, el ecoetiquetado tipo III (ISO 14025 e ISO 21930), como por ejemplo, Declaraciones Ambientales de Productos (DAP/EPD), aporta una diferencia destacable, no dar criterios mínimos a cumplir, identifica los parámetros de comportamiento de un producto sobre los que se debe informar durante el ciclo de vida. Este ecoetiquetado permite comparar distintos productos de un mismo tipo de forma objetiva, aunque realmente puede ser complejo ya que influye los diferentes criterios a la hora de de la toma de datos para la confección de las DAPs. La Unión Europea está impulsando el desarrollo de declaraciones ambientales, como apoyo a nuevas legislaciones referentes a la temática ambiental en el sector de la construcción. Internacionalmente, existen diferentes programas de ecoetiquetas tipo III en funcionamiento: Francia, Alemania, Suecia, Noruega, Holanda, Suiza, Canadá, Japón o Corea son algunos de los países pioneros en implantar estos sistemas.

Ecoetiqueta tipo II

Círculo de Moëbius para declaración del contenido de reciclaje



Ecoetiqueta tipo III

Diferentes sistemas de ecoetiquetado



El ecoetiquetado en España, a pesar del impulso actual, todavía es escaso, son pocos los productos de la construcción disponibles en el mercado español que dispongan de ecoetiquetas tipo I, y hasta hace apenas tres años no existía un sistema establecido de etiquetas ecológicas tipo III en nuestro sector de la construcción. El programa DAPc ha sido el pionero, se inició en 2008 y en 2010 se certificó el primer material de construcción con este tipo de ecoetiquetado. Aenor también ha desarrollado el programa global EPD.

Finalmente, concluir que es una necesidad general estar preparados para afrontar nuevas exigencias ambientales, tanto para impulsar el cambio del sector como para no dejar de ser competitivos y estar preparados para las exigencias de las normativas de obligado cumplimiento que se están desarrollando desde el marco europeo.

00 PRÓLOGO

0.4.2.

Huella de Carbono

La energía es la capacidad de un cuerpo para desarrollar un trabajo. Existen muchos tipos de energías que podemos clasificar en dos grupos: las renovables o alternativas y las no renovables o consumibles fósiles.

Los combustibles fósiles son el carbón, el petróleo y el gas natural. Estos fósiles se han formado de manera natural por medio de procesos biogeoquímicos, desarrollados bajo condiciones especiales durante millones de años. La materia prima a partir de la cual se originaron incluye restos vegetales y antiguas comunidades planctónicas. Todos ellos producen energía por combustión, de modo que se generan dos problemas: la destrucción de un producto energético finito y la emisión de gases tóxicos, como el metano (CH_4) el óxido de nitrógeno (N_2O), los carburos hidrofluorados (HFC), el hexafluoruro de azufre (SF_6) y, el más importante, el dióxido de carbono (CO_2).

El dióxido de carbono (CO_2) es un gas que contribuye a que la Tierra tenga una temperatura que posibilita la vida, siempre y cuando se mantenga dentro de unas cantidades equilibradas. Los rayos solares calientan la corteza terrestre por radiación. La energía calorífica se difunde en la atmósfera, el dióxido de carbono situado en las capas altas de la atmósfera retiene parcialmente ese calor y lo devuelve a la Tierra. Este fenómeno es similar a lo que ocurre en un invernadero. Por ello, sin CO_2 en la atmósfera, la Tierra sería un bloque de hielo. No obstante, un exceso de dióxido de carbono acentúa el fenómeno conocido como *efecto invernadero*, por el cual se reduce la emisión de calor al espacio, provocando así un mayor calentamiento del planeta. En los últimos años, la cantidad de dióxido de carbono ha aumentado mucho y eso contribuye, según el consenso científico internacional, al calentamiento global del clima planetario.

El carbono es un componente esencial de todos los seres vivos. Está presente en la atmósfera, en forma de dióxido de carbono, también en los océanos y en los combustibles fósiles (carbón, petróleo y otros hidrocarburos).

El dióxido de carbono de la atmósfera es absorbido por las plantas que lo convierten en azúcar y tejidos a través del proceso de fotosíntesis. Los animales ingieren las plantas, metabolizando el carbono y convirtiéndolo en tejidos y energía. El carbono se libera a través de las heces. Cuando los seres vivos mueren, son desintegrados por otros organismos, los cuales, a su vez, liberan el carbono a la atmósfera.



Con la huella de carbono, se pretende que las empresas puedan reducir los niveles de contaminación mediante un cálculo estandarizado de las emisiones que tienen lugar durante los procesos productivos.

y al suelo, iniciándose nuevamente el proceso. El carbono pasa de las plantas a los herbívoros, que lo liberan en gran parte en forma de CO₂ a través de su respiración, pero otra parte se almacena en sus tejidos y así pasará a los carnívoros. En última instancia, todos los compuestos del carbono se degradan por descomposición, y el carbono es liberado en forma de CO₂, que es utilizado de nuevo por las plantas.

La huella de carbono es indicador utilizado para describir el cálculo de las emisiones normalizadas de dióxido de carbono (CO₂) asociadas a organizaciones, eventos, actividades o a la cadena de producción de bienes, desde la obtención de materias primas hasta el tratamiento de desperdicios, pasando por la manufacturación y el transporte, es decir, al ciclo de vida de un producto. Por tanto, la huella de CO₂ es la medida del impacto que provocan las actividades humanas en el medio ambiente y se determina según la cantidad de gases de efecto invernadero producidos y medidos en unidades de dióxido de carbono equivalente.

Con la huella de CO₂ se pretende que las empresas puedan reducir los niveles de contaminación mediante un cálculo estandarizado de las emisiones que tienen lugar durante los procesos productivos. Hay varias normas y referencias para el cálculo de la huella de carbono de producto, entre ellas está la norma ISO TS 14067 que establece un marco de referencia internacionalmente reconocido para dicho cálculo.

El certificado de la huella de carbono es voluntario, no obstante hay empresas que quieren identificar sus productos con los valores de CO₂ certificados, para que los consumidores puedan optar por aquellos menos contaminantes.

La responsabilidad y el compromiso de Knauf GmbH con el entorno se basan en promover actividades y soluciones que contribuyan a la mejora constante del medio ambiente, apostando por un aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, por la eficiencia energética, y por la reducción de gases de efecto invernadero.

Declaración ambiental DAP

Las Declaraciones Ambientales de Producto (DAP, o Environmental Product Declarations, EPD en inglés) son un tipo de ecoetiqueta que permiten informar de manera objetiva del impacto ambiental del producto en relación a su ciclo de vida. Se trata de una herramienta que permite a las administraciones, proyectistas y constructores, así como a los usuarios finales, comparar y escoger los materiales teniendo en cuenta su impacto medioambiental.

Disponer de una DAP no implica que un producto tenga un buen comportamiento ambiental, y compararla con productos similares o con la media del sector puede ser complejo dependiendo de las prestaciones que pueda ofrecer durante su uso y mantenimiento. No obstante, para comparar las DAP éstas deben compartir una misma metodología de cálculo. La finalidad de las DAP es fomentar el uso de productos con menor impacto ambiental.

La norma UNE-ISO 21930: 2010 de sostenibilidad en la construcción de edificios facilita los principios y requisitos para las declaraciones ambientales de productos de construcción para edificios. La información contenida en una DAP está basada en el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) según las normas UNE EN ISO 14040-44 y acorde a la UNE EN 15.804 “Reglas de categoría de producto básicas para productos de construcción”.

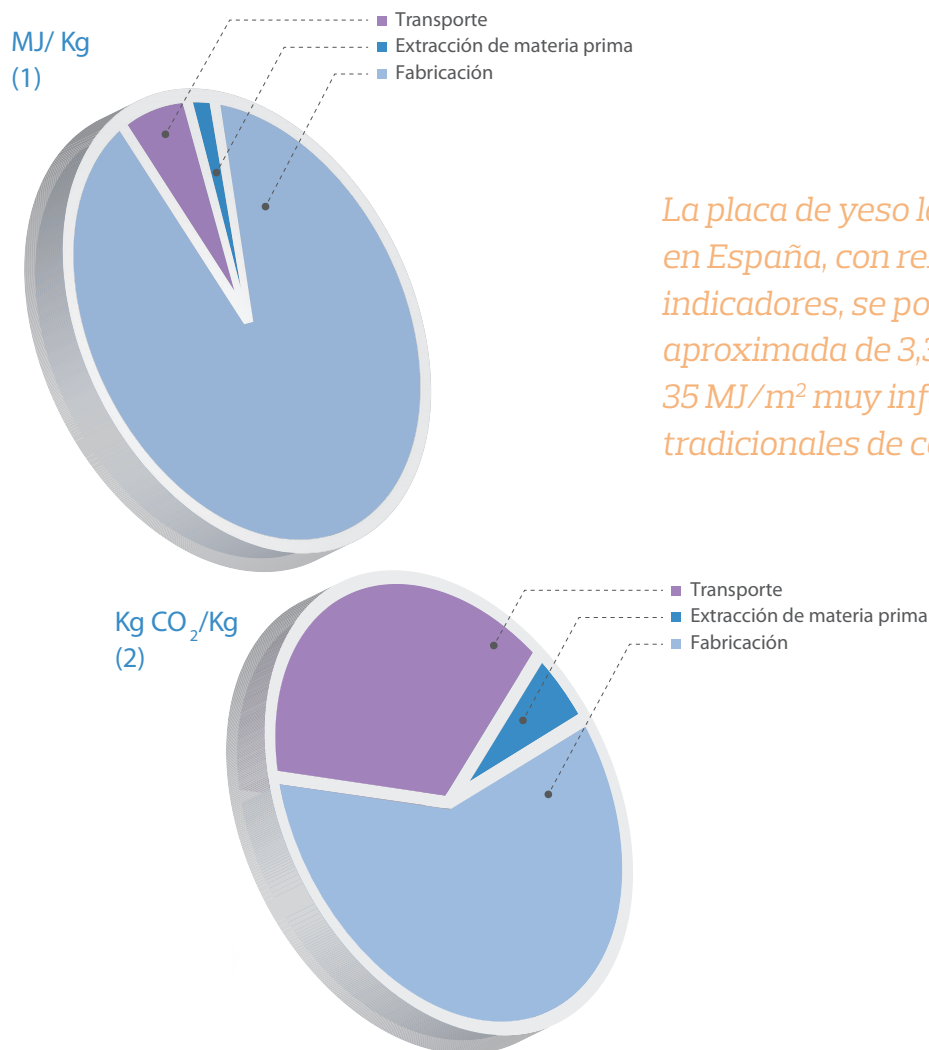
Existen diferentes alcances de un ACV: de la *cuna a la puerta* (Cradle to Gate) incluyendo la extracción de la materia prima y la producción, de la *cuna a la tumba* (Cradle to Grave) desde la obtención de recursos hasta la fase de residuo del producto incluido su reciclaje y/o gestión final y de la *cuna a la cuna* (Cradle to Cradle) que en este caso comporta un ACV completo en el que se cierra el ciclo mediante la reintroducción del producto en su mismo ciclo productivo, u en otro, una vez haya llegado a su final de vida.

Las DAP pueden dar una información ambiental estática, lo interesante es seguir optando por una mejora y análisis continuo que permita gestionar los impactos para mejorar los productos. En este sentido, Knauf analiza continuamente los productos desde todo su ciclo de vida, con el objetivo de ofrecer soluciones con materiales o sistemas constructivos más sostenibles.

El estudio de análisis de ciclo de vida (ACV) de las placas de yeso laminado fabricadas por Knauf España se ha realizado desde la *cuna a la tumba* para el ámbito de la península ibérica. Las diferentes etapas que se han tenido en cuenta para el estudio del ACV están definidas en la norma UNE EN 15.804:

Etapas de producto			
Etapas de producto A1-A3	Etapas proceso constructivo A4-A5	Etapas de uso B1 – B7	Etapas de Fin de Vida C1-C4
A1 Suministro de materias primas	A4 Transporte	B1 Uso	C1 Deconstrucción
A2 Transporte de materias primas	A5 Proceso de construcción – Instalación	B2 Mantenimiento	C2 Transporte
A3 Manufactura		B3 Reparación	C3 Tratamiento de residuos
		B4 Sustitución	C4 Vertido de residuos
		B5 Rehabilitación	
		B6 Uso de energía en Servicio	
		B7 Uso de agua en servicio	

Los resultados del estudio desarrollado para las placas de yeso laminado Knauf producidas en Guixers y Escúzar muestran que para una placa de yeso laminado Knauf tipo A, la mayor parte del impacto ambiental se produce en la primera etapa del ciclo de vida, concretamente el 65% del impacto asociado al cambio climático ($\text{kg CO}_2\text{eq/m}^2$) y el 73% del impacto asociado al agotamiento de recursos abióticos (MJ/m^2) y dentro de esta etapa la mayor parte del impacto está en la fabricación.



La placa de yeso laminado tipo A en España, con relación a estos dos indicadores, se podría estimar una media aproximada de 3,35 Kg CO₂/m² y de 35 MJ/m² muy inferior a otros materiales tradicionales de construcción.

Distribución del impacto ambiental de la placa de yeso Knauf tipo A. Etapa A1-A3

Además del análisis de ciclo de vida de los materiales, también es importante analizar las prestaciones que puedan ofrecer los sistemas constructivos formados por dichos materiales (aislamiento y acondicionamiento acústico, aislamiento térmico, resistencia al fuego) puesto que la decisión de utilizar un sistema más eficiente

puede representar un menor impacto ambiental en la fase de uso y mantenimiento del edificio. Gracias a todos los elementos descritos anteriormente, los sistemas con placas de yeso laminado Knauf tienen un bajo impacto ambiental a lo largo de su ciclo de vida.

00 PRÓLOGO

0.4.4.


Ecodiseño

El Ecodiseño es el sistema de gestión por el que todos los productos son diseñados, analizados y mejorados continuamente a través de todas las etapas de su ciclo de vida. Cabe recordar que el ciclo de vida de un producto comprende desde la obtención y consumo de materiales y componentes, pasando por la producción en fábrica, la distribución y venta, la utilización por el usuario hasta el final de la vida. Más de la mitad de los impactos que producen pueden prevenirse desde el proceso de diseño para que a lo largo de su ciclo de vida sean más sostenibles para el medio ambiente.

El Ecodiseño es una estrategia importante en una empresa para reducir los impactos ambientales y los costes económicos. Ecodiseñar un producto implica adoptar alternativas e introducir mejoras, analizando todo el ciclo de vida, sin que el producto en cuestión pierda ninguna de sus propiedades. Existen varias formas de conseguir estos objetivos: incorporar materias primas con menos impacto ambiental como material reciclado pre y post consumo, mejorar la eficiencia en la producción, reutilizar materiales, optimizar el embalaje y el transporte, gestionar los residuos, etc.

La Norma ISO 14006 es el marco normativo que tiene como objetivo la mejora ambiental de un producto o servicio y se integra dentro de las estrategias ambientales y de calidad de las normas ISO 14001 y 9001.





Knauf GmgH ha sido la primera empresa del sector en ecodiseñar sus placas de yeso laminado.

Esta norma certificable, además de promover una reducción de los impactos ambientales en la industria, intenta sensibilizar al mercado de la importancia que esto supone. Por otro lado promueve la mejora continua en el diseño desde el punto de vista medioambiental.

Son ya muchas empresas certificadas con la ISO 14006 que ecodiseñan sus productos o servicios. Knauf GmbH fue el primer fabricante de placas de yeso laminado a nivel mundial en tener todos sus productos ecodiseñados. Todos los productos de Knauf son controlados a través del ACV, lo que permite tener identificado los impactos que se están generando al entorno. Las fábricas ubicadas en Guixers y Escúzar van mejorando año tras año sus productos, y han sido avaladas por esta certificación, conforme se realiza una constante mejora ambiental en los procesos de diseño y de producción. Esto implica que el sistema productivo sea cada vez más sostenible, incorporando mejoras para reducir los impactos en el medioambiente durante todas las etapas del producto, complementándose con la ISO 14.001 como sistema de gestión medioambiental.

Knauf GmbH es un referente dentro de la arquitectura sostenible: diseña sus productos para conseguir la reducción de los impactos ambientales teniendo en cuenta todas las fases del ciclo de vida. Utilizar los sistemas Knauf durante la etapa de construcción y uso de edificios y viviendas incide especialmente en la mejora eficiencia energética, en el ahorro y en la reducción de impactos ambientales.

00 PRÓLOGO

0.4.5.

Sellos de calidad ambiental para edificación

En la edificación, al igual que para los materiales de construcción, existen sistemas de evaluación ambiental. La diferencia radica en que los organismos de certificación para la edificación no están normalizados internacionalmente. El ecoetiquetado de eficiencia energética de edificios, es el único marcado legal obligatorio y que cumple con las normas ISO. Las instituciones independientes y sin ánimo de lucro, nacidas a finales del siglo XX, que promueven la edificación sostenible, son las que han llevado a cabo la labor de certificación medioambiental de los edificios; estos sellos plantean criterios a cumplir integrales y no únicamente desde el punto de vista energético, hablamos de LEED, VERDE (España) o BREEAM, entre otras. A las certificaciones se han sumado libros blancos de sostenibilidad, manuales y guías prácticas como las elaboradas por el IHOBE (Sociedad Pública vasca que tiene por finalidad apoyar al Departamento de Medio Ambiente) y el IDAE.

La evolución de los marcados ecológicos en la edificación ha sufrido un proceso similar a la de los materiales de construcción, ha eclosionado en el mercado durante los últimos años. Sellos como LEED, fundados en 1998 están experimentando un crecimiento de casi el 300% anual. La institución asegura que, dependiendo de la calificación y tipología, un edificio con certificación LEED reduce entre el 30% y el 70% de energía respecto a uno convencional, del 30% al 50% de consumo de agua, entre el 50% y el 90% de la generación de los residuos, y el 35% de las emisiones de dióxido de carbono. Además de la expansión en el sector privado, algunas políticas públicas también están utilizando los sellos de calidad ambiental para promover la edificación sostenible, son muchas las administraciones a nivel internacional que imponen la exigencia o recomendación de cumplir con las exigencias de algunas de las instituciones privadas que están actualmente emitiendo certificaciones.

Ejemplos de certificaciones



VERDE



En España, la primera iniciativa pública respecto a la sostenibilidad en la edificación la introdujo el nuevo CTE aprobado en 2007, que implementa criterios de ahorro energético, entre ellos la certificación energética, a la que hemos hecho referencia anteriormente. Este etiquetado informa de los consumos energéticos de la edificación y de las emisiones producidas por los sistemas según su demanda de energía primaria, y asigna una letra de la A a la D, en función de la mayor o menor eficiencia del edificio.

Debido a la necesidad de acelerar la reconversión del sector, no parece suficiente cumplir con los mínimos exigidos por el CTE, por ello las últimas medidas públicas para impulsar la edificación sostenible del IDAE, "Plan de Ahorro Energético en España 2008-2012", ha emprendido estrategias como: la subvención de los edificios de obra nueva con calificaciones A o B y la promoción en la administración para que ejerza un papel ejemplarizante al respecto con la edificación pública.

00 PRÓLOGO

0.4.6.

Rehabilitación energética de la edificación

Es indiscutible la importancia de la línea de desarrollo sostenible que gestiona la rehabilitación energética. Como venimos diciendo, si queremos reducir las actuales emisiones de CO₂ es imprescindible intervenir sobre el parque edificado, ya que de otro modo seguiríamos arrastrando el 26% del consumo energético que corresponde al uso de la edificación existente.

Aplicando únicamente medidas que intervienen en la demanda térmica, si se rehabilitasen al año un millón de viviendas de aquí a 2020, circunstancia asumible desde el punto de vista técnico y económico, significaría una contribución final de ahorro en el consumo energético en nuestro país de entre el 5,1% y el 8.5% y una reducción similar para las emisiones de CO₂; en caso de aplicar además otras medidas de mejora de la eficiencia de las instalaciones se podría llegar a contribuir con una reducción de la demanda energética del 10%.

Alemania, Gran Bretaña, Holanda, Francia... y en España de una manera más tardía y quizás menos definida, ya han aprobado políticas nacionales de rehabilitación enfocadas a reducir el consumo energético y las emisiones de sus edificios, con objetivos y exigencias de eficiencia energética bien definidos y cuantificados para conseguir objetivos de este tipo de cara al 2020.





La Directiva 2010/31/UE (complementada por la Directiva 2012/27/UE), sobre eficiencia energética en la Unión Europea marca un objetivo claro, el "20-20-20". Establece para el año 2020 reducir el 20% de las emisiones de CO₂ respecto a los niveles de 1990 y producir un 20% de energías renovables. La directiva hace referencia a la intervención en edificios existentes, facilitando el desarrollo de reglamentos que apoyen la rehabilitación; en nuestro país la financiación pública es algo inferior al resto de Europa pero está adquiriendo cada vez mayor peso. La administración, promueve a través del IDAE diversas medidas para estimular el ahorro energético en los distintos sectores productivos del país. En el último plan, "Plan de Ahorro Energético en España 2011-2020", se establecieron una serie de medidas respecto a la rehabilitación energética de la edificación, en las que se incluyen ayudas económicas, que se están implementando en su mayoría a través de las comunidades autónomas. El plan determina un total de cinco medidas generales:

- Rehabilitación de la envolvente de los edificios existentes.
- Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones térmicas de los edificios existentes.
- Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones de iluminación interior.
- Promover la construcción de nuevos edificios y la rehabilitación de los existentes con alta calificación energética.
- Revisión de exigencias energéticas en la normativa edificatoria.

La potencialidad de la rehabilitación energética reside también en el aspecto económico. Según el informe ya citado de ADENA, la medida en la rehabilitación que mayor ahorro en la demanda consigue es el incremento del aislamiento, esto supone que con poca inversión se pueden conseguir reducciones muy elevadas en las demandas y las emisiones. Además, el coste final, se ve reducido por las subvenciones públicas antes citadas. El informe de ADENA refleja resultados muy satisfactorios respecto a las amortizaciones de la inversión según el ahorro energético conseguido, gran incentivo para los usuarios de las viviendas. El estudio se basa en diferentes propuestas de actuaciones en diferentes tipologías de viviendas, destacando que básicamente, mejorando la envolvente del edificio con diferentes medidas pasivas, se puede llegar a ahorros en la demanda energética entre un 66 y 83% y en un 55 y 70% las emisiones de CO₂.

En conclusión, la rehabilitación térmica de la edificación además de ser la intervención más representativa por conseguir las reducciones de emisiones de CO₂ y de demanda energética más elevadas, no supone una inversión desproporcionada por parte de los propietarios y recupera el sobrecoste en un tiempo asumible, sin olvidarnos del beneficio económico a largo plazo para los usuarios por la reducción del importe de sus facturas.

La medida en la rehabilitación que mayor ahorro en la demanda consigue es el incremento del aislamiento, esto supone que con poca inversión se pueden conseguir reducciones muy elevadas en las demandas y las emisiones.



00 PRÓLOGO

0.4.7.

Conclusión

La mayor parte de los impactos asociados al sector de la edificación se concentran en las etapas del ciclo de vida de extracción y producción de materiales de construcción, así como durante el uso del edificio, pueden llegar a representar el 95% de las emisiones de CO₂ computables a un edificio durante todo su ciclo de vida. Es claramente imprescindible cambiar el sistema productivo de la industria de los materiales de construcción, pero por mucho que transformemos el sistema actual las emisiones asignables a la edificación existente continuarán. Es necesario concienciarnos de la importancia de actuar sobre el parque edificado para reducir sus consumos energéticos, de otra forma continuaremos con niveles de emisiones de CO₂ demasiado elevados como para evitar los problemas ambientales que vienen augurándose.

Todavía no se ha alcanzado en la edificación el nivel óptimo que sería necesario para acabar con los impactos ambientales que supone el sector. Dado que las exigencias legales son cada vez más estrictas y que el mercado valora cada día más la sostenibilidad, parece posible el proceso transformador, es más, resulta imprescindible que cualquier actor relacionado con el sector de la construcción inicie el proceso de reconversión hacia modelos más amables con el medio ambiente.

01

CONSUMO DE ENERGÍA

1.1.	Estimación.	046
1.2.	Evolución.	050
1.3.	Propuesta de soluciones.	053
1.4.	Normativa.	054
1.5.	Certificado Energético de Edificios.	056
1.6.	Parque de viviendas en España.	058
1.7.	El confort en las viviendas.	060
1.7.1.	Térmico.	065
1.7.2.	Humedades.	068
1.7.3.	Condensaciones.	070



01 CONSUMO DE ENERGÍA

1.1.

Estimación

Se estima que el consumo de energía en las viviendas a nivel de la UE27 es del 25% del total. El 44% de este gasto corresponde al necesario para la climatización (calefacción y aire acondicionado). El 56% restante se emplea en calentar el agua sanitaria (ACS) y en el consumo eléctrico del hogar.

Es evidente que una vez conseguido en el interior del edificio un nivel de temperatura y humedad adecuado, si estos gradientes se mantienen y no se "escapan", ahorraremos gran cantidad de energía.

Según el Instituto Nacional de Estadística (INE), el parque de viviendas en nuestro país en el año 2013 era de 25.441.306 uds., por lo que el potencial de ahorro en dicho sector es muy importante.

Se calcula que mediante la aplicación de medidas de rehabilitación energética en las viviendas se pueden conseguir ahorros de más del 20% de la energía consumida correspondiente a 5 millones de toneladas de petróleo y, en consecuencia, una reducción importante de las emisiones de CO₂.

La Agencia Internacional de la Energía (AIE) pronostica que el incremento en el uso mundial de combustibles fósiles continuará aumentando y por lo tanto también las emisiones de CO₂ relacionadas. La previsión es que el aumento en relación al año 2007 sea de más del 40% a partir del año 2030.

Aun cuando la crisis financiera de los países desarrollados ha ralentizado el incremento de las emisiones, se prevé un aumento de la temperatura media mundial de más de 5° C.

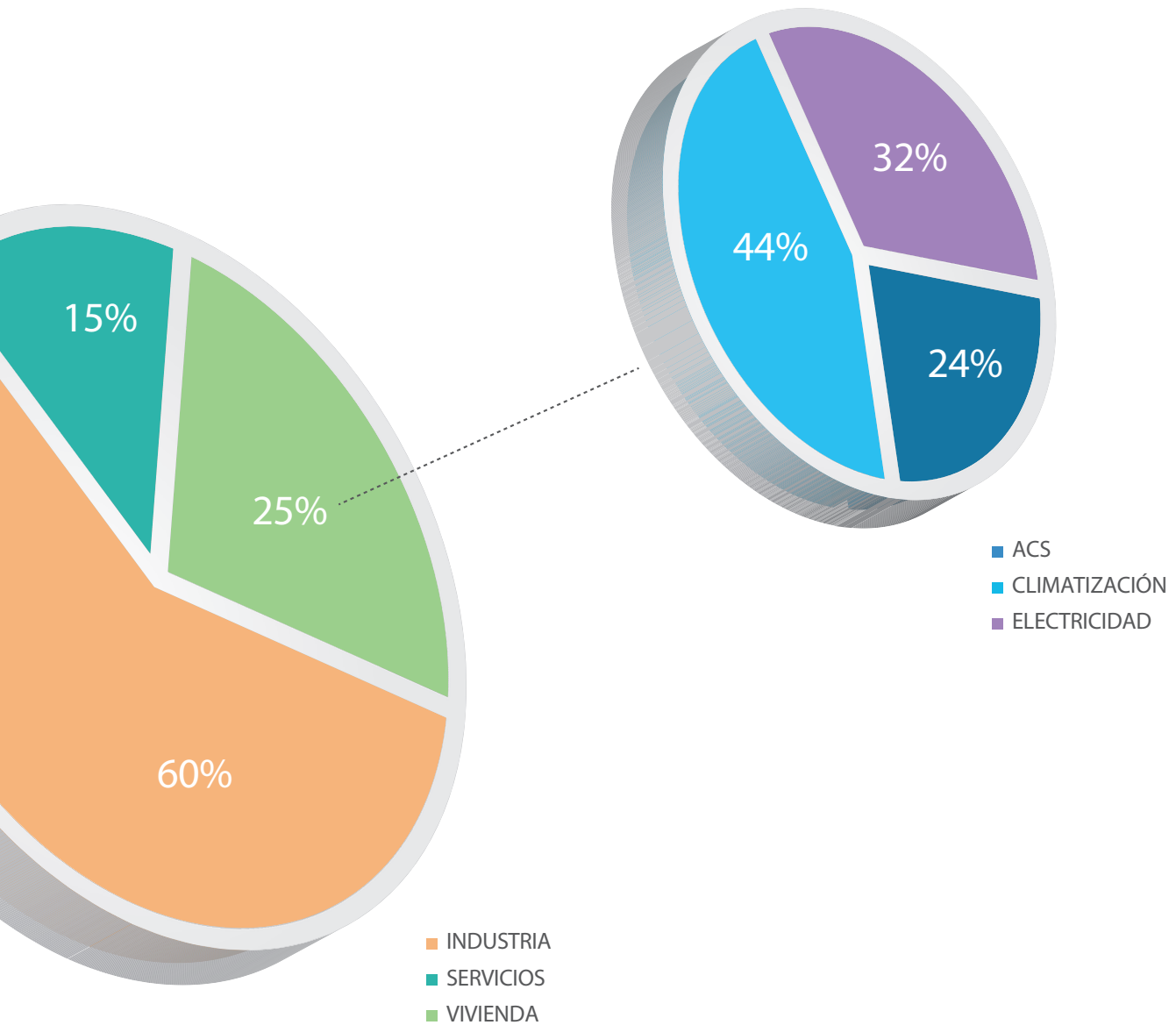
Un 87% de nuestra energía procede de fuentes de combustibles fósiles. En consecuencia, si no se remedia, se espera que antes del año 2030 las emisiones de CO₂ solo en los edificios aumenten más de un 50%. Sin embargo, en las viviendas es posible ahorrar un 75% de consumo energético.

Con independencia de los trastornos propios de este aumento de temperaturas, este incremento previsto de la demanda energética también incidirá en la atmósfera y, en consecuencia, sobre la salud pública y el medio ambiente.

Podemos mejorar la eficiencia energética de nuestras viviendas con una rehabilitación integral aprovechando al máximo la mejor tecnología disponible para lograr además una reducción considerable del gasto energético y así amortizar rápidamente la inversión.

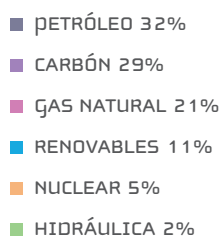


Consumo de energía 2008 en Europa:



Consumo mundial de energía primaria
2013 según AIE





Aun cuando la crisis financiera de los países desarrollados ha ralentizado el incremento de las emisiones, se prevé un aumento de la temperatura media mundial de más de 5° C.

Un 87% de nuestra energía procede de fuentes de combustibles fósiles. En consecuencia, si no se remedia, se espera que antes del año 2030 las emisiones de CO₂ solo en los edificios aumenten más de un 50%. Sin embargo, en las viviendas es posible ahorrar un 75% de consumo energético.

Con independencia de los trastornos propios de este aumento de temperaturas, este incremento previsto de la demanda energética también incidirá en la atmósfera y, en consecuencia, sobre la salud pública y el medio ambiente.

Podemos mejorar la eficiencia energética de nuestras viviendas con una rehabilitación integral aprovechando al máximo la mejor tecnología disponible para lograr además una reducción considerable del gasto energético y así amortizar rápidamente la inversión.

01 CONSUMO DE ENERGÍA

1.2.

Evolución

No hace muchos años, en la construcción de cualquier edificio no se tenía en cuenta ni el aislamiento del envolvente ni su hermeticidad. En invierno, por lo general, los sistemas de calefacción eran puntuales (estufas, hogares, braseros etc.). En las casas acomodadas existían las calefacciones centrales por agua caliente con uso incontrolado del carbón vegetal para el caldeo de la caldera. En verano, como mucho, se empleaban ventiladores con motor eléctrico y en ningún caso se tenía en cuenta la humedad del local. Es evidente que en estas condiciones existía un gran desperdicio de energía y además un alto grado de contaminación.

Con el aumento del nivel de vida de las familias españolas y el desarrollo tecnológico mundial, las nuevas construcciones empezaron a dotarse de calefacción central, e incluso de aire acondicionado. También se actuó en edificios ya construidos. En ningún caso se consideró el gasto excesivo de energía para obtener el confort deseado. No se tuvieron en cuenta ni el aislamiento térmico de cada vivienda, ni los puentes térmicos, ni las condensaciones, ni la hermeticidad en las puertas y las ventanas. Las fuentes de energía eran baratas y, de forma implícita, se creía que eran inagotables. A partir del año 1973 empezamos a preocuparnos por el precio de la energía (Crisis del petróleo) y a partir de 1997 por la escasez y los gases contaminantes de la energía combustible (Protocolo de Kyoto).

Actualmente, pocas personas desean vivir en casas mal aisladas, con corrientes de aire, pagando elevadas facturas energéticas, con moho en las esquinas y con una huella de carbono elevada.

Todo edificio nuevo o rehabilitado debe ser sostenible, pero también saludable. Los conceptos de salud, sostenibilidad y edificación están claramente unidos con el fin de proteger el medio ambiente, pero también para que las personas que debemos vivir en ellos, podamos conseguir nuestro pleno desarrollo físico, mental y psíquico.

Al hablar de edificios saludables, no se trata tan sólo de evitar construcciones que provoquen enfermedades en sus ocupantes, sino que debemos lograr edificios sanos, que promuevan nuestra salud en el sentido más amplio del término.





01 CONSUMO DE ENERGÍA

1.3.

Propuesta de soluciones

Algunos países de la UE están haciendo frente a este problema de forma activa han iniciado firmes programas de rehabilitación de edificios que presentan una baja eficiencia energética. Cuanto más eficiente sea un edificio en términos energéticos, mayor será el importe de la subvención a bajo interés.

Diversos estudios realizados por diferentes entidades y asociaciones, demuestran que una rehabilitación energética en un edificio adoptando medidas pasivas puede llegar a reducir su consumo energético en más de un 50% y, en consecuencia, en la misma línea en las emisiones de CO₂, como el estudio reflejado en la "Guía práctica de la energía para la rehabilitación de edificios" del IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía).

Según los datos extraídos del IDAE, el mayor consumo de energía dentro de un edificio corresponde a la de la calefacción. Para poder reducir este consumo energético es necesario establecer las siguientes medidas:

- Reducción al mínimo de la demanda
- Cobertura de esta energía mediante fuentes renovables primaria
- Cobertura de la demanda que queda con sistemas eficientes que minimicen los consumos de energía primaria

La citada guía del IDAE, como ejemplo de mejora del consumo energético de una serie de edificios, adoptan medidas pasivas tales como la mejora del aislamiento térmico en fachadas, cubiertas y huecos arquitectónicos. Si además se incorporan medidas activas, los ahorros energéticos y la reducción de las emisiones de CO₂ serían mayores.

Como es lógico, el ahorro de energía crece en función de la relación entre superficie afectada por la rehabilitación y la superficie total de la envolvente. Si la mejora del aislamiento se realizase únicamente en la fachada, se podría llegar a una disminución de las necesidades de calefacción de más de un 35% del consumo total del edificio.

La demanda energética anual de calefacción de una vivienda antigua y mal aislada puede llegar a los 150 kWh/m² año. Por el contrario, en una vivienda moderna y bien proyectada, el consumo anual estaría por debajo de los 50 kWh/m² año. Si consideramos medidas como las casas pasivas estaría por debajo de los 15 kWh/m² año. Por otro lado la reducción de emisiones de gases contaminantes sería de más del 40%.

El aislamiento en la envolvente, es el primer paso o actuación a realizar, es la base de la eficiencia energética, y además tiene un punto óptimo invariable, de forma que una vez realizada una actuación de rehabilitación, ésta es para toda la vida si se mantiene adecuadamente.

01 CONSUMO DE ENERGÍA

1.4.

Normativa

En España, desde 1957 las normas técnicas que regulaban el sector de la edificación eran competencia del Ministerio de la Vivienda. Esta reglamentación estaba desarrollada por la Dirección General de Arquitectura del Ministerio de Gobernación, una institución creada en 1937.

Estas reglas se transformaron en las Normas Básicas de la Edificación (NBE) en 1977, cuando el Gobierno decidió crear un marco unificado para toda la normativa relacionada con la edificación. Su aplicación era de obligado cumplimiento. A las NBE se le añadieron las Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE) que, sin ser de carácter obligatorio, completaban y servían como desarrollo operativo de las NBE.

En el año 2002, el Parlamento Europeo promulgó la DIRECTIVA 2002/91/CE relativa a la eficiencia energética de los edificios.

En este documento se indica que entre los recursos naturales se encuentran los productos petrolíferos, como el gas natural y los combustibles sólidos, que son fuentes esenciales de energía pero, que por el contrario, también son las principales fuentes de emisión de dióxido de carbono.

El fomento de la eficiencia energética constituye una parte importante del conjunto de políticas y medidas necesarias para cumplir lo dispuesto en el Protocolo de Kyoto, y debe estar presente en todas las medidas que se adopten con el fin de dar cumplimiento a los compromisos adquiridos por la UE.

En consecuencia, en España se redactó el Código Técnico de la Edificación y, entre otros, su Documento Básico de Ahorro de Energía. (CTE DB HE) entrando en vigor su obligado cumplimiento el 29 de marzo de 2006, además del Reglamento de Instalaciones Técnicas en los Edificios (RITE). Este Documento Básico (DB) tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de ahorro de energía.

El objetivo del Documento Básico Ahorro de Energía consiste en conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir, asimismo, que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

Para satisfacer este objetivo, los edificios se proyectarán, construirán, utilizarán y mantendrán de forma que se cumpla con las exigencias básicas que se establecen en la limitación de demanda energética, el rendimiento de las instalaciones térmicas, la eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, la contribución solar mínima de agua caliente sanitaria y la contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica.

El DB HE se aplicará en todos los edificios de nueva construcción y en las modificaciones, reformas o rehabilitación de edificios existentes con una superficie útil superior a 1.000 m² donde se renueve más del 25% del total de sus cerramientos.

Además, el Real Decreto 47/2007, de 19 de enero de 2007 exige tanto a los edificios de nueva construcción como a los existentes con una superficie útil superior a 1.000 m² y que sufran modificaciones o reformas o hayan sido rehabilitados en más del 25% del total de sus cerramientos, el Certificado Energético de Edificios (CEE).

En 2010 la anterior EPBD (Energy Performance of Buildings Directive) se refunde en la Directiva 2010/31/UE de eficiencia energética en edificios. En ella se introduce el marco metodológico para calcular los niveles óptimos de rentabilidad de los requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios y de sus elementos. Por otra parte se habla de edificios de consumo energético casi nulo, estableciéndose el 31 de Diciembre de 2018 y de 2020, para la aplicación del concepto a todos los nuevos edificios de propiedad y ocupados por autoridades públicas, y a todos los edificios



nuevos. Además, desarrolla el Certificado de Eficiencia Energética y establece unas inspecciones para calderas y aire acondicionado.

En Noviembre de 2012 la UE dispone la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios. Esta directiva, complementa a la de 2010 y hace hincapié en el cumplimiento, como ejemplo a tomar de los edificios públicos, además de intentar conseguir el objetivo del 20 % de ahorro de energía, dentro del Plan 20/20/20.

La Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética se establece en España a través de la Ley 8/2013 de Rehabilitación, Regeneración y Renovación Urbana, que obliga a disponer de un Informe de Evaluación de Edificios, para inmuebles con antigüedad superior a 50 años, y para los que quieran acogerse a ayudas públicas con el fin de acometer obras de conservación, accesibilidad o eficiencia energética. El informe también debe aportar información acerca del cumplimiento de la normativa vigente en accesibilidad, incluyendo la Certificación Energética de Edificios.

En Junio de 2013 se aprueba el Real Decreto 235/2013 sobre el procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios, tanto de nueva construcción, como existentes.

En Marzo de 2014, entró en vigor el nuevo DB-HE del CTE, cuyo objetivo principal es endurecer los requisitos de energía de los edificios acercándose más al concepto de edificios de consumo de energía casi nulo, y poder cumplir con la Directiva Europea de Eficiencia Energética de Edificios. Como novedad más relevante con respecto a la versión anterior, es la desaparición de los procedimientos simplificados de cálculo ya que se deberá justificar que la demanda y consumo de energía del edificio están por debajo de lo exigido en el DB HE.

El CTE sólo limita el consumo de energía en climatización, pero a nivel europeo cuando se habla de edificio de consumo casi nulo ya hace mención a todos los consumos, tanto de climatización como los eléctricos de operación.

01 CONSUMO DE ENERGÍA

1.5.

Certificado Energético de Edificios (CEE)

La Directiva 2002/91/CE de la Unión Europea condicionaba a disponer de esta certificación. En realidad obligaba a que la eficiencia energética se promoviera para todos aquellos edificios y viviendas que salgan al mercado, tanto en régimen de venta como de alquiler. Con la entrada en vigor de la directiva 2010/31/UE en el 2010, la demanda de dicha certificación se extendió a los edificios y viviendas existentes que se vayan a vender o alquilar.

En el caso de España, la directiva 2002/91/CE se traspone de forma parcial a través del Real Decreto 47/2007, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción y posteriormente, con el Real Decreto 235/2013, de 5 de abril de 2013, se aprueba el procedimiento básico para la Certificación de la Eficiencia Energética de los Edificios (CEE), ampliando su obligatoriedad a los edificios existentes a partir del 1 de junio de 2013.

El CEE es un documento obligatorio que informa sobre la eficiencia energética de los inmuebles y permite acreditar que han sido diseñados y construidos con criterios orientados a un ahorro en el consumo de energía. También valora la eficiencia térmica de los edificios en dos aspectos: por un lado, el diseño y las características constructivas de los edificios, y por otro, el rendimiento de los sistemas que satisfacen su demanda energética.

Este certificado asigna a cada inmueble una calificación energética de acuerdo con una escala de siete letras y siete colores, correspondiendo la letra A a más eficiente y la G a menos eficiente. Tiene una validez máxima de 10 años.

En el supuesto de obtener un certificado de la clase A se conseguiría un ahorro energético del 75%, lo que supone un importante ahorro en el uso del edificio además de una contribución medioambiental muy positiva.

La ley obliga a presentar una etiqueta similar a la de la figura que sirve para la promoción y publicidad dirigida al arrendamiento o venta de edificios. De este modo, los compradores o arrendatarios podrán evaluar y comparar las características de su futura vivienda.

Una vez adquirida la vivienda serán los propietarios los responsables de la actualización de la certificación, también el caso de realizarse mejoras en el edificio que afecten a su calificación energética.

Las Comunidades Autónomas establecen las condiciones para la renovación, actualización o anulación de los citados certificados. Algunas CCAA así como ciertas administraciones locales están promoviendo planes de ayuda con subvenciones y préstamos a bajo interés para la remodelación energética de viviendas antiguas.

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO TERMINADO ETIQUETA

DATOS DEL EDIFICIO

Normativa vigente: construcción / rehabilitación

Tipo de edificio: _____

Dirección: _____

Municipio: _____

Referencia/s catastral/es: _____

C.P.: _____

Il. Autónoma: _____

ESCALA DE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

	Consumo de energía kWh / m ² año	Emissiones kgCO ₂ / m ² año
A más eficiente		
B		
C		Valor
D	Valor	
E		
F		
G menos eficiente		

REGISTRO: _____

Fecha _____

Válido hasta dd/mm/aaaa

ESPAÑA

Directiva 2010 / 31 / UE



Los cálculos necesarios para el establecimiento del certificado se facilitarán por medio de los programas oficiales o reconocidos tanto para obra nueva como para edificios existentes.

La etiqueta, además de mostrar un valor en forma de letra, nos indica dos datos importantes: emisiones de CO₂, en kilogramo de CO₂/m² año, y el consumo de energía en kWh/m² año.

01 CONSUMO DE ENERGÍA

1.6.

Parque de viviendas en España

Como se ha indicado según el INE, el parque de viviendas en nuestro país en 2013 era de 25.441.306 unidades. En el cuadro adjunto, salta a la vista que el fuerte incremento anual de viviendas construidas se inicia a partir del año 2002. En años anteriores el incremento anual estaba muy por debajo de las 400.000 viviendas. Por tanto, a partir del 2002 se inicia el gran boom especulativo, partiendo de una tasa de ocupación realmente baja (1,93 habitantes por vivienda en 2001) se llega a 1,84 h/v. No es de extrañar que, según estudios recientes, en España existan aproximadamente 3,44 millones de viviendas sin ocupar en 2013, un 10,8% más que en 2001. Si restamos esta cantidad a los 25,44 millones de viviendas existentes, se obtendrá una ratio de $46.72 / (25,44 - 3,44) \text{ m} = 2.12 \text{ h h/v}$, una relación más normal si se tiene en cuenta el incremento de familias monoparentales y la proliferación de segundas residencias.

El incremento del parque de viviendas de España, a partir del 2008, sufrió un claro descenso comparado con los años precedentes. En 2013 el crecimiento, tan sólo fue de un 0,23% respecto el 2012, el menor de la última década. El 74,65% del parque de viviendas corresponde a residencias principales con un total de 18,99 millones de unidades y el parque de segundas residencias concluyó el ejercicio 2013 con un total de 6,45 millones de unidades, lo que constituye el 26,35% del total.

Suponiendo que las viviendas construidas con proyectos visados después de la entrada en vigor del Documento Básico HR del CTE de 2006 y posterior de 2013 cumplan con los requisitos normativos, existe un amplísimo parque de edificios construidos sin las exigencias actuales, es decir, antes del 2006 ya existían más de 23 millones de viviendas con poco aislamiento térmico (posterior a NBE CT 79) o sin ningún criterio de eficiencia energética (anterior a NBE CT 79). Así pues es lícito plantearse la posibilidad de incorporar algunos de los requerimientos definidos para obra nueva a las actuaciones de rehabilitación. En este sentido, tiene un papel primordial la definición de las posibles subvenciones a las iniciativas del sector privado por parte de las administraciones tanto locales como autonómicas.

Años	Incremento viviendas	Parque viviendas	Población	Habitantes/vivienda
2013	58.891	25.441.306	46.704.314	1,84
2012	133.362	25.382.415	46.818.216	1,84
2011	142.802	25.249.053	47.190.493	1,87
2010	198.125	25.106.251	47.021.031	1,87
2009	338.411	24.908.126	46.745.807	1,88
2008	534.749	24.569.715	46.063.511	1,87
2007	541.194	24.034.966	45.200.737	1,88
2006	566.390	23.493.772	44.708.964	1,90
2005	509.432	22.927.382	43.867.131	1,91
2004	491.541	22.417.950	43.025.296	1,92
2003	439.102	21.926.409	42.183.461	1,92
2002	453.548	21.487.307	41.341.626	1,92
2001	3.827.396	21.033.759	40.499.791	1,93
1991	2.480.229	17.206.363	39.433.942	2,29
1981	4.067.252	14.726.134	37.742.561	2,56
1970	2.932.482	10.658.882	33.956.047	3,19
1960	1.039.200	7.726.400	30.582.936	3,96
1950	6.687.200	6.687.200	28.117.873	4,20

Fuente: INE

01 CONSUMO DE ENERGÍA

1.7.

El confort en las viviendas

Un correcto aislamiento térmico además de reducir el efecto invernadero, contribuye a conseguir una temperatura de confort interior de 21 ° C en invierno y alrededor de los 26° C, en verano. Una correcta hermeticidad a las fugas de calor y al aire húmedo sin concesiones a los puentes térmicos nos proporcionará un gran confort, necesario no tan solo para nuestro bienestar sino también para nuestra salud. Pasamos buena parte de nuestra existencia en el interior de los edificios, por lo que es esencial que en ellos estemos agradablemente cómodos. Vivir en condiciones de temperatura inadecuada con humedad y corrientes de aire reduce la calidad de vida de las personas.

La ausencia de un aislamiento adecuado, una construcción no hermética y una ventilación deficiente permite que el aire húmedo y templado se condense en las superficies frías mal aisladas. En estos casos, pueden formarse hongos, lo que incrementa el riesgo de problemas de salud.

En el proyecto de edificios nuevos y también en los diseños de rehabilitación, las superficies de las habitaciones deben estar bien aisladas, de tal forma que la diferencia de temperatura entre el aire interior y la pared, el techo o el suelo (envolvente interna) se mantenga por debajo de los 3°C.

En la mayoría de las viviendas sin ventilación automática, se tendrán que abrir las ventanas durante periodos breves varias veces al día. Con ello se consigue renovar el aire adecuadamente. Durante el invierno, con los radiadores apagados pueden bastar 30 minutos para que se renueve por completo el aire sin que se produzca una gran pérdida de calor.

En la mayoría de las viviendas sin ventilación automática, se tendrá que ventilar la casa abriendo las ventanas. En numerosas literaturas se habla de un periodo de 5-10 minutos, el propio CTE considera 1h al amanecer, entre las 7 y las 8h.

Una ventilación puntual no implica un gran efecto en el consumo de energía del edificio, ya que la inercia de la estructura y particiones es la que consume dicha energía de climatización, de forma que si se ventila, pero tengo la envolvente y los puentes térmicos aislados, enseguida se recupera el calor del aire.

DB HS 3 del CTE establece unos parámetros mínimos de obligado cumplimiento:

Caudal de ventilación mínimo exigido q_v en l/s

	Por ocupante	Por m ² útil	En función de otros parámetros
Dormitorios	5		
Salas de estar y comedores	3		
Aseos y cuartos de baño con calderas no estancas			15 por local
Cocinas con calderas no estancas		2	50 por local*
Trasteros y sus zonas comunes		0,7	
Aparcamientos y garajes			120 por plaza
Almacenes de residuos		10	

*Este es el caudal correspondiente a la ventilación adicional específica de la cocina

Un edificio mal orientado necesitará mucha mas energía que otro similar bien orientado. En las regiones de clima frío, las estancias mayores y más acristaladas deben situarse cara al sur. Las habitaciones más pequeñas y de menos uso se situarán con sus ventanas cara al norte. En zonas calurosas se diseñará la orientación a la inversa. Por lo general la superficie acristalada así como su ubicación, deberá adaptarse a cada clima.



Incidencia del sol según algunas orientaciones. Edificio ubicado en España:

Sur	El sol incide todo el día, salvo en verano que lo hace en las horas centrales.
Este	El sol incide por la mañana hasta el mediodía.
Sureste	El sol incide por la mañana hasta el mediodía, salvo en invierno que lo hace todo el día.
Suroeste	El sol incide a partir del mediodía, salvo en invierno que lo hace todo el día.
Oeste	El sol incide a partir del mediodía.
Norte	El sol incide en verano a primera hora de la mañana y última hora de la tarde.

Existen soluciones olvidadas antiguas y útiles dado que en aquella época se disponía de poca energía. Actualmente tendremos que recuperarlas para no malgastarla, por ejemplo instalando toldos y persianas exteriores en las habitaciones más expuestas al sol. El color del exterior es otro de los aspectos que hay que tener en cuenta para evitar o aumentar la ganancia de calor. En las viviendas se procurará que los paramentos expuestos sean de colores claros. Todos conocemos el encalado de las fachadas en el sur de España. Si por el contrario, queremos atraer el calor a nuestros edificios, será muy rentable diseñar las superficies exteriores de color oscuro tal como ocurre en el norte de España con sus tejados realizados con pizarra.



También es recomendable, en la calle o en las zonas ajardinadas próximas, plantar árboles de hoja caduca, que ofrecen un excelente grado de protección del sol en verano pero también permiten que el sol caliente la casa en invierno.



"Un buen proyecto de aislamiento comporta un riesgo más bajo de asimetría de la temperatura y una pequeña diferencia de sensación de calor de aire vertical, entre la cabeza y los pies."



01 CONSUMO DE ENERGÍA

1.7.1.

Térmico

Antes de la actuación, aun estando la calefacción de la habitación a 23°C, no se alcanza la temperatura ambiente de confort. Cuanto más aislada esté la vivienda, más se acercará la temperatura ambiente a la de la calefacción. La percepción de la temperatura ambiente debe estar alrededor de los 20°C en invierno y en verano alrededor de los 25°C, no obstante es conveniente evitar contrastes de temperatura con el exterior de más de 12°C por un tema de salud. Esta temperatura será la media ponderada de las temperaturas de las superficies envolventes. En los edificios bien aislados no existen grandes diferencias entre estas temperaturas, como máximo 3°C.

Un buen proyecto de aislamiento comporta un riesgo más bajo de asimetría de la temperatura y una pequeña diferencia de sensación de calor de aire vertical entre la cabeza y los pies, de no más de 3°C.

Las ventanas antiguas son, por lo general, las partes más vulnerables a la pérdida de calor. Cambiarlas por otras de doble vidrio con carpinterías herméticas es una muy buena medida.

En síntesis, la actuación en rehabilitación de viejos edificios se centrará en:

- Sustitución de las ventanas.
- Aislamiento térmico adicional en los muros.
- Mejora de la estanqueidad en las carpinterías exteriores del edificio
- Instalación de aireadores automáticos con recuperación de calor.

En la rehabilitación energética del ejemplo siguiente, se consigue, con la misma calefacción, una temperatura de 19,3°C (temperatura ambiente de confort suficiente).

1

TECHOS



$U=1,2 \text{ Wm}^2\text{K}$

15°C

4

MUROS



$U=1,2 \text{ Wm}^2\text{K}$

15°C

2

VENTANAS



$U=5 \text{ Wm}^2\text{K}$

8,5°C

3

SUELOS



$U=1,2 \text{ Wm}^2\text{K}$

15°C



1

TECHOS

 $U=0,15 \text{ Wm}^2\text{K}$
19,3°C


4

MUROS

 $U=0,15 \text{ Wm}^2\text{K}$
19,3°C

2

VENTANAS

 $U=0,8 \text{ Wm}^2\text{K}$
16,5°C


5

HABITACIÓN

 Temperatura media:
19,3°C

3

SUELOS

 $U=0,15 \text{ Wm}^2\text{K}$
19,3°C

01 CONSUMO DE ENERGÍA

1.7.

Humedades

La detección de manchas de humedad en las paredes de la vivienda es un grave problema ya que, posiblemente, la mancha no la produce el agua sino el moho.

Las esporas del moho se encuentran en el aire, en el agua o en superficies sólidas. Son probadamente resistentes a los fungicidas, pudiendo desarrollarse también de forma oculta.

El moho se produce por gran cantidad de esporas y por la humedad. Esta humedad se origina habitualmente de forma natural: los vapores producidos al cocinar, al bañarse o ducharse, al respirar, etc. También por la combustión de gas butano doméstico. Si este vapor no es convenientemente evacuado y la vivienda no está suficientemente aislada, puede producir una condensación en los rincones fríos de las habitaciones, alrededor de las ventanas en los encuentros de solados con muros, entre los muros exteriores y los tabiques de distribución y, en general, en cualquier puente térmico.

Los brotes de moho, o colonias, aparecen en superficies húmedas en un período de 24 a 48 horas. Se reproducen por esporas ("semillas" diminutas y livianas) que viajan por el aire. El moho se alimenta de material orgánico, lo destruye y, acto seguido, se propaga al material orgánico adyacente para destruirlo también.

Además de los daños a la vivienda, el moho también ocasiona graves problemas de salud. Cuando tenemos fuerte presencia de esporas de moho en el aire, nos encontramos con reacciones alérgicas, episodios de asma, infecciones y otros problemas respiratorios para las personas, especialmente niños, ancianos y mujeres embarazadas.

Otro aspecto a tener en cuenta es la durabilidad del edificio, el moho deteriora materiales, aislantes, juntas, acabados, de forma que la vida útil de un edificio se puede reducir considerablemente, llevando a cabo más periodos de mantenimiento y actuaciones sobre el edificio, lo que representa unos costos elevados para los propietarios.

Todos estos problemas se pueden evitar con un correcto aislamiento aislamiento de la envolvente. Normalmente en las casas modernas todos los cerramientos exteriores se realizan con doble hoja y cámara de aire intermedia. En estos casos, si a pesar de la aplicación de esta buena práctica aún se producen humedades, la solución será trasdosar por el interior de la vivienda una PYL Knauf STD+AL con barrera de vapor en su cara caliente.

Si el muro de fachada del edificio no dispone de cámara de aire, una muy buena solución es instalar por el exterior un aislamiento continuo o incluso ejecutar una fachada ventilada, como el sistema Knauf Aquapanel. Con ello se eliminarán todos los posibles puentes térmicos causantes de buena parte de las humedades.

Además de los daños a la vivienda, el moho también ocasiona graves problemas de salud.





01 CONSUMO DE ENERGÍA

1.7.3

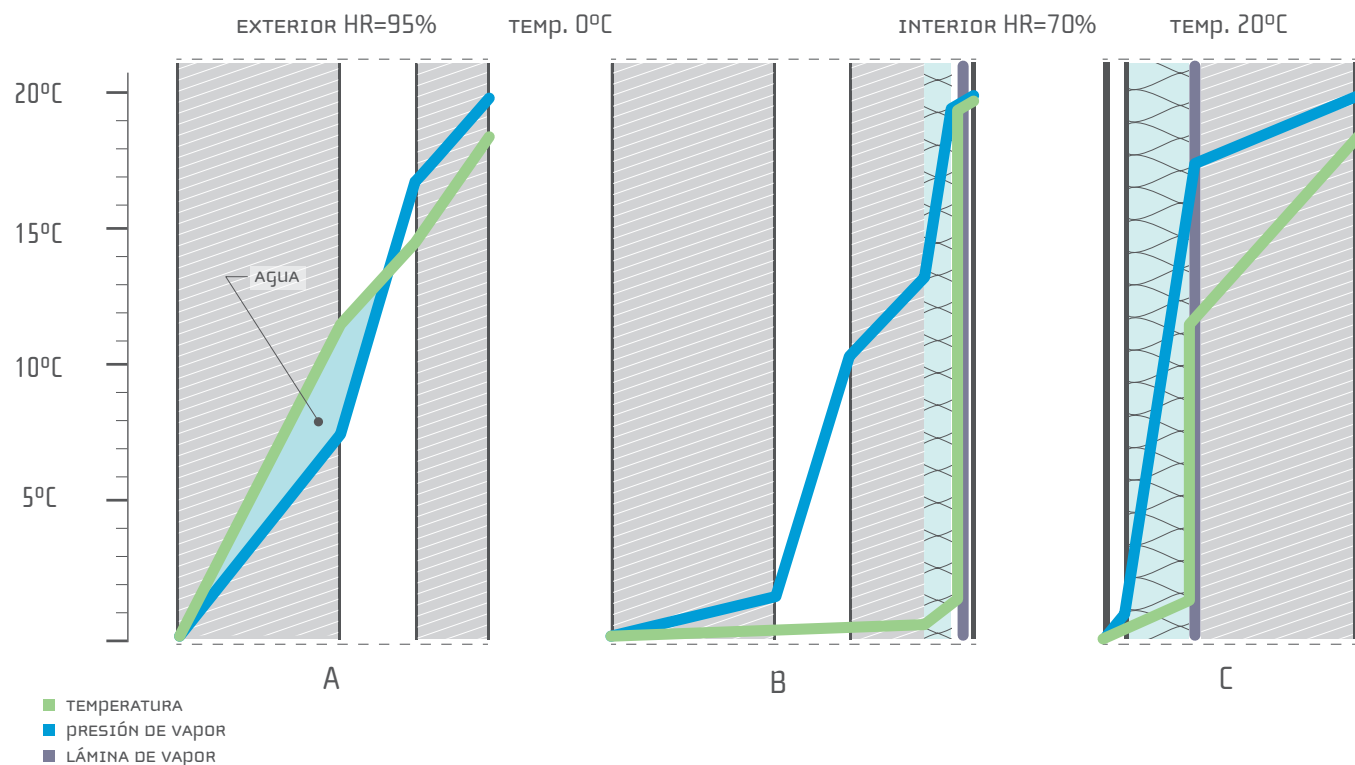
Condensaciones

Las condensaciones interiores o intersticiales se pueden producir en los cerramientos de fachadas exteriores cuando en su construcción no se ha previsto la posibilidad de la coincidencia de bajas temperaturas exteriores con humedades relativas altas, tanto en el exterior como en el interior.

En ciertas regiones estas circunstancias se producen en contadas ocasiones, en otras regiones la posibilidad es más alta. En cualquier caso la condensación del vapor de agua produce graves daños en las viviendas en donde se produce al mermarse de forma significativa sus prestaciones térmicas. El DB-HE/2 indica que el procedimiento para la comprobación de la formación de condensaciones intersticiales se basa en la comparación entre la presión de vapor y la presión de vapor de saturación que existe en cada punto intermedio de un cerramiento formado por diferentes capas, para las condiciones interiores y exteriores correspondientes al mes de enero. También indica que estarán exentos de la comprobación aquellos cerramientos que dispongan de barrera contra el paso de vapor de agua en la parte caliente del cerramiento. Además define el método de cálculo y se exponen las tablas de humedades relativas y temperaturas por capitales de provincia y mes. El mismo documento indica que, en ausencia de datos más precisos, se tomará una temperatura del ambiente interior igual a 20°C para todos los meses del año y una humedad relativa máxima del 70%.

En los siguientes gráficos se representan las curvas de caídas de temperatura en relación a los valores de las presiones de vapor en cada capa de un cerramiento compuesto por:

Curvas de caída de temperatura



Situación A

Muro exterior de ladrillo perforado 1/2 pie cámara no ventilada sin aislamiento y segunda hoja de ladrillo hueco de 50 mm. Se aprecia donde se produce la condensación de agua.

Situación B

Sobre la situación A, se ha trasdosado mediante el sistema Knauf W631.es con Polyplac EPS con barrera de vapor de aluminio. Se evalúa que no se produce condensación.

Situación C

Es el caso de un muro de fachada sin cámara. En este caso se ha optado por estudiar la solución de un sistema Knauf Aquapanel® WL.es. Esta solución además de evitar la condensación tiene la ventaja de eliminar todos los puentes térmicos como por ejemplo los cantos de los forjados y pilares en fachada.

Con independencia de las soluciones genéricas estudiadas, en función del edificio a rehabilitar existen soluciones idóneas estudiadas en profundidad en el capítulo "8.1 Soluciones Knauf en fachadas" de este trabajo.



02

AHORRO DE ENERGÍA

2.1. Ahorro de energía.

074



02 AHORRO DE ENERGÍA

2.1.

CTE HE ahorro de energía

La normativa actual servirá también como base para aplicarla a la rehabilitación de edificios, según se establece en el ámbito de aplicación del documento DB-HE 1.

El citado código de obligado cumplimiento contempla los siguientes capítulos:

- HE 0 Limitación del consumo energético
- HE 1 Limitación de la demanda energética
- HE 2 Rendimiento de las instalaciones térmicas
- HE 3 Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación
- HE 4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria
- HE 5 Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica

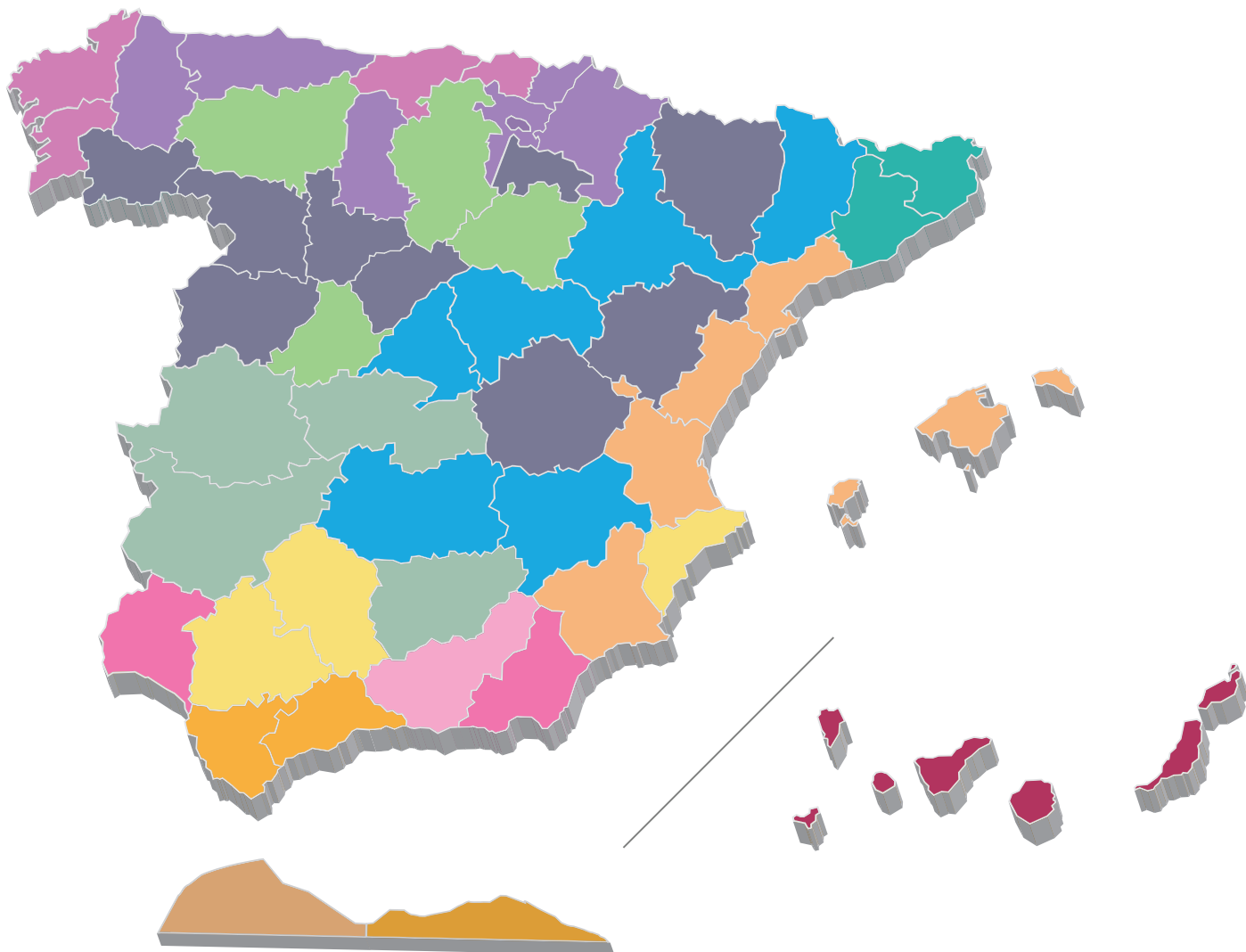
Este trabajo, por motivos obvios, se centrará en el primero de ellos (HE 1 Limitación de la demanda energética).

Para iniciar un proyecto de un edificio lo primero es determinar la zona climática donde se ubicará el futuro inmueble o el lugar donde se halle el edificio candidato a ser rehabilitado.

La zona climática de cualquier localidad en la que se ubiquen los edificios, obtiene su tabulación en el DB HE en función de su capital de provincia y su altitud respecto al nivel del mar. Para cada provincia, se tomará el clima correspondiente a la condición con la menor cota de comparación.

Estas zonas climáticas se identifican mediante una letra y un número correspondiente a la severidad climática, que se define como el cociente entre la demanda energética de un edificio en una localidad y la correspondiente al mismo edificio en una localidad de referencia. En el CTE DB HE se ha tomado Madrid como localidad de referencia, siendo, por tanto, su severidad climática la unidad. Se define una severidad climática de verano identificada con un número (1, 2, 3 y 4) y otra de invierno identificada con una letra (α , A, B, C, D, E).

Combinando las 6 divisiones de invierno con las 4 de verano se obtendrían 24 zonas distintas, de las cuales se han retenido únicamente las 13 en las que se ubican las localidades españolas.



- Para las zonas A1 y A2 se considerarán, a todos los efectos, las mismas exigencias correspondientes a la zona climática A3.
- Para las zonas B1 y B2 se considerarán, a todos los efectos, las mismas exigencias correspondientes a la zona climática B3.
- Para las zonas E2, E3, E4 se considerarán, a todos los efectos, las mismas exigencias correspondientes a la zona climática E1.
- La zona α corresponde a las Islas Canarias.

SCV	A4	B4	C4	E1		
	A3	B3	C3			D3
			C2			D2
			C1			D1
SCI						

En el mismo Documento Básico HE del CTE se indican las fórmulas para la obtención de los parámetros que posteriormente nos servirán para el diseño de las transmitancias máximas de los elementos constructivos.

Los cálculos necesarios para el establecimiento del certificado se facilitaran realizándolos por medio de programas reconocidos por el ministerio.

Siguiendo las pautas apuntadas se podrán conseguir edificios eficientes desde el punto de vista energético. La fabricación y puesta en obra de los productos constructivos utilizados influyen en la explotación del propio edificio, tanto en la energía empleada para su fabricación como posteriormente en la influencia en el ahorro energético durante el uso y mantenimiento del edificio.

En cuanto al uso, el CTE diferencia entre edificios de uso residencial privado y edificios de otros usos. En ambas tipologías se establece un límite en la demanda energética.

Para uso residencial privado

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

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

donde,

$D_{cal,lim}$ es el valor límite de la *demanda energética* de calefacción, expresada en kW·h/m²·año, considerada la superficie útil de los *espacios habitables*;

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

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

S es la superficie útil de los *espacios habitables* del edificio, en m².

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

	ZONA CLIMÁTICA DE INVIERNO					
	α	A	B	C	D	E
D cal,base (kW·h/m²·año)	15	15	15	20	27	40
F cal,sup	0	0	0	1000	2000	3000

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

En edificios de otros usos

Para esta tipología de edificio, la exigencia depende de un edificio de referencia. Se exige un porcentaje de ahorro de la demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración, respecto al edificio de referencia del edificio o la parte ampliada, en su caso, debe ser igual o superior al establecido en la tabla 2.2.

Tabla 2.2 Porcentaje de ahorro mínimo de la demanda energética conjunta respecto al edificio de referencia para edificios de otros usos, en %

ZONA CLIMÁTICA DE VERANO	CARGA DE LAS FUENTES INTERNAS			
	BAJA	MEDIA	ALTA	MUY ALTA
1,2	25%	25%	25%	10%
3,4	25%	20%	15%	0%*

*No debe superar la demanda límite del edificio de referencia.

Por otro lado, los edificios que sean asimilables al uso residencial privado, debido a su uso continuado y baja carga de las fuentes internas, pueden justificar la limitación de la demanda energética mediante los criterios aplicables al uso residencial.

Además, el CTE DB HE1 establece unos límites en transmitancias térmicas para evitar descompensaciones que se explican en el capítulo 7.4.



03

LA CASA PASIVA

3.1. La casa pasiva.

080



03 LA CASA PASIVA

3.1.

La casa pasiva

La denominación de Casa Pasiva proviene del termino "Passive Solar Energy Book" estudio publicado en Estados Unidos en 1979. En él se detallaban experiencias constructivas en viviendas con el máximo aprovechamiento de los recursos climáticos naturales y en consecuencia con un mínimo gasto de energía. Asimismo, en la década de los 80, el Departamento de Energía de EE.UU. realizó un estudio para que los arquitectos estadounidenses asumieran este tipo de técnicas.

El término casa pasiva se ha ido popularizando como una meta a alcanzar en la rehabilitación así como en la construcción de nuevos edificios.

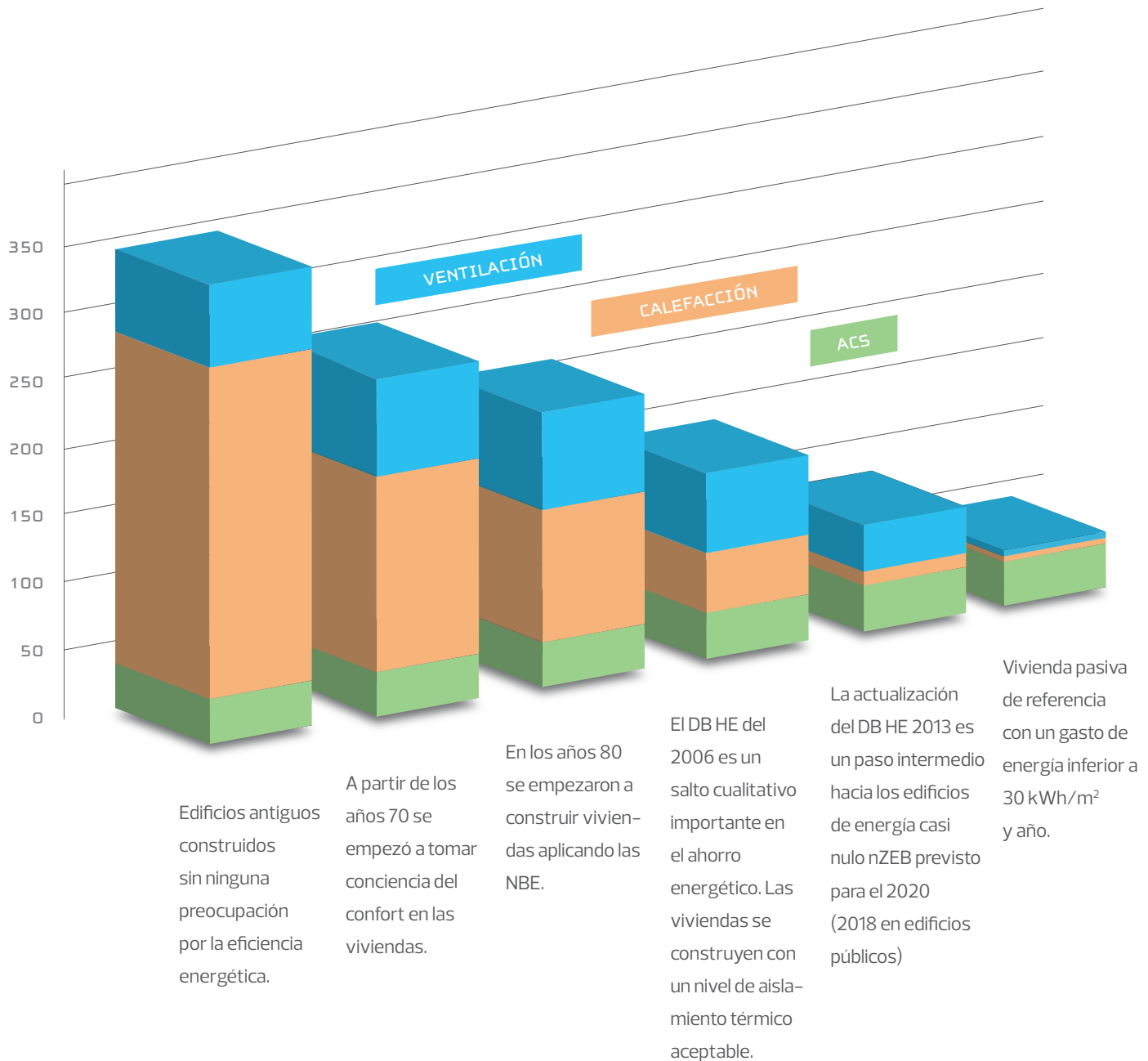
En las casas pasivas la tendencia es llegar a reducir el consumo de combustibles fósiles a casi cero y por lo tanto a mermar al máximo la producción de CO_2 . En las viviendas pasivas se usaría solamente la electricidad, produciéndose solamente emisiones de CO_2 en plantas genéricas productoras de energía.

Las paredes, techos y suelos deberán estar altamente aislados. Las ventanas de las casas pasivas tendrán como mínimo doble acristalamiento. Con el fin de reducir la pérdida de aire caliente y la entrada de aire frío, el edificio se debe construir tan hermético como sea posible. Esta hermeticidad se consigue cuando el edificio no pierde más de 0,6 veces su volumen de aire por hora bajo una diferencia de presión entre el interior y el exterior de 50 pa, es decir 0,6 renovaciones/h n^{50}

Los criterios básicos para el estándar de una casa pasiva serán, además de un muy buen aislamiento térmico, evitar los puentes térmicos que lo degraden. Las ventanas, además de favorecer las ganancias solares en invierno, tendrán que ser perfectamente estancas. Será también de vital importancia la ventilación mecánica del edificio, de tal manera que cada hora se renueve aproximadamente un tercio del volumen de aire sin que por ello se merme el confort total.

Como ejemplo a seguir, diremos que en Alemania durante los últimos años se ha producido un creciente interés en la construcción de casas pasivas. Una vez construidas se ha demostrado que la demanda anual del edificio en la zona acondicionada para calefacción ha sido inferior a 15 kWh/m^2 cada año. Siendo el consumo de estas casas pasivas un 85 % menor en calefacción que las viviendas construidas siguiendo la vigente normativa alemana de edificación.

Consumo de energía en kWh/m² año





04

POBREZA ENERGÉTICA

- 4.1. Un derecho no asequible para todos. 084
- 4.2. Afrontar la pobreza energética. 087

04 POBREZA ENERGÉTICA

4.1.

Un derecho no asequible para todos

Se puede considerar que la pobreza energética es la incapacidad de cubrir los gastos de la energía que se utiliza en el hogar, que tiene como consecuencia una falta de confort térmico, sin poder llegar a mantener la vivienda en unas condiciones de climatización adecuadas para la salud (18 a 21°C en invierno y 25°C en verano, según la Organización Mundial de la Salud).

La combinación entre energía cara, bajos ingresos familiares, y viviendas energéticamente ineficientes, da un resultado un tanto alarmante: una importante cantidad de hogares vulnerables no pueden mantener unas condiciones básicas de calidad de vida.

Se sabe que en los países pobres hay un problema de acceso a la energía (fuentes de energía modernas como la electricidad o el gas) y eso conlleva situaciones de salud graves, mientras que en los países desarrollados el acceso a la energía es viable, pero inaccesible por la falta de recursos en los hogares.

Las consecuencias de este fenómeno son varias, desde la salud física y mental de las personas, sobre todo en la población más vulnerable (niños y ancianos), endeudamiento, desconexión de suministro, falta de mantenimiento de los edificios...

Brenda Boardman fue la creadora del concepto de pobreza energética y lo definió de la siguiente manera:

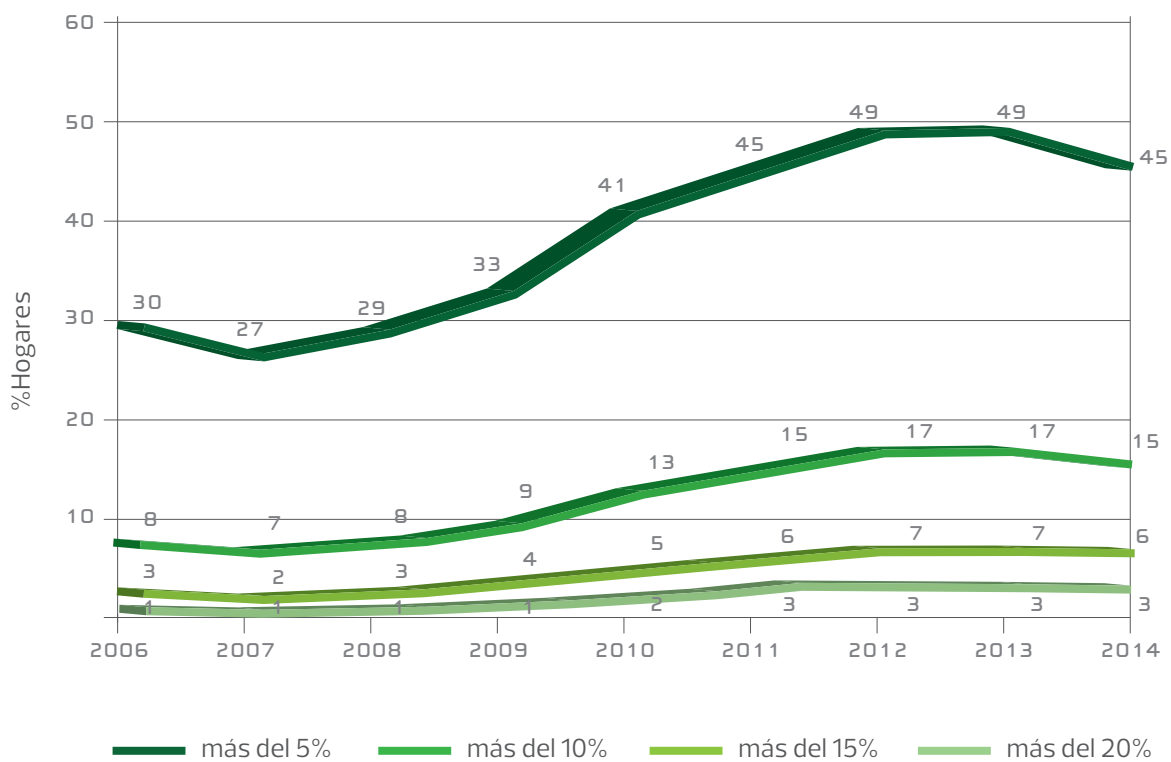
"incapacidad para un hogar de obtener una cantidad adecuada de servicios de la energía por el 10% de la renta disponible"

La Asociación de Ciencias Ambientales (ACA), ha realizado una serie de estudios en España sobre la pobreza energética, mostrando una alarmante subida de hogares en estos últimos años. Del estudio se derivan los siguientes datos:

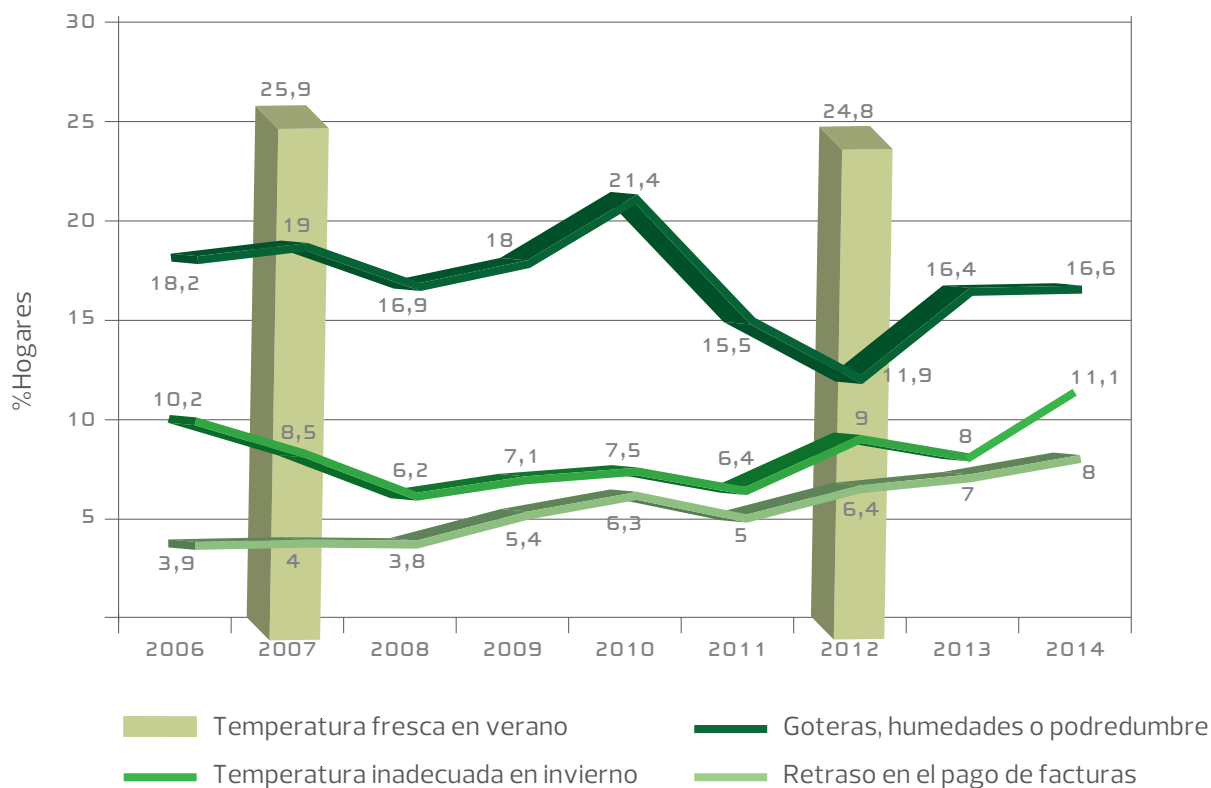
- Uno de cada tres hogares en paro sufre pobreza energética
- Murcia, Extremadura, Andalucía, Cataluña y Castilla-La Mancha son las comunidades más vulnerables a la pobreza energética y las que menos son Asturias, País Vasco y Madrid
- La pobreza energética causa más de 7.000 muertes prematuras al año
- España es el 4º país de la UE con más hogares incapaces de mantener una temperatura adecuada
- Todos los indicadores analizados muestran un incremento de la vulnerabilidad energética en los hogares españoles

En el último estudio realizado, que analiza la situación en 2014, se indica que el número de hogares que gastan más de un 10% de sus ingresos en el pago de las facturas de energía doméstica alcanza el 15%, lo que representa a más de 6 millones de ciudadanos. Por otro lado, el número de personas incapaces de mantener su hogar en unos mínimos confortables y saludables ha aumentado un 80 % desde 2008 a 2012, así que el 11% de los hogares (unos 5 millones de personas) se declara incapaz de mantener su vivienda a una temperatura adecuada durante los meses fríos del año.

Porcentaje de hogares que gastan más del 5%, 10%, 15% o 20% de sus ingresos.



Porcentaje de hogares según los indicadores especificados.



Vivir en una vivienda con una temperatura inadecuada puede incidir en la salud de distintas maneras:

- Problemas para ganar peso, mayores tasas de admisiones hospitalarias y mayor incidencia y severidad de síntomas asmáticos en niños y bebés
- Efectos sobre la salud mental de adolescentes (ansiedad, depresión)
- Causando gripe y resfriado y empeora la situación de personas con artritis y reumatismo (complica patologías existentes)
- Incrementando el riesgo de muerte prematura por enfermedades cardiovasculares y respiratorias

*La falta de recursos para encender la calefacción en invierno podría estar provocando **la muerte prematura de hasta 10.000 personas al año en España**, una cifra similar a la de otros países europeos como Alemania o Polonia*

04 POBREZA ENERGÉTICA

4.2.

Afrontar la pobreza energética

El estudio realizado por la ACA, ofrece una serie de recomendaciones y propone la definición de una estrategia nacional para prevenir y mitigar la pobreza energética implicando a la Administración General del Estado.

Dentro de la estrategia planteada, se insta a poner en marcha un plan de rehabilitación energética que contemple la pobreza energética en el diseño y en las vías de financiación.

- Aprovechar Artículo 4, Directiva 27/2012 (estrategia estatal que movilice inversiones para la renovación + obligaciones de eficiencia energética con fines sociales)
- Fondos europeos 2014–2020 “economía baja en carbono”
- Consideración de informes de referencia como los del GTR (“Informe GTR 2014 Estrategia para la Rehabilitación. Claves para transformar el sector de la edificación en España”)

Además en dicha estrategia se ha de tener en cuenta:

- Cuál debe ser la Intensidad de la rehabilitación (inversión necesaria, ahorros de energía...)
- Cuál es la población más vulnerable (quién debe beneficiarse primero)
- Cómo financiar la inversión. Diseño de mecanismos válidos

Otras propuestas serían:

- Actuar en el ámbito de los cortes de suministro con cambios legislativos y fondos de ayuda
- Promover el acceso al bono social o ayudas a la rehabilitación
- Reformular el bono social para adaptarlo a la realidad de los consumidores vulnerables
- Mejorar la transferencia y uso de información relevante para una mejor toma de decisiones, incluyendo la recogida de estadísticas oficiales



05

CALIDAD DEL AIRE INTERIOR

- 5.1. Calidad del aire.
- 5.2. Edificios sostenibles y saludables
 - 5.2.1. Contaminantes químicos.
 - 5.2.2. Contaminantes biológicos.

090

092

093

095

05 CALIDAD DEL AIRE INTERIOR

5.1.

Calidad del aire

Los problemas de la calidad de aire debido a la contaminación atmosférica provocan alrededor de 7 millones de muertes en todo el mundo, según un estudio realizado por la OMS con datos de 2012. Esto confirma la importancia del riesgo ambiental para la salud. En el estudio no solo se habla de la contaminación del aire en el exterior, algo muy cotidiano, sino también del aire que se respira en el interior los edificios.

Se estima que 4,3 millones de muertes son debidas a la mala calidad del aire interior, y alrededor de 3,7 millones de muertes a la contaminación urbana. Muchas de estas muertes son debidas a la interacción entre la contaminación del aire interior y exterior.

Las estimaciones de la OMS indican que la principal causa de muerte vinculada a la contaminación atmosférica se debe a enfermedades cardiovasculares:

MUERTE POR CONTAMINACIÓN AIRE EXTERIOR	MUERTE POR CONTAMINACIÓN AIRE INTERIOR
40% cardiopatía isquémica	34% accidente cerebrovascular
40% accidente cerebrovascular	26% cardiopatía isquémica
11% neumopatía obstructiva crónica	22% neumopatía obstructiva crónica
6% cáncer de pulmón	12% infección aguda de las vías respiratorias inferiores en los niños
3% infección aguda de las vías respiratorias inferiores en los niños	6% cáncer de pulmón

Las políticas que se establecen en sectores como el transporte, el ámbito de la energía, o la gestión de residuos, afectan a la calidad del aire exterior. Una buena gestión puede incidir de una manera positiva en los gastos en la salud ciudadana y los relativos al impacto ambiental.

Las muertes por contaminación del aire interior son atribuibles al uso doméstico de combustibles, en general poco eficientes, y que se concentran mayoritariamente en regiones pobres, como el carbón, la madera y biomasa, debido a una mala evacuación exterior y a la mala combustión...

Existen unas directrices establecidas por la OMS donde se muestran umbrales y límites de contaminantes atmosféricos. Se basan en la evaluación de las pruebas científicas actuales concernientes a:

- material particulado ($PM_{2,5}$ y PM_{10})
- ozono (O_3)
- dióxido de nitrógeno (NO_2) y
- dióxido de azufre (SO_2), en todas las regiones de la OMS

Un ejemplo es el efecto en la salud de la reducción de los contaminantes PM_{10} de 70 a $20 \mu g/m^3$, que podría suponer una reducción del 15% el número de muertes relacionadas con la contaminación del aire.

05 CALIDAD DEL AIRE INTERIOR

5.2.

Edificios sostenibles y saludables

En el apartado anterior ya se ha visto la importancia que tiene la calidad del aire interior de los edificios en la salud de las personas. Según la Agencia Europea del Medio Ambiente, podemos llegar a pasar hasta el 90% del tiempo en sitios cerrados.

Un edificio sostenible tiene en cuenta multitud de criterios que lo hacen respetuoso con el medio ambiente, pero además debe considerar la salud y confort de los usuarios, que se podría definir como la calidad ambiental, y que engloba el confort térmico, el lumínico, el acústico y la calidad del aire interior del edificio.

En este capítulo, se tratará de una forma genérica los contaminantes químicos y biológicos que influyen en la calidad del aire interior.

05 CALIDAD DEL AIRE INTERIOR

5.2.1.

Contaminantes químicos

El aire en espacios cerrados se puede contaminar de muchas formas. A menudo, las mismas personas son las culpables de ello. Además de los olores desagradables de los lavabos, las salas para fumadores y el humo de las cocinas o bien de la comida, puede haber contaminantes químicos en suspensión en el aire que respiramos.

Uno de los contaminantes químicos más habitual en el aire interior son los compuestos volátiles orgánicos (COV). Se trata de sustancias químicas orgánicas que contienen carbono y se evaporan a una temperatura y presión ambiental, produciendo gases, que posteriormente reaccionan con otros elementos para producir ozono, el cual causa contaminación del aire y al inhalarlo o entrar en contacto con él pueden crear problemas de salud.

PROCEDENCIA		ORIGEN	CONTAMINANTE
AMBIENTE EXTERIOR	Ubicación del edificio	Combustible, Tráfico	CO, CO ₂ , NO ₂ , SO ₂
		Actividad industrial	NO ₂ , SO ₂ , COVs
		Vertederos	Radón, olores, bacterias...
		Vehículos, Industria, humos...	Partículas MP10 y MP2,5
PROPIO EDIFICIO	Máquinas	Fotocopiadora, impresoras...	Ozono O ₃
	Materiales de construcción	Colas, barnices, algunas pinturas...	COVs como aldehidos (p.e. formaldehído)
	Uso doméstico	Lacas, perfumes, tejidos, productos limpieza...	COVs como aldehidos (p.e. formaldehído)

Esquema Fuentes de contaminación del aire interior

Una de las fuentes importante que contaminan el aire interior son los materiales de construcción que se utilizan en las obras nuevas o de rehabilitación, en forma de COV (Compuestos Orgánicos Volátiles), que pueden tener mayores concentraciones debido a una falta de ventilación en los edificios. En este sentido se deben armonizar, por un lado, las diferentes directivas europeas para reducir la demanda energética en los edificios, y por otro el entorno donde permanecemos más del 80% de nuestro tiempo y que debería ser lo más saludable y confortable posible.

Hace unos años, se prestaba más atención a la calidad del aire exterior que a la del aire interior, regulando las emisiones de la industria y del transporte, pero actualmente la contaminación del aire interior ya se empieza a regular en varios países. Incluso algunos estándares de certificación de edificios sostenibles– como LEED, BREEAM, VERDE o HQE– hacen hincapié en ese sentido, para beneficio de los usuarios de esos edificios.

Con el propósito de identificar los materiales de construcción en función de sus emisiones de COV, existen diversos sellos, etiquetas y certificaciones voluntarias. Esta identificación de los materiales ya es de obligado cumplimiento en países como Francia, Bélgica y Alemania. Por otro lado existe un proyecto de norma europea para poder armonizar las diferentes metodologías de ensayo.



05 CALIDAD DEL AIRE INTERIOR

5.2.2.

Contaminantes biológicos

El aire que respiramos, aparte de los contaminantes químicos, también puede contener contaminantes biológicos. Estos contaminantes pueden proceder de los sistemas de climatización, ventilación y aire acondicionado cuando existe una falta de mantenimiento de las instalaciones.

La proliferación de los contaminantes biológicos depende de las condiciones ambientales, como la temperatura, la humedad relativa, la luz y la renovación de aire. Una temperatura baja y un ambiente húmedo pueden favorecer el crecimiento de microorganismos como el moho, en cambio una temperatura elevada puede favorecer otros como la *Legionella pneumophila*.

En general, estos organismos necesitan nutrientes para vivir y proliferar, como la materia orgánica. Los materiales de construcción pueden servir como sustrato para los microorganismos.



06

PROTECCIÓN AL FUEGO Y AISLAMIENTO ACÚSTICO

- 6.1. Protección al fuego.
- 6.2. Aislamiento acústico.

098

101



06 PROTECCIÓN AL FUEGO Y AISLAMIENTO ACÚSTICO

6.1.

Protección al fuego

Los incendios provocan daños importantes en los edificios, el medio ambiente y, aún peor, pérdidas de vidas. Según la asociación Tecnifuego-Aespi en su balance del 2014, los incendios provocaron la muerte de 116 personas y las principales causas fueron: los aparatos productores de calor (29%), la poca calidad de la instalación eléctrica, y los cigarrillos mal apagados.

A nivel mundial, se estima que se producen más de 7 millones de incendios que llegan a causar alrededor de 80.000 muertes y unos 800.000 heridos según datos de 2006 de The Center of Fires Statistics of CTIF. La mayoría de estos incidentes han sido en edificaciones. Los gastos económicos que pueden suponer los incendios oscilan alrededor del 1% del PIB en países desarrollados. Con todos estos datos, se entiende que la seguridad contra incendios debe ser parte de cualquier estrategia para proteger a las personas y reducir los riesgos.

En España, el CTE DB-SI (Seguridad en caso de incendio) tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de seguridad en caso de incendio, limitando el riesgo de propagación en el interior y hacia el exterior de los edificios. Este documento no incluye las edificaciones ni zonas de uso industrial donde se aplica el RSCIEI (Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales).

En cualquier tipo de edificio, los materiales de construcción juegan un papel importante para la prevención de la propagación del fuego. Es fundamental una sectorización al fuego adecuada mediante elementos constructivos bajo las normativas vigentes así como un buen comportamiento frente al fuego de los materiales que se introducen en los edificios.

Un informe del SRSA (Swedish Rescue Services Agency) advierte que el tiempo medio necesario para que un incendio alcance el "flashover" ha pasado de 15 minutos en 1950 a apenas 3 minutos debido al tipo de materiales que se introducen en los interiores de las viviendas. El "flashover" es el punto crítico en el desarrollo de un incendio, el cual tiene lugar un cambio radical en la deflagración con el consiguiente aumento de la temperatura. El tiempo depende de la carga de fuego que existe en el recinto donde se inicia el fuego (materiales de construcción, productos de decoración...).

El comportamiento ante el fuego de los elementos constructivos depende de dos características predominantes que son medibles como la reacción al fuego del propio material y la resistencia al fuego del sistema en su conjunto.

La reacción al fuego de los materiales de construcción es una de las bases de la protección pasiva contra incendios. El sistema de clasificación europeo según la norma UNE-EN 13501 determina 7 Euroclases principales y 2 complementarias:

CONTRIBUCIÓN	EUROCLASE	INTERPRETACIÓN
No combustible	A1	Sin contribución al fuego
	A2	
Combustible	B	Contribución muy limitada al fuego
	C	Contribución limitada al fuego
	D	Contribución media al fuego
	E	Contribución alta al fuego
Sin clasificar	F	Sin comportamiento determinado

Indicador adicional de opacidad de humos

CLASE	INTERPRETACIÓN
S1	Producción baja de humos
S2	Producción media de humos
S3	Producción alta de humos

Indicador adicional de caída de gotas inflamables

CLASE	INTERPRETACIÓN
d0	No se producen gotas inflamadas
d1	No hay gotas inflamadas con duración >10"
d2	Ninguna de las clasificaciones anteriores

Las placas de yeso laminado Knauf son una buena opción debido a su clasificación al fuego A2-s1,d0 según la norma UNE EN 520.

El otro principio de la protección pasiva es la resistencia al fuego. Las placas de yeso laminado Knauf, además de no contribuir a la propagación de un incendio, pueden actuar como sectorización frente al fuego, tanto en compartimentación horizontal como vertical, gracias a los sistemas que se forman con ellas, consiguiendo resistencias al fuego elevadas con poco espesor y, sobre todo, ligeras.

Los criterios básicos que caracterizan la resistencia al fuego de un elemento son:

CLASIFICACIÓN	DEFINICIÓN	CRITERIO DE COMPORTAMIENTO
R (Resistance)	Capacidad portante del elemento	Limitación de la deformación
		Limitación de la deformación
E (Integrity)	Integridad	Ignición del tampón de algodón
		Grietas y aberturas
I (Insulation)	Aislamiento térmico	Producción de llama sostenida en la cara no expuesta
		Elevación de la temperatura media
		Elevación de la temperatura máxima

La clasificación de los sistemas se mide en determinados periodos de tiempo:

T'							
20	30	45	60	90	120	180	240

En una rehabilitación integral, se pueden encontrar situaciones donde sea necesario compartimentar o delimitar sectores de incendio donde sean necesarios sistemas constructivos no portantes como techos suspendidos, tabiques y trasdosados con una clasificación EI determinada o exigida. También es posible encontrar situaciones donde se necesite sectorizar con suelos elevados o suelos técnicos que conforman sistemas con capacidad portante y tienen una clasificación REI.

También es muy habitual encontrar estructuras portantes formadas por estructuras metálicas, como vigas, donde se tengan que reforzar y sea necesario protegerlas al fuego. En este caso, los elementos estructurales se clasifica por su capacidad portante R, pero no tienen una función separadora.

En general, cuando se realizan obras de rehabilitación, es necesario prestar atención al comportamiento al fuego de los materiales utilizados y ver la necesidad de proteger al fuego estructuras metálicas o realizar sectorizaciones para poder cumplir la normativa vigente.

06 PROTECCIÓN AL FUEGO Y AISLAMIENTO ACÚSTICO

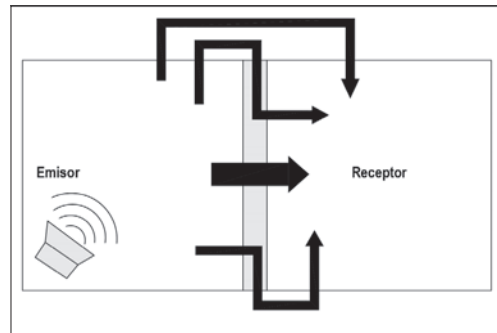
6.2.

Aislamiento acústico

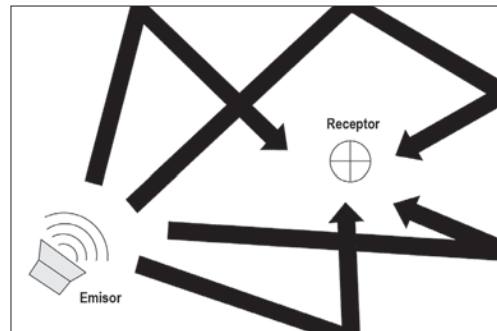
Los factores físicos, que hacen referencia a las condiciones higro-térmicas, (temperatura, humedad y velocidad del aire), así como la iluminación y el ruido, influyen en la calidad ambiental.

El confort acústico en el interior de los edificios, se consigue aislándolos acústicamente de manera adecuada, mejorando el aislamiento al ruido aéreo entre recintos, el ruido de impacto y acondicionando acústicamente, mediante una corrección adecuada de la reverberación.

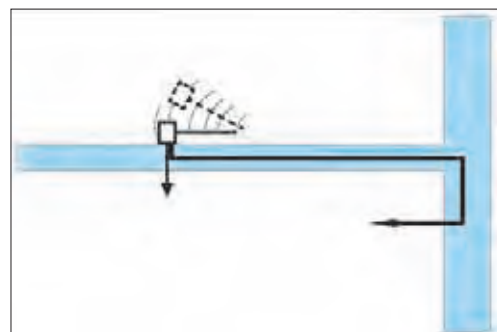
Aislamiento a ruido aéreo



Acondicionamiento acústico



Aislamiento a ruido de impacto



Es muy probable que en los edificios en los que el nivel de aislamiento térmico es deficiente, el acústico también lo sea. La falta de confort por no estar bien aislados y tener que soportar el ruido exterior o bien del vecino, puede provocar un problema de salud.

La OMS (Organización Mundial de la Salud) ya ha advertido sobre estas cuestiones. El ruido puede generar daños irreversibles en la salud a medida que éste aumenta y se prolonga. Algunos de estos problemas son: estrés, insomnio, trastornos nerviosos, hipertensión, dolor de cabeza.

Según la OMS, se consideran los 65 dB durante el día como el límite superior deseable y aconseja que sea entre 50 y 55 dB por el día, y por la noche de 45-50 dB. En España se considera contaminación acústica cuando se superan los 55 dB de noche y 65 dB de día, muy por encima de lo recomendado por la OMS.

En Europa, más de la cuarta parte de la población (unos 80 millones de personas) está sometida a niveles de ruido inaceptables, superiores a los 65 dB. En nuestro país más de 9 millones de personas soportan diariamente niveles medios de ruido de 65 dB, con las graves consecuencias que conlleva para la salud, y es el segundo país, después de Japón, con más índice de población expuesta a altos niveles de ruido.

En España, para mejorar el confort acústico en edificación, se dispone del CTE DB-HR que supuso un gran salto cualitativo respecto a la anterior normativa. Antes de su entrada en vigor en 2007, las exigencias acústicas en España estaban muy por debajo de los mínimos exigidos en Europa. De hecho los edificios realizados antes de 1988, es decir más del 50%, carecen de confort acústico y hasta la entrada en vigor del CTE DB-HR, los edificios construidos tenían un confort acústico muy bajo, esto puede representar más del 90% del parque edificatorio en España.

Comparativo norma NBE CA 88 y CTE DB HR

		RECEPTOR		
		NBE CA 88	CTE DB HR	
EMISOR		R _A	PROTEGIDO D _{nT,A}	HABITABLE D _{nT,A}
RUIDO AÉREO	Protegido, habitable, zona común	≥45 dBA	≥50 dBA	≥45 dBA
	Instalaciones o actividad	≥55 dBA	≥55 dBA	≥45 dBA
	Medianería sin edificio anexo	≥30 dBA	D _{2m,nT} Atr ≥40 dBA	
	Medianería con edificio anexo	≥45 dBA	D _{nT} A ≥50 dBA	
	Fachadas	≥30 dBA	D _{2m,nT} Atr ≥30 a 47 dBA	
	Tabique interno misma unidad uso	≥30 a 35 dBA	R _A ≥33 dBA	

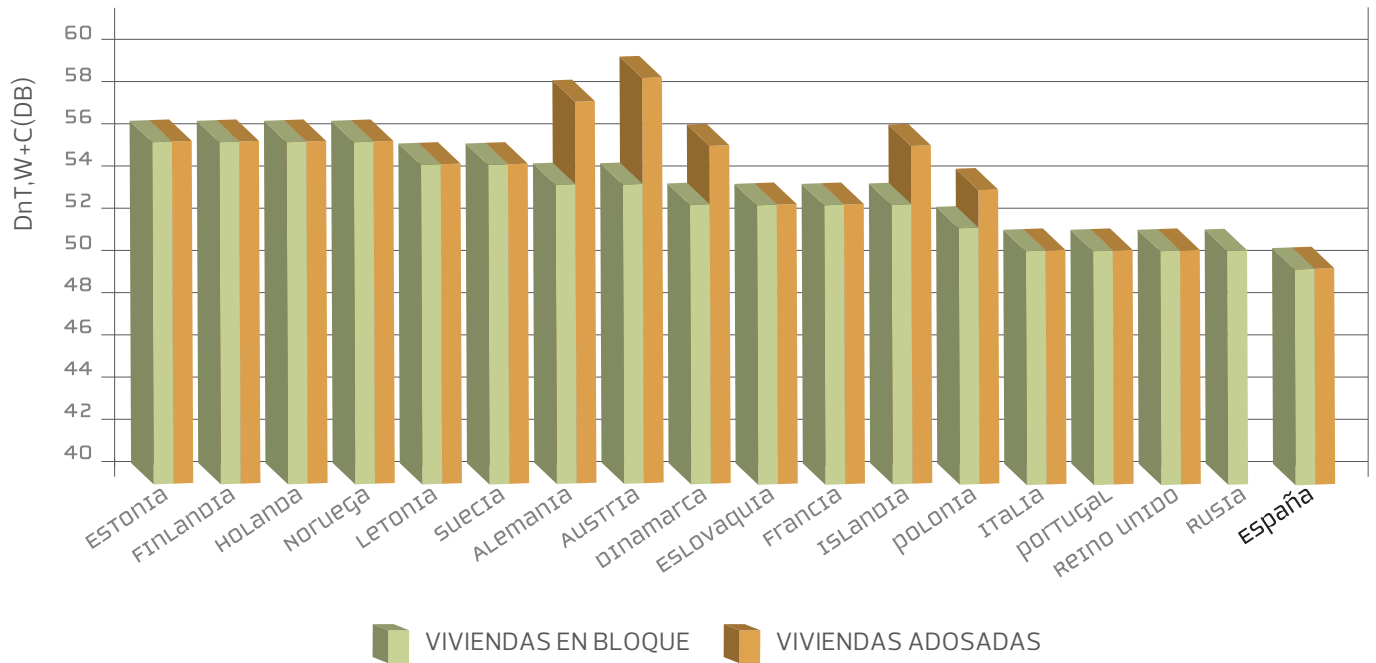
Una de las grandes diferencias con la NBE CA 88 es la exigencia en casi todos los casos de obtener los valores in situ aunque para dicho cumplimiento se admiten una tolerancia de 3 dBA.

En el caso de ruido aéreo, la NBE CA 88 indicaba un nivel de ruido de impacto LnA < 80 dBA y con el CTE DB HR se exige un L'nTw de

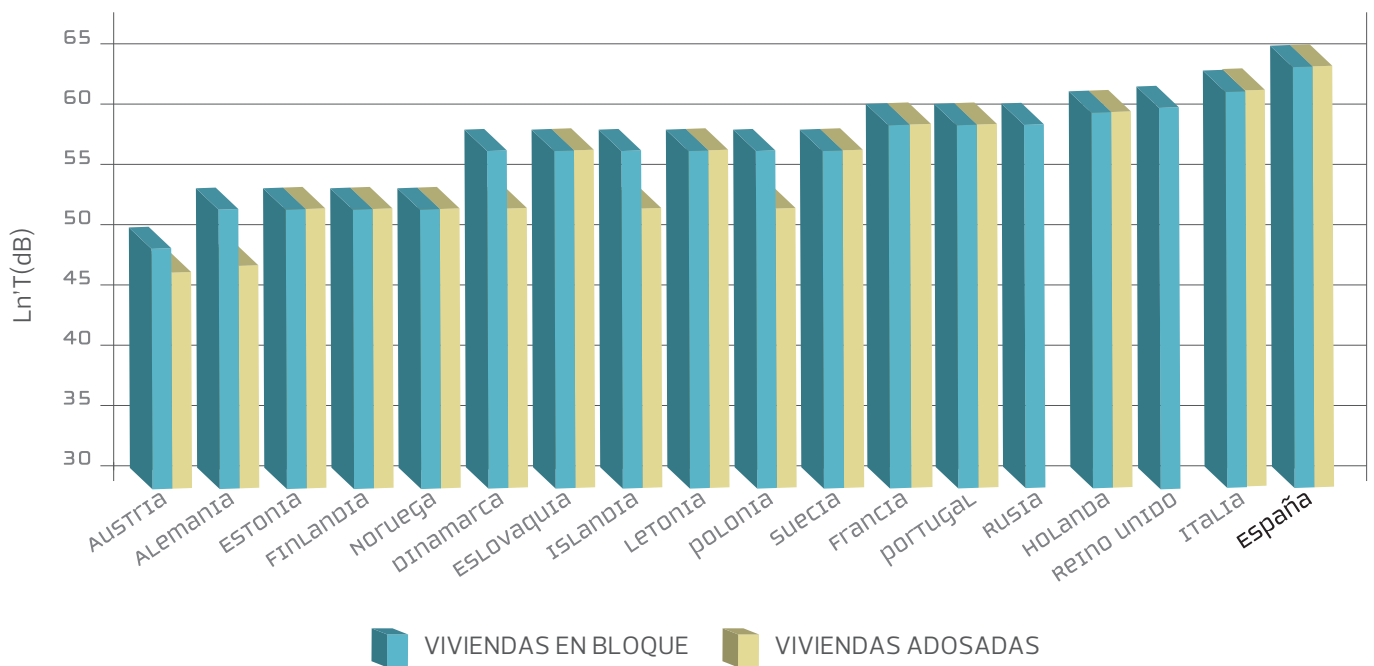
65 dB en locales protegidos, habitables y zonas comunes y de 60 dB en instalaciones.

A pesar de la mayor exigencia del CTE DB-HR, España sigue siendo de los países menos exigentes de Europa.

Legislación Europea sobre ruido aéreo



Legislación Europea ruido impacto





07

EL AISLAMIENTO TÉRMICO

7.1.	Conceptos generales.	106
7.2.	Valores de la conductividad y resistencia térmica.	110
7.3.	Envoltente térmica de los edificios.	112
7.4.	Transmitancias máximas según zona climática.	122
7.5.	Cumplimiento del CTE HE.	125

07 EL AISLAMIENTO TÉRMICO

7.1.

Conceptos generales

Aislar térmicamente un edificio es una necesidad por varios motivos: ahorrar energía, obtener confort térmico, evitar condensaciones y la presencia de moho, y reducir las emisiones de CO₂ asociadas al consumo energético. Para este fin es necesario lograr que sus elementos en contacto con el exterior o incluso entre locales de diferente uso, aumenten la resistencia al paso del calor.

La unidad de energía es el KiloVatio/hora.

El calor es una energía. Al poner en contacto dos cuerpos a distinta temperatura, el cuerpo que posee la denominada «energía calorífica» más elevada cede parte de esa energía al cuerpo que la tiene más reducida. Durante muchos años se creyó que este calor era un fluido que contenían los cuerpos y que pasaba de los más calientes a los más fríos hasta que ambos igualaban su temperatura. Pero los experimentos Joule echaron por tierra esta hipótesis llegando a deducir la equivalencia entre la unidad de calor o «caloría» y la de energía. Así pues, el calor no es más que una forma de la energía y, como tal, puede pasar fácilmente de unos cuerpos a otros sin destruirse ni crearse (principio de la conservación de la energía). Cuando un cuerpo absorbe calor no lo acumula, sino que lo transforma en otra clase de energía como la energía cinética de sus partículas, la energía eléctrica, el trabajo al dilatarse, etc. Por consiguiente, no es correcto decir que un cuerpo contiene calor.

Cuando un cuerpo cede calor a otro sin que ninguno de ellos cambie de estado (sólido, líquido o gaseoso) y sin realizar trabajo alguno, el cuerpo que cede calor disminuye su temperatura mientras que el otro la eleva convirtiendo la energía calorífica en energía cinética en sus partículas. El primer cuerpo, en cambio, al ceder calor disminuye la energía de las partículas que lo constituyen. Su unidad es la caloría.

La caloría es la cantidad de energía necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua de 14,5 °C a 15,5 °C en una atmósfera de presión. Una caloría equivale a 4,1855 Julios.

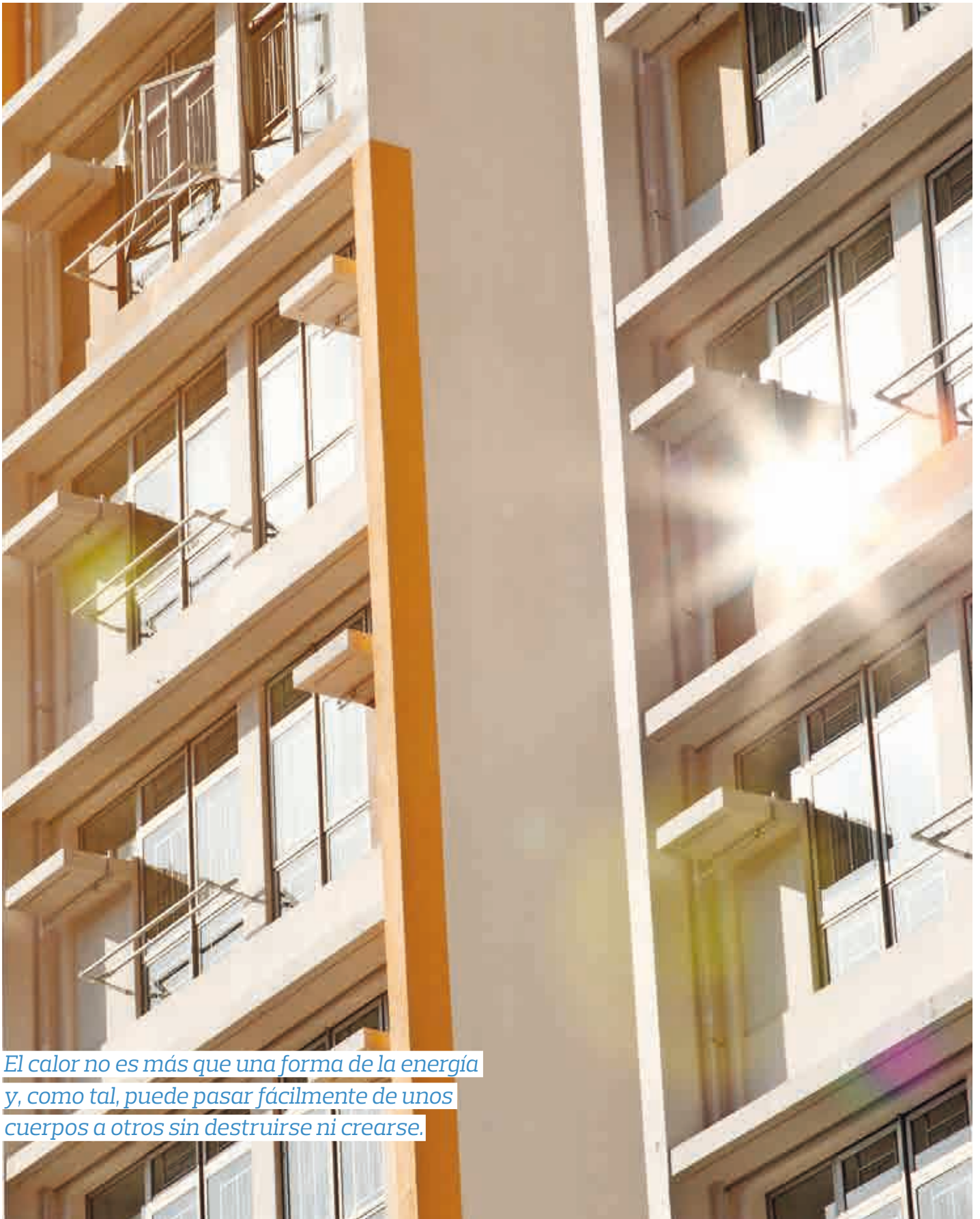
El Julio es la unidad de energía y se define como el trabajo realizado por la fuerza de 1 Newton en un desplazamiento de 1 metro.

El Vatio es la unidad de potencia del Sistema Internacional de Unidades, su símbolo es W y es el equivalente a 1 Julio.

El grado Kelvin (K) es la unidad básica de temperatura en el Sistema Internacional de Unidades.

Por lo tanto, en todas las unidades térmicas aparecerá la letra K (Kelvin). El grado Celsius es una unidad accesoria. Los intervalos de temperatura expresados en Celsius y en Kelvins tienen el mismo valor. Dicho de otra manera, el incremento o disminución de temperatura de uno o varios grados K o °C tiene el mismo valor.

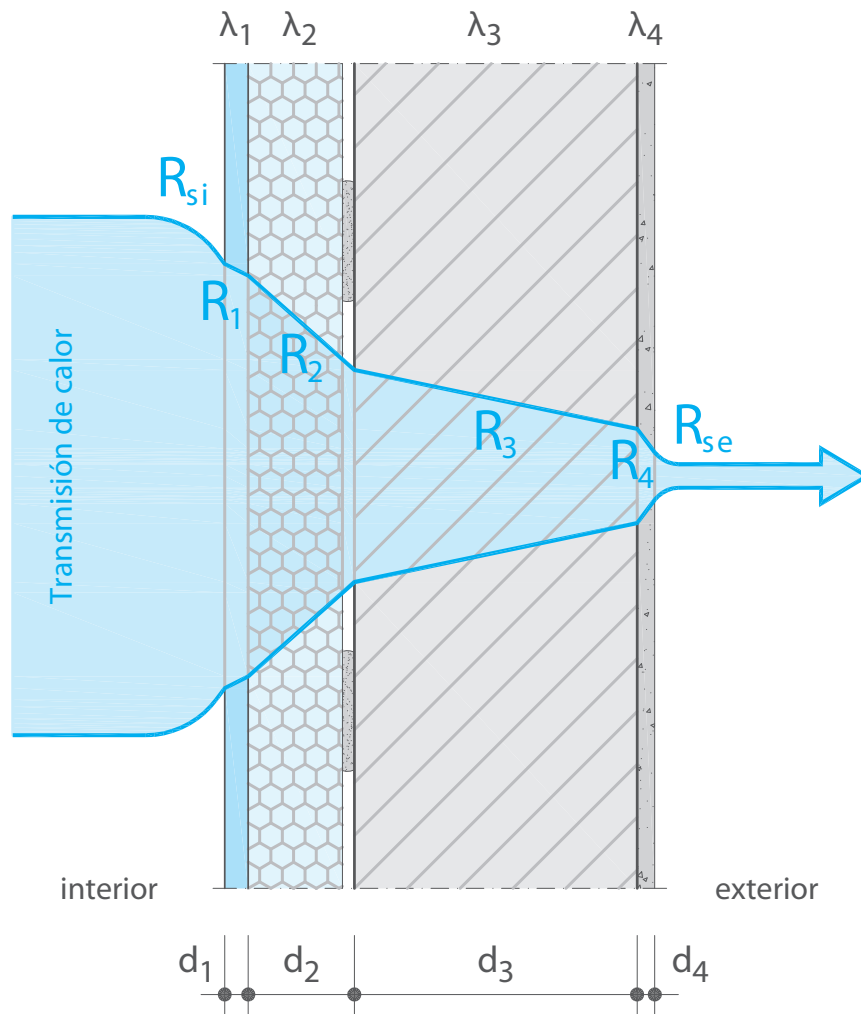
La humedad relativa es el porcentaje entre la cantidad de agua existente en el aire en su estado de vapor que puede contener sin formarse en estado líquido. Como es lógico se mide en %.



El calor no es más que una forma de la energía y, como tal, puede pasar fácilmente de unos cuerpos a otros sin destruirse ni crearse.

La presión de vapor del agua es la que ejerce ésta sobre si misma en estado gaseoso y líquido para una determinada temperatura estableciéndose un equilibrio dinámico. Esta situación se denomina presión de vapor de saturación. La temperatura modifica este equilibrio, precipitando el vapor de agua o secando una superficie mojada. Su unidad en Sistema Internacional es el Pascal (Pa) que equivale a un Newton por m².

La barrera de vapor según el CTE HE/2 es aquella lámina que ofrece una gran resistencia al paso de vapor de agua, se mide en meganewtons por segundo por cada gramo (MN s/g,) según el DB HE/2 se considera como tal cuando su resistencia a la difusión del vapor de agua sea > 10 MNs/g.



La conductividad térmica λ es una propiedad de los materiales que valora la capacidad de transmitir el calor a través de ellos. Es elevada en metales y baja en algunos materiales porosos tales como la lana de vidrio, lana de roca, o en las células de aire cerradas como los poliestirenos. Para que exista conducción térmica hace falta una sustancia, de ahí que es nula en el vacío ideal, y muy baja en el aire ocluido.

La notación es λ (lambda) y la unidad en el Sistema Internacional es W/m.K y se define como la cantidad de calor en Kcal que pasa en una hora en un material a través de 1 m² de su superficie y con un espesor de 1 m. cuando la diferencia de temperaturas es de 1°K .

La resistencia térmica es la inversa de la conductividad. En un material, es la capacidad de oponerse al paso del calor. Su valor se obtiene al dividir su espesor en el sentido del flujo en metros, por su conductividad en W/m.K. Su notación es R y su unidad en el sistema Internacional es m² K/W:

$$R = \text{Esp.} / \lambda \text{ (m}^2\text{k/W)}$$

Por lo general, la envolvente térmica de los edificios está compuesta por varias capas de materiales con distintos valores de conductividad y con distintos espesores. Para obtener el valor total del cerramiento se sumarán todas las resistencias térmicas de todas las capas del cerramiento:

$$R_t = \sum R_i = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_{se} \text{ m}^2\text{K/W}$$

El DB HE define que en los cerramientos verticales o con pendientes sobre una horizontal >60° y flujo horizontal, los valores R_{si} y R_{se} serán de 0,13 y 0,04 respectivamente.

Una vez obtenido el valor total de la resistencia térmica para obtener su transmitancia habrá que hallar su valor inverso. Su notación es U y su unidad es W/m².K. Cuanto menor sea el valor U de un cerramiento, menor será su pérdida de calor.

Los cálculos desarrollados en este trabajo se basan en los valores de conductividad y resistencia térmica indicados en el Catálogo de Elementos Constructivos del CTE. Este catálogo está concebido como un instrumento de ayuda para el cumplimiento de las exigencias generales de diseño de los requisitos indicados en el CTE.

07 EL AISLAMIENTO TÉRMICO

7.2.

Valores de la conductividad y resistencia térmica

Seguidamente relacionamos los valores empleados en el estudio de las partes opacas de las fachadas, tales como los coeficientes de transmisión de los materiales y las resistencias térmicas de las fábricas una vez incorporados los morteros de agarre para la ejecución de las mismas.



MATERIAL	λ W/m·K	Rt (m²K/ W)
Mortero de cemento o cal para revoco	1,30 – 0,70	
Guarnecidos y enlucidos de yeso	0,40 – 0,30	
Poliestireno Expandido (EPS)	0,039 – 0,029	
Poliestireno Expandido Elastificado (EEPS)	0,046 – 0,029	
Poliestireno Extruido (XPS)	0,039 – 0,029	
Lana mineral (MW)	0,050 – 0,031	
Espuma rígida de Poliuretano (PUR)	0,035 – 0,024	
Bovedillas y casetones de EPS mecanizados	0,043 – 0,033	
Placa de yeso laminado (PYL)	0,21–0,25	
Bovedillas y casetones de EPS mecanizado	0,046 – 0,033	
Bovedillas y casetones de EPS moldeado	0, 14	
Azulejo cerámico	1,30	
Bloque cerámico de arcilla aligerada 910	0,28	
Bovedilla o casetón cerámico 500	0,67	
Plaqueta o baldosa cerámica	1,00	
Plaqueta o baldosa de gres	2,30	
Teja de arcilla cocida	1,00	
Teja cerámica-porcelana	1,30	
FÁBRICAS		
Ladrillo LH Sencillo		0,09
Ladrillo LH Doble		0,16
Ladrillo LH Triple		0,32
Ladrillo LH sencillo Gran Formato		0,18
Ladrillo LH doble Gran Formato		0,33
Ladrillo LH triple Gran Formato		0,48
½ pie Ladrillo LP		0,18 – 0,23
1 pie Ladrillo LP		0,35–0,47
½ pie Ladrillo macizo LM		0,12
1 pie Ladrillo macizo LM		0,17
Bloque cerámico aligerado 240		0,32
Bloque de hormigón hueco A.L.		0,38 – 0,63
Bloque picón		0,23 – 0,39

07 EL AISLAMIENTO TÉRMICO

7.3.

Envolvente térmica de los edificios

La envolvente térmica del edificio está compuesta por todos los cerramientos que limitan espacios habitables con el ambiente exterior (aire o terreno u otro edificio) y por todas las particiones interiores que limitan los espacios habitables con los espacios no habitables que a su vez estén en contacto con el ambiente exterior. Los cerramientos y particiones interiores de los espacios habitables se clasifican según su situación en las siguientes categorías:

Fachadas

Comprenden los cerramientos exteriores en contacto con el aire cuya inclinación sea superior a 60° respecto a la horizontal. Se agrupan en 8 orientaciones según los sectores angulares regulados en el DB.

Medianerías

Comprenden aquellos cerramientos que lindan con otros edificios ya construidos o que se construyan a la vez y que conformen una división común. Si el edificio se construye con posterioridad el cerramiento se considerará, a efectos térmicos, una fachada.

Cubiertas

Comprenden aquellos cerramientos superiores en contacto con el aire cuya inclinación es inferior a 60° respecto a la horizontal.

Suelos

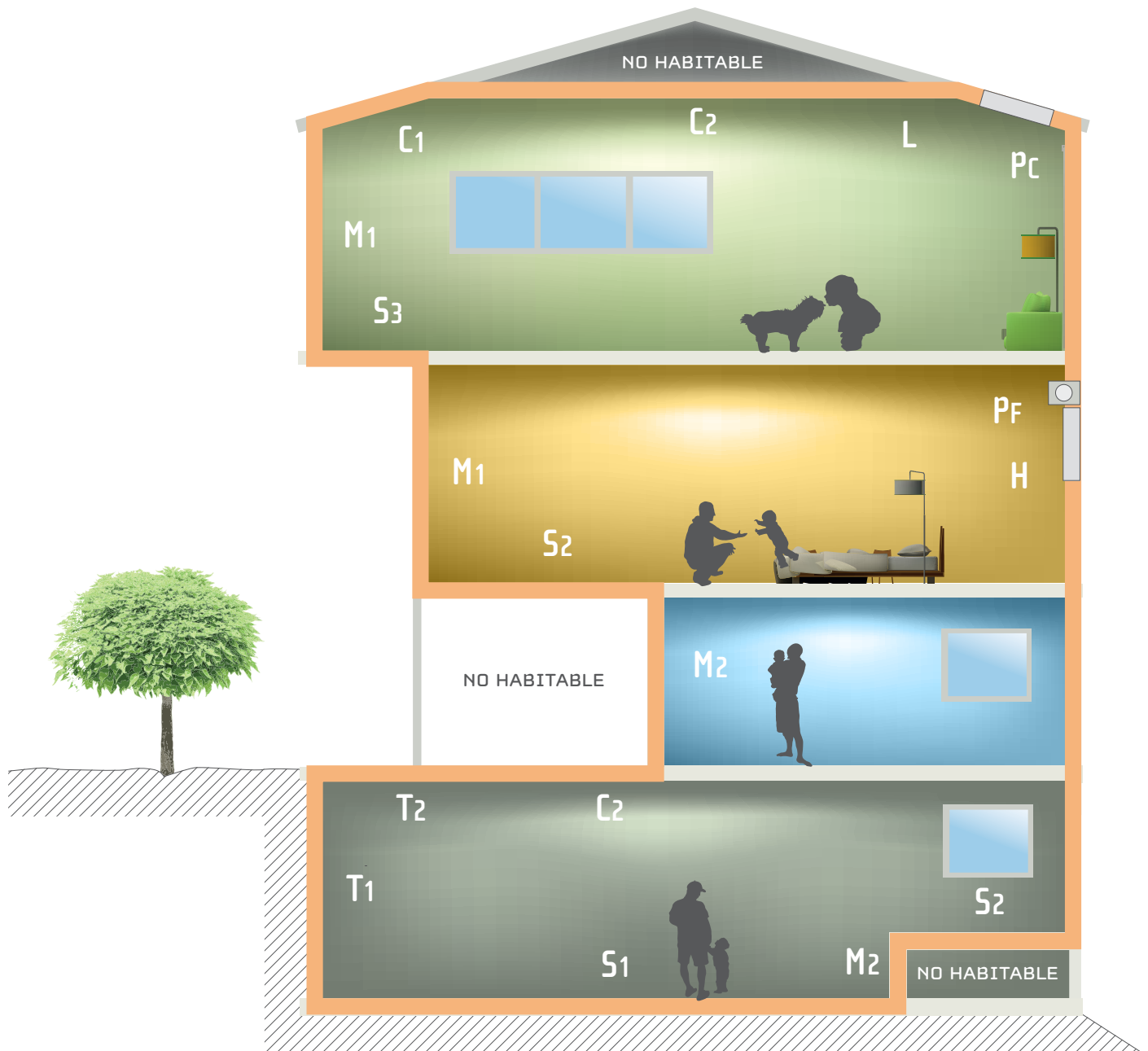
Comprenden aquellos cerramientos inferiores horizontales o ligeramente inclinados que están en contacto con el aire, con el terreno, o con un espacio no habitable.

Cerramientos en contacto con el terreno.

Comprenden aquellos cerramientos distintos a los anteriores que están en contacto con el terreno.

Particiones interiores

Comprenden aquellos elementos constructivos horizontales o verticales que separan el interior del edificio en diferentes recintos.



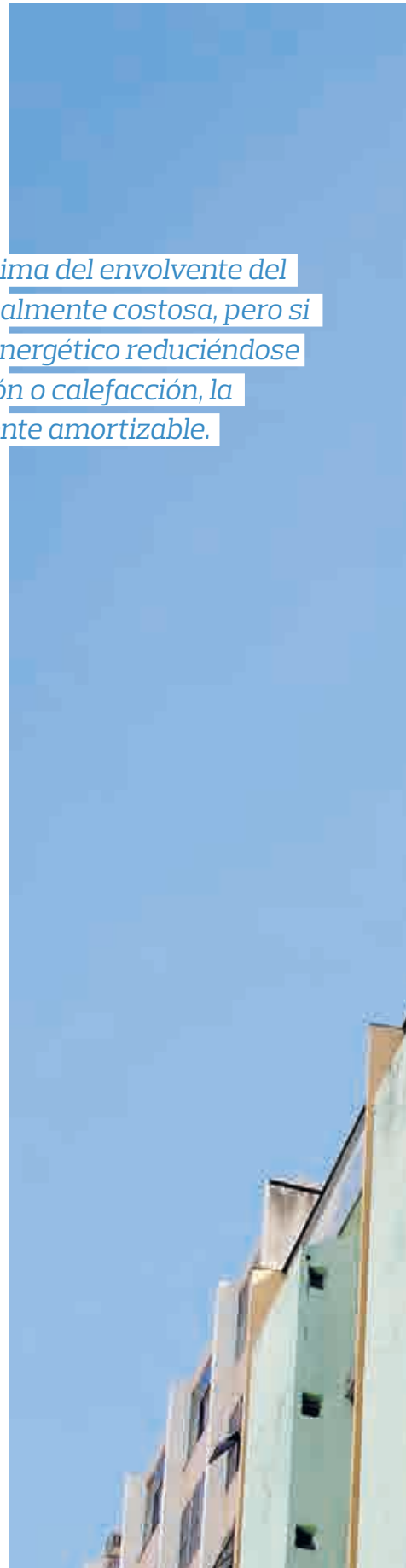
Una rehabilitación óptima del envolvente del edificio puede ser inicialmente costosa, pero si se mejora el balance energético reduciéndose el gasto de refrigeración o calefacción, la inversión será fácilmente amortizable.

La envolvente del edificio es el primer parámetro de control ambiental puesto que regula el intercambio energético. La relación entre la eficiencia energética del edificio y el diseño de su envolvente es crítica. Debería diseñarse, por tanto, en función de las condiciones ambientales en las que se sitúe el edificio. El tratamiento de la envolvente que conforma físicamente el edificio es fundamental en su comportamiento climático. La permeabilidad y transparencia, e incluso el color y textura de su superficie son también elementos muy relevantes.

Una rehabilitación óptima del envolvente del edificio puede ser inicialmente costosa, pero si se mejora el balance energético reduciéndose el gasto de refrigeración o calefacción, la inversión será fácilmente amortizable.

Además, la mejora de la eficiencia energética global de un edificio no significa necesariamente una renovación total del edificio, sino que puede limitarse a aquellas partes que sean más importantes para la eficiencia energética del mismo y tengan una rentabilidad adecuada.

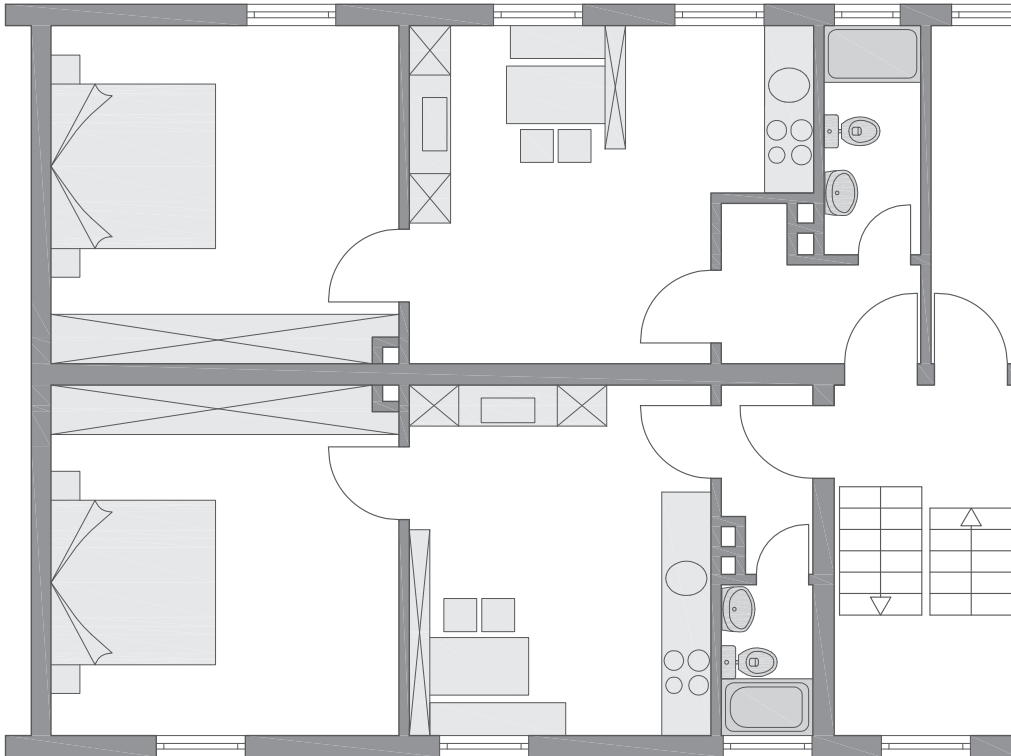
Si es factible, la envolvente deberá relacionarse con la orientación de la vivienda, respondiendo adecuadamente a los problemas diferentes en cada fachada. Tanto es así, que se tendría que considerar la modificación de las estancias en función de su inadecuada situación inicial.





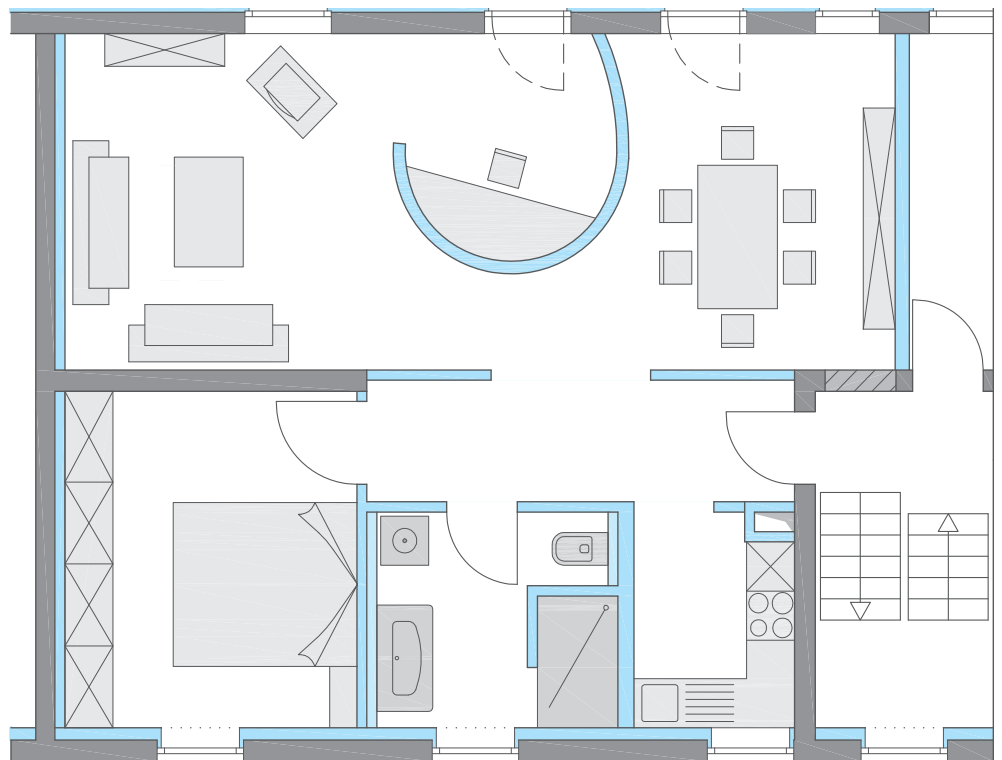
Como ejemplo, proponemos una remodelación completa de las viviendas integradas en un bloque situado en el norte de España. Una vez realizado el aislamiento de fachadas, el cambio a ventanas eficientes y el tratamiento de medianerías, también se ha tenido en cuenta aumentar el confort uniendo dos viviendas adyacentes ampliando las áreas comunes como el salón, el comedor y la zona de estudio situando estas estancias en la cara sur del bloque. Lógicamente, las estancias de uso individual y más puntual como el dormitorio, la cocina, el cuarto de baño y la escalera de acceso quedarán en la cara norte.

Antes de la rehabilitación: distribución inadecuada



También se debe diseñar considerando su durabilidad y su exiguo mantenimiento, para minimizar el consumo de energía usada en este aspecto a lo largo de la vida del edificio. Igualmente hay que tener en cuenta que siempre es preferible, y a largo plazo es más rentable, agotar los recursos arquitectónicos en la solución de los problemas energéticos que confiar su solución sólo al sistema de instalaciones climáticas.

Después de la rehabilitación: mejora de su orientación



El uso de envolventes constituidas a partir de capas de materiales diferentes es una opción muy interesante ya que, debido a las características de cada una de ellas y a la variedad de posibilidades de colocación, proporcionan comportamientos térmicos diversos. Además, la posibilidad de incorporar cámaras de aire intermedias facilita el control energético. Las cámaras estancas proporcionan un mayor grado de aislamiento mientras que, si se permite su ventilación, se provoca un aumento del efecto de refrigeración en verano (fachadas ventiladas). Estas consideraciones son igualmente aplicables a las cubiertas.

Otro concepto a tener en cuenta es la permeabilidad al paso del aire de los parámetros exteriores. En las zonas templadas, en las que los parámetros climáticos pueden ser muy cambiantes a lo largo del año, se requiere cierta flexibilidad en las características de la envolvente de los edificios con el objeto de poder modificar su comportamiento térmico. Por esta razón, se deben incorporar los elementos necesarios capaces de modificar el grado de soleo, aislamiento o ventilación, obteniendo así el máximo de prestaciones en cualquier época del año.

La transparencia de la envolvente actúa directamente sobre el grado de soleo y las pérdidas energéticas del edificio así como en el grado de iluminación natural. Una buena radiación solar es muy positiva para la calefacción pasiva de las construcciones, pero deben ponderarse también las pérdidas caloríficas a través de las ventanas en las horas en las que esta radiación no existe así como las ganancias excesivas que pueden producir sobrecalentamientos. Siempre es aconsejable dotar a los edificios de sistemas de protección de sus áreas transparentes con el objetivo de minimizar las oscilaciones de temperatura interior que un vidrio sin protección podría producir.

Un cuerpo es transparente cuando transmite la mayor parte de la radiación visible que recibe, pero tendrá color si la refleja. En los cuerpos opacos de color blanco se refleja la mayor parte de la radiación que recibe; por el contrario, en los de color oscuro, se absorbe la mayor parte de la energía incidente.

Es aconsejable dotar a los edificios de sistemas de protección de sus áreas transparentes con el objetivo de minimizar las oscilaciones de temperatura interior que un vidrio sin protección podría producir.









Si tenemos en cuenta que la radiación solar absorbida por un cuerpo se convierte inmediatamente en energía térmica, deduciremos la importancia que el color de acabado tiene en las superficies expuestas a la radiación solar.

Ya mencionamos en el capítulo 1.7 que en los climas cálidos, para reducir al mínimo la absorción de radiación solar es aconsejable que las fachadas más soleadas y las cubiertas sean de color claro. Esto ayudará a reducir la carga de refrigeración en verano ya que los colores claros absorben menos energía que los oscuros. Por el contrario, en los climas fríos, son aconsejables colores oscuros para los acabados exteriores.

En la rehabilitación de fachadas por el exterior, además, se tendrá en cuenta el grado de rugosidad de la envolvente del edificio ya que este factor también actúa, aunque en menor medida, en su comportamiento climático. En general, las fachadas de textura rugosa son más frías que las completamente lisas. Esto es debido a que parte de su superficie está en la sombra, de modo que la radiación solar recibida es menor al mismo tiempo que aumenta el intercambio por convección entre la superficie y el aire exterior.

La radiación solar que incide sobre un cuerpo puede seguir tres caminos: reflejarse, ser absorbida por el material o transmitirse a través de él. El tipo de energía reflejada provoca la percepción del color, la absorbida nos permite su almacenamiento, y la transmitida nos facilita su captación en el interior del edificio.

La limitación de la demanda energética está tabulada según la zona climática definida en el CTE DB HE. Esta limitación, entre otros factores, está relacionada directamente con el aislamiento térmico de los elementos constructivos que envuelven el edificio.

Así pues, en función de la zona climática donde esté ubicado el edificio se establecen los aislamientos mínimos y más concretamente las transmitancias máximas admitidas por ley. Estos valores se exigen básicamente para evitar descompensaciones térmicas importantes en el edificio (ver punto 7.4).

En el presente trabajo nos centraremos en el estudio de la envolvente térmica de los edificios en sus partes opacas que es donde Knauf puede dar soluciones contrastadas.

07 EL AISLAMIENTO TÉRMICO

7.4.

Transmitancias máximas según zona climática

El DB HE discrimina las zonas opacas de las fachadas de las aberturas. La verificación de esta exigencia también incluye los cerramientos que delimitan las zonas calefactadas del edificio de las que no lo son, como las medianeras no edificadas, los muros en contacto con el terreno, las paredes en la caja de escaleras, cajas de ascensor, patinejos, etc.

En el cálculo del coeficiente de transmisión térmica también deberán incluirse todos aquellos elementos que queden integrados en la superficie de las fachadas como los pilares embebidos los capialzados y los contornos de las ventanas.

Las exigencias del CTE HE_i difieren en función de si es obra nueva o rehabilitación, tanto en residencial privado como en otros usos.

Residencial privado:

En la tabla adjunta se indican, según zona climática, los valores límite del coeficiente de transmisión térmica U límite, para edificios de uso residencial privado. En ella se excluyen los puentes térmicos lineales para su comprobación:

Valor límite para la envolvente en edificios de uso residencial privado. Tabla 2.3 del CTE HE_i

PARÁMETRO	ZONA CLIMÁTICA DE INVIERNO					
	α	A	B	C	D	E
Transmitancia térmica de muros y elementos en contacto con el terreno ⁽¹⁾ (W/m²·K)	1,35	1,25	1,00	0,75	0,60	0,55
Transmitancia térmica de cubiertas y suelos en contacto con el aire (W/m²·K)	1,20	0,80	0,65	0,50	0,40	0,35
Transmitancia térmica de huecos ⁽²⁾ (W/m²·K)	5,70	5,70	4,20	3,10	2,70	2,50
Permeabilidad al aire de huecos ⁽³⁾ (m³/h·m²)	< 50	< 50	< 50	< 27	< 27	< 27

⁽¹⁾ Para elementos en contacto con el terreno, el valor indicado se exige únicamente al primer metro de muro enterrado, o el primer metro del perímetro de suelo apoyado sobre el terreno hasta una profundidad de 0,50 m.

⁽²⁾ Se considera el comportamiento conjunto de vidrio y marco. Incluye lucernarios y claraboyas.

⁽³⁾ La permeabilidad de las carpinterías indicada es la medida con una sobrepresión de 100Pa.

Valor límite para particiones interiores, cuando delimiten unidades de distinto uso, zonas comunes y medianeras en edificios de uso residencial privado. Tabla 2.4 del CTE HE₁

TIPO DE ELEMENTO	ZONA CLIMÁTICA DE INVIERNO					
	α	A	B	C	D	E
Particiones horizontales y verticales	1,35	1,25	1,10	0,95	0,85	0,70

Valor límite para particiones interiores, cuando delimiten unidades de mismo uso. Tabla 2.5 del CTE HE₁

TIPO DE ELEMENTO	ZONA CLIMÁTICA DE INVIERNO					
	α	A	B	C	D	E
Peticiones horizontales	1,90	1,80	1,55	1,35	1,20	1,00
Peticiones verticales	1,40	1,40	1,20	1,20	1,20	1,00

Otros usos:

En edificios de otros usos no se establecen valores prescriptivos. En el apéndice D del CTE HE₁ se exponen las características de los edificios de referencia según las zonas climáticas:

ELEMENTO CONSTRUCTIVO	TRANSMITANCIAS MÁXIMAS SEGÚN ZONA CLIMÁTICA W/m²K				
	A	B	C	D	E
Muros y Fachadas	0,94	0,82	0,73	0,66	0,57
Suelos	0,53	0,52	0,50	0,49	0,48
Cubiertas	0,50	0,45	0,41	0,38	0,35

Edificios existentes:

En edificios existentes, el CTE HE1 establece una serie de criterios a tener en cuenta:

- no se podrá tener una demanda energética superior a lo establecido en el CTE HE₁,
- si no se puede aplicar el CTE HE₁, se podrá excluir dicha aplicación.
- no se tendrá que intervenir en un elemento constructivo si no presenta daños considerables.

A modo de aclaración, se resumen los criterios y exigencias en la siguiente tabla:

TIPO DE EDIFICIO	ACTUACIÓN	RESIDENCIAL PRIVADO	OTROS USOS
Obra nueva	En todos los casos a excepción de edificios industriales y provisionales menor a dos años. ³	Dcal,lim y Dref,lim ¹ Cumplir tablas 2.3, 2.4, 2.5 ²	% mejora demanda conjunta respecto edificio referencia ¹
Edificios existentes	Rehabilitación donde la demanda energética se incrementa	Los elementos que se modifiquen deben cumplir con las tablas 2.3, 2.4, 2.5 ²	La demanda energética no deberá superar el límite permitido por el DB HE
	Rehabilitación donde se renueva más del 25% de la envolvente o exista un cambio de uso.	La demanda conjunta del edificio deberá ser menor a la del edificio de referencia	
	Rehabilitación donde se modifica sustancialmente algún elemento de la envolvente	El elemento que se modifica deberá cumplir con lo especificado en la tabla 2.3 ²	
	Ampliación	Dcal,lim y Dref,lim ¹ Cumplir tablas 2.3, 2.4, 2.5 ²	% mejora demanda conjunta respecto edificio

⁽¹⁾ Ver capítulo 2.1 o CTE HE₁

⁽²⁾ Ver tablas en este capítulo o CTE HE₁

⁽³⁾ Ver campo aplicación en el CTE HE₁ para otras excepciones

07 EL AISLAMIENTO TÉRMICO

7.5.

Cumplimiento del CTE HE

En el apartado anterior, se indicaban las diferentes exigencias del CTE con relación al cumplimiento de las transmitancias térmicas de la envolvente, en función de las actuaciones que se realicen en el edificio existente, sin que se empeore la demanda energética o bien la demanda conjunta (calefacción y refrigeración) no supere a la del edificio de referencia.

En una rehabilitación donde se actúe en una superficie de la envolvente mayor del 25%, la exigencia mínima es la del edificio de referencia cuyo edificio calculado es el indicado en el anexo D y que se tendrá en cuenta en las diferentes soluciones aportadas por Knauf.

Es importante, en cualquier tipo de actuación, tener en cuenta las interrupciones existentes en la envolvente. Una vez diseñada la

rehabilitación de las partes opacas, se han de integrar los demás componentes como puentes térmicos, lucernarios, huecos, etc. y proceder a la obtención del valor global de la transmitancia.

El CTE HE, en su apéndice E, aporta unos valores orientativos para la envolvente térmica para el predimensionado de soluciones constructivas en uso residencial. No obstante, esto no significa que adoptando esos valores, se cumpla con las exigencias del CTE HE, aunque pueden conducir a soluciones próximas al cumplimiento. Además los valores se han obtenido considerando unos puentes térmicos equivalentes a los del edificio de referencia y un edificio con una compactidad media.

Transmitancia del elemento (W/m² K) Según tabla E.1 CTE HE

TRANSMITANCIA DEL ELEMENTO (W/m²·K)	ZONA CLIMÁTICA					
	α	A	B	C	D	E
U _M	0,94	0,50	0,38	0,29	0,27	0,25
U _S	0,53	0,53	0,46	0,36	0,34	0,31
U _C	0,50	0,47	0,33	0,23	0,22	0,19

U_M: Transmitancia térmica de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno.
U_C: Transmitancia térmica de cubiertas.

U_S: Transmitancia térmica de suelos (forjados en contacto con el aire exterior).

Transmitancia térmica de huecos (W/m² K) Según tabla E.2 CTE HE

TRANSMITANCIA TÉRMICA DE HUECOS (W/m²·K)		α	A	B	C	D	E
Captación solar	Alta	5.5 - 5.7	2.6 - 3.5	2.1 - 2.7	1.9 - 2.1	1.8 - 2.1	1.9 - 2.0
	Media	5.1 - 5.7	2.3 - 3.1	1.8 - 2.3	1.6 - 2.0	1.6 - 1.8	1.6 - 1.7
	Baja	4.7 - 5.7	1.8 - 2.6	1.4 - 2.0	1.2 - 1.6	1.2 - 1.4	1.2 - 1.3

NOTA: Para el factor solar modificado se podrá tomar como referencia, para zonas climáticas con un verano tipo 4, un valor inferior a 0,57 en orientación sur/sureste/suroeste, e inferior a 0,55 en orientación este/oeste.

08

SOLUCIONES Knauf

8.1.	Soluciones Knauf en fachadas.	128
8.1.1.	Rehabilitación interior.	129
8.1.2.	Rehabilitación exterior con demolición.	138
8.1.3.	Rehabilitación exterior sin demolición.	142
8.2.	Soluciones Knauf en cubiertas.	147
8.2.1.	Rehabilitación en cubiertas planas.	150
8.2.2.	Rehabilitación en cubiertas inclinadas.	158
8.2.2.1.	Con desván no-habitable.	159
8.2.2.2.	Con desván habitado.	162
8.3.	Elementos de separación horizontal.	166
8.3.1.	Rehabilitación en forjados con solera seca Brio.	172
8.3.2.	Rehabilitación de forjados con techo suspendido Knauf.	174
8.4.	Los sistemas Knauf en la rehabilitación total de la envolvente térmica.	176
8.5.	Puentes térmicos.	178
8.5.1.	Detalles constructivos aislamiento por el interior.	179
8.5.2.	Detalles constructivos aislamiento por el exterior.	196



08 SOLUCIONES KNAUF

8.1.

Soluciones Knauf en fachadas

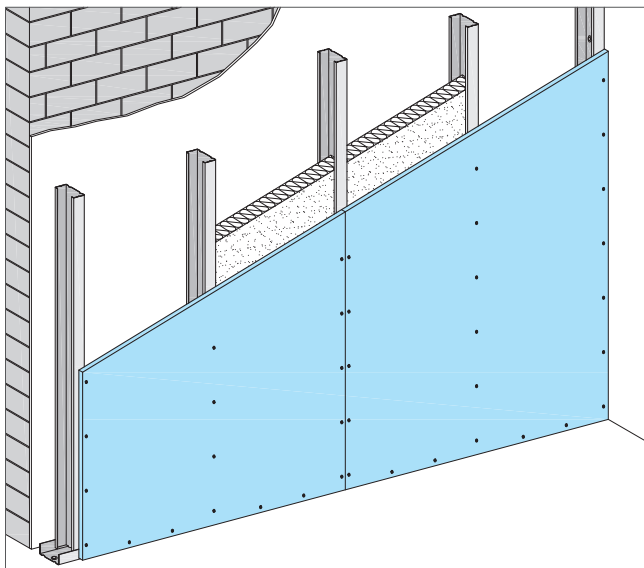
Trasdosados empleados en el estudio

TIPO 1: Autoportante

Está formado por perfiles verticales (montantes) con una separación máxima de 60 cm, que se encajan dentro de los perfiles horizontales (canales), fijados al techo y suelo. A un lado de ellos se atornilla una placa Knauf Estándar (Tipo A) de 15 mm de espesor con tornillos TN 35. Los perfiles perimetrales llevan una banda acústica en su dorso.

La cámara de aire se rellena con lana mineral de 50 mm y el tratamiento de juntas se realiza con pasta de juntas y cinta.

TIPO 1: Sistema Knauf W625.es



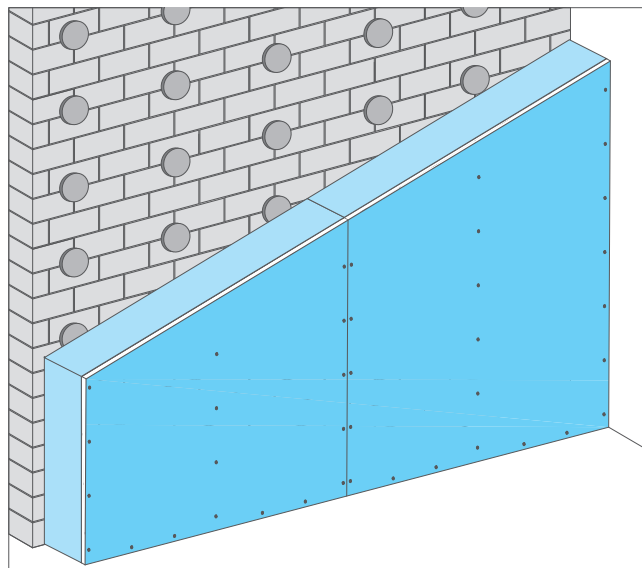
TIPO 2: Directo

Está formado por placa Knauf POLYPLAC EPS 10+ 40 A.L de poliestireno expandido de 40 mm con lámina de aluminio en el dorso de la placa transformada de 9,5 mm.

Su fijación se realiza por medio de pelladas de pasta de agarre Perlfix separadas en el perímetro cada 25 cm y en la zona central cada 40 cm. Tratamiento de juntas con pasta y cinta según el tipo de acabado previsto.

El tratamiento de juntas se realiza con pasta de juntas y cinta.

TIPO 2: Sistema Knauf W631.es



En los ejemplos estudiados, se toma como referencia una rehabilitación donde se modifica sustancialmente algún elemento de la envolvente, para ello se deberá cumplir con la tabla 2.3 del CTE HE1 para uso residencial privado. Con la intervención de los sistemas Knauf se va mucho más allá de los indicados en esta tabla. Además, a modo indicativo, se toman como referencia el apéndice D del edificio de referencia y el apéndice E del CTE HE, donde aporta unos valores orientativos para la envolvente térmica para el predimensionado de soluciones constructivas en uso residencial, únicamente para el caso de rehabilitación por demolición capítulo 8.1.2 y en el de rehabilitación por el exterior 8.1.3 por tratarse de posibles soluciones para una obra nueva. No obstante, esto no significa que adoptando esos valores, cumplamos con las exigencias del CTE HE.

El estudio de todas las fachadas se ha realizado siguiendo el procedimiento indicado en el CTE DB HE-1 en los valores indicados en el Catálogo de Elementos Constructivos redactado por Instituto Eduardo Torroja. Como ejemplo incluimos el desglose del cálculo del primer elemento constructivo estudiado. En todos los demás se ha aplicado la misma técnica.

08 SOLUCIONES KNAUF

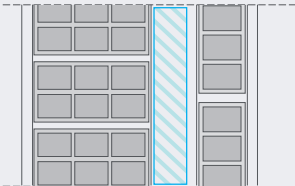
8.1.1.

Rehabilitación interior

Rehabilitación térmica de fachadas por el interior

Capa	FACHADA ORIGINAL			TRASDOSADO KNAUF W625.es			TRASDOSADO KNAUF W631.es		
	Espesor m	λ (W/mK)	Rt (m ² K/W)	Espesor m	λ (W/mK)	Rt (m ² K/W)	Espesor m	λ (W/mK)	Rt (m ² K/W)
Aire exterior			0,040			0,040			0,040
Revoco	0,015	0,800	0,019	0,015	0,800	0,019	0,015	0,800	0,019
1/2 pie LHD	0,115	0,320	0,359	0,115	0,320	0,359	0,115	0,320	0,359
PUR	0,030	0,032	0,938	0,030	0,032	0,938	0,030	0,032	0,938
Cámara de aire	0,020		0,170	0,020		0,170	0,020		0,170
LHS	0,050	0,320	0,156	0,050	0,320	0,156	0,050	0,320	0,156
Enlucido	0,015	0,300	0,050	0,015	0,300	0,050	0,015	0,300	0,050
Cámara de aire				0,010		0,150			
Lana Mineral				0,050	0,035	1,429			
PYL				0,015	0,210	0,071	0,010	0,210	0,048
Polyplac AL							0,050	0,038	1,316
Aire interior			0,130			0,130			0,130
ΣRt Resistencia Térmica m ² K/W			1,862			3,512			3,225
U Transmitancia W/m ² K			0,537			0,285			0,310

Fábrica de ladrillo cerámico

	Descripción	U (W /m²K)	Zonas climáticas		
			Cumple con tabla 2.3 CTE HE	Cumple con Apéndice D edificio de referencia	Cumple con Apéndice E
 Fachada original	1 · Revoco de mortero 1,5 cm	0,54	α	α	α
	2 · 1/2 Pie LHD		A	A	
	3 · Poliuretano proyectado 3 cm		B	B	
	4 · Cámara de 2 cm		C	C	
	5 · LHS 5 cm		D	D	
	6 · Enlucido 1,5 cm		E	E	

SISTEMAS KNAUF

 Trasdosado autoportante W625.es	1 · 1Revoco de mortero 1,5 cm	0,29	α	α	α
	2 · 1/2 Pie LHD		A	A	A
	3 · Poliuretano proyectado 3 cm		B	B	B
	4 · Cámara de 2 cm		C	C	C
	5 · LHS 5 cm		D	D	
	6 · Enlucido 1,5 cm		E	E	
	7 · Cámara de aire 1 cm				
	8 · Lana mineral 5 cm				
	9 · PYL 1,5 cm + BV				
 Trasdosado directo W631.es	1 · Revoco de mortero 1,5 cm	0,31	α	α	α
	2 · 1/2 Pie LHD		A	A	A
	3 · Poliuretano proyectado 3 cm		B	B	B
	4 · Cámara de 3 cm		C	C	
	5 · LHS 5 cm		D	D	
	6 · Enlucido 1,5 cm		E	E	
	7 · EPS de 5 cm				
	8 · PYL 0,95 cm + BV				

Muro de piedra

	Descripción	U (W /m²K)	Zonas climáticas	
			Cumple con tabla 2.3 CTE HE	Cumple con Apéndice D edificio de referencia
	1 · Revoco de mortero 1,5 cm 2 · Muro de piedra de 60 cm 3 · Enlucido 1,5 cm	2,22	NO CUMPLE	

SISTEMAS KNAUF

 Trasdoso autoportante W625.es	1 · Revoco de mortero 1,5 cm	0,48	α	α
	2 · Muro de piedra de 60 cm		A	A
	3 · Enlucido 1,5 cm		B	B
	4 · Cámara de aire 1 cm		C	C
	5 · Lana mineral 5 cm		D	D
	6 · PYL 1,5 cm + BV		E	E
 Trasdoso directo W631.es	1 · Revoco de mortero 1,5 cm	0,50	α	α
	2 · Muro de piedra de 60 cm		A	A
	3 · Enlucido 1,5 cm		B	B
	4 · EPS de 5 cm		C	C
	5 · PYL 0,95 cm + BV		D	D
			E	E

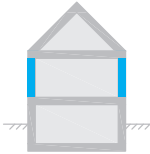

Fábrica de ladrillo cerámico

	Descripción	U (W /m²K)	Zonas climáticas	
			Cumple con tabla 2.3 CTE HE	Cumple con Apéndice D edificio de referencia
	1 · Aplacado cerámico 1,5 cm 2 · Enfoscado 1,5 cm 3 · Un pie LP 4 · Enlucido 1,5 cm	1,56	NO CUMPLE	

SISTEMAS KNAUF

	Descripción	U (W /m²K)	Zonas climáticas	
			Cumple con tabla 2.3 CTE HE	Cumple con Apéndice D edificio de referencia
Trasdosado Autoportante W625.es	1 · Aplacado cerámico 1,5 cm 2 · Un pie LP 24 cm 3 · Enlucido 1,5 cm 4 · BV4 Cámara de aire 1 cm 5 · Lana mineral 5 cm 6 · PYL 1,5 cm + BV	0,44	α	α
			A	A
			B	B
			C	C
			D	D
			E	E
	1 · Aplacado cerámico 1,5 cm 2 · Un pie LP 24 cm 3 · Enlucido 1,25 cm 4 · EPS de 5 cm 5 · PYL 0,95 cm + BV	0,45	α	α
			A	A
			B	B
			C	C
			D	D
			E	E

Muro de hormigón

	Descripción	U (W /m²K)	Zonas climáticas	
			Cumple con tabla 2.3 CTE HE	Cumple con Apéndice D edificio de referencia
	1 · Revoco de mortero 1,5 cm 2 · Muro de hormigón 16 cm 3 · Enlucido 1,5 cm	3,35	NO CUMPLE	

SISTEMAS KNAUF

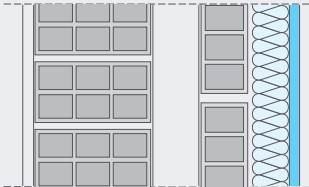
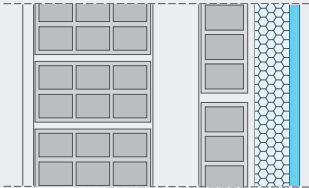
	Descripción	U (W /m²K)	Zonas climáticas	
			α	α
Trasdosado Autoportante W625.es	1 · Revoco de mortero 1,5 cm 2 · Muro de hormigón 16 cm 3 · Enlucido 1,5 cm 4 · Cámara de aire 1 cm 5 · Lana mineral 5 cm 6 · PYL 1,5 cm + BV	0,52	A	A
			B	B
			C	C
			D	D
			E	E
	Descripción	U (W /m²K)	Zonas climáticas	
			α	α
Trasdosado Directo W631.es	1 · Revoco de mortero 1,5 cm 2 · Muro de hormigón 16 cm 3 · Enlucido 1,5 cm 4 · EPS de 5 cm 5 · PYL 0,95 cm + BV	0,55	A	A
			B	B
			C	C
			D	D
			E	E



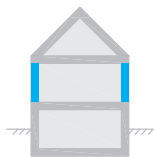
Fábrica de ladrillo cerámico

	Descripción	U (W /m²K)	Zonas climáticas	
			Cumple con tabla 2.3 CTE HE	Cumple con Apéndice D edificio de referencia
	1 · Revoco de mortero 1,5 cm 2 · 1/2 pie LHD 3 · Cámara 5 cm 4 · LHS 5 cm 5 · Enlucido 1,5 cm	1,35	NO CUMPLE	

SISTEMAS KNAUF

	1 · Revoco de mortero 1,5 cm	0,42	α	α
	2 · 1/2 pie LHD		A	A
	3 · Cámara 5 cm		B	B
	4 · LHS 5 cm		C	C
	5 · Enlucido 1,5 cm		D	D
	6 · Cámara de aire 1 cm		E	E
	7 · Lana mineral 5 cm			
	8 · PYL 1,5 cm + BV			
Trasdoso Autoportante W625.es				
	1 · Revoco de mortero 1,5 cm	0,43	α	α
	2 · 1/2 pie LHD		A	A
	3 · Cámara 3 cm		B	B
	4 · LHS 5 cm		C	C
	5 · Enlucido 1,5 cm		D	D
	6 · EPS de 5 cm		E	E
	7 · PYL 0,95 cm + BV			
	Trasdoso Directo W631.es			

Bloque picón de 200 mm



Descripción

U
(W /m²K)

Zonas climáticas

Cumple con
tabla 2.3
CTE HE

Cumple con
Apéndice D
edificio de
referencia



- 1 · Revoco de mortero 1,5 cm
- 2 · Bloque Picón 20 cm
- 3 · Enlucido 1,5 cm

1,15

NO CUMPLE

SISTEMAS KNAUF



Trasdosado Autoportante W625.es

- 1 · Revoco de mortero 1,5 cm
- 2 · Bloque Picón 20 cm
- 3 · Enlucido 1,5 cm
- 4 · Cámara de aire 1 cm
- 5 · Lana mineral 5 cm
- 5 · PYL 1,5 cm + BV

0,40

α

α

A

A

B

B

C

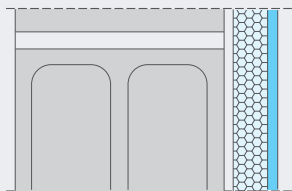
C

D

D

E

E



Trasdosado Directo W631.es

- 1 · Revoco de mortero 1,5 cm
- 2 · Bloque Picón 20 cm
- 3 · Enlucido 1,5 cm
- 4 · EPS de 5 cm
- 5 · PYL 0,95 cm + BV

0,42

α

α

A

A

B

B

C

C

D

D

E

E

Bloque cerámico aligerado de 240 mm

	Descripción	U (W /m²K)	Zonas climáticas	
			Cumple con tabla 2.3 CTE HE	Cumple con Apéndice D edificio de referencia
	1 · Revoco de mortero 1,5 cm 2 · Bloque cerámico alig. 24 cm 3 · Enlucido 1,5 cm	1,24	NO CUMPLE	

SISTEMAS KNAUF

	1 · Revoco de mortero 1,5 cm 2 · Bloque cerámico alig. 24 cm 3 · Enlucido 1,5 cm 4 · Cámara de aire 1 cm 5 · Lana mineral 5 cm 6 · PYL 1,5 cm + BV	0,43	α	α	
Trasdoso Autoportante W625.es			A	A	
			B	B	
			C	C	
			D	D	
			E	E	
	1 · Revoco de mortero 1,5 cm 2 · Bloque cerámico alig. 24 cm 3 · Enlucido 1,5 cm 4 · EPS de 5 cm 5 · PYL 0,95 cm + BV	0,43	α	α	
Trasdoso Directo W631.es			A	A	
			B	B	
			C	C	
			D	D	
			E	E	

08 SOLUCIONES KNAUF

8.1.2.

Rehabilitación exterior con demolición*

Sistemas Aquapanel® Outdoor

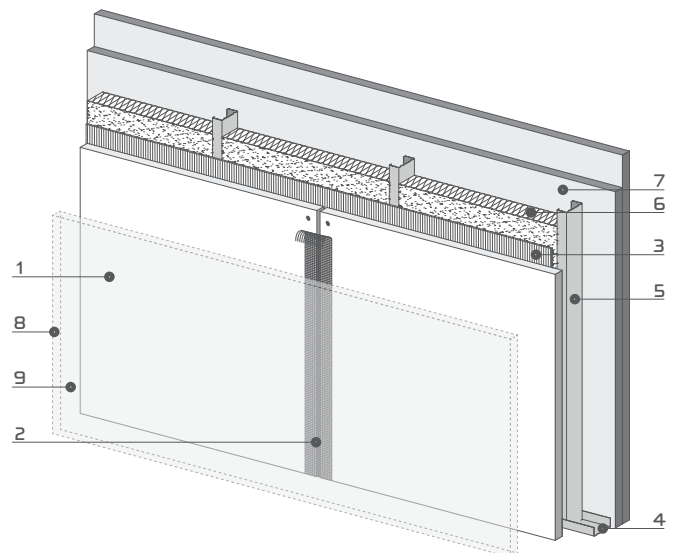
En fachadas antiguas sin función portante, que estén muy deterioradas o en las que se pretenda dar al edificio una mayor funcionalidad y una mejor estética, se podrá optar por demoler la antigua. En estos casos la solución idónea será emplear el sistema Aquapanel® Outdoor, entendiendo que este sistema no contribuye a la resistencia de la estructura del edificio sino que se sustenta de ella y se usa como hoja del cerramiento de fachada, bien como hoja interior de fachada ventilada (sistema WM111C.es), bien como hoja interior y exterior de fachada no ventilada (sistema WM311C.es y WM411C.es).

El detalle de cada uno de ellos se desarrolla en capítulos posteriores. Se ha incluido en este con el fin de poderlos comparar con los sistemas de rehabilitación sin demolición.

Aquapanel® WM111C.es

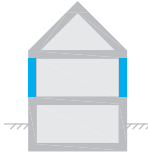
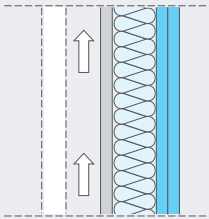
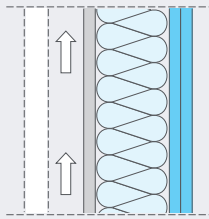
El sistema WM111C.es es un sistema constructivo de entramado autoportante para uso como hoja interior en fachadas ventiladas. En este resumen proponemos dos soluciones V1 y V5 determinadas por el espesor del aislante.

- 1 · Placa Aquapanel® Cement Board Outdoor
- 2 · Tratamiento para juntas de exterior
- 3 · Lámina impermeable (opcional)
- 4 · Canal de la subestructura metálica
- 5 · Montante de la subestructura metálica
- 6 · Aislante
- 7 · Placas PYL tipo A y PYL Tipo A+AL
- 8 · Hoja exterior de fachada ventilada
- 9 · Cámara de aire ventilada (e 20 mm)



*(Demolición previa de la antigua fachada)

Cámara ventilada

	Descripción	U (W /m²K)	Zonas climáticas	
			Cumple con Apéndice D edificio de referencia	Cumple con Apéndice E
AQUAPANEL® WM111C.es V1				
	1 · Aquapanel® 1,25cm 2 · Lana mineral de 6 cm 3 · PYL de 1,25 cm 4 · PYL –AL de 1.5 cm	0,47	α	α
			A	A
			B	
			C	
			D	
			E	
AQUAPANEL® WM111C.es V5				
	1 · Aquapanel® 1,25cm 2 · Lana mineral de 13 cm 3 · PYL de 1,5 cm 4 · PYL –AL de 1,5 cm	0,24	α	α
			A	A
			B	B
			C	C
			D	D
			E	E

Aquapanel® WM311C.es y WM411C.es

WM311C.es - 225/600 (12,5+75+12,5...(LM40)...70+15AL) Con lana mineral 60-60

WM411C.es - 203/600 (12,5+75+...(LM40)...48+12,5+15AL) Con lana mineral 60-40

Los sistemas W311C.es y WM411C.es son sistemas constructivos de cerramiento completo de entramada autoportante con revestimiento exterior continuo. Estos sistemas están formados por dos estructuras metálicas creando dos cámaras rellenas de lana mineral y entre ambas una lana mineral de 40 mm de espesor. En el extremo exterior de ambos sistemas se fija una placa Aquapanel® Outdoor sobre la que se aplica un revestimiento continuo.

La diferencia básica entre ambos sistemas radica en que en el sistema WM311C.es se instala una placa PYL entre las dos estructuras y en el sistema WM411C.es, esta misma placa se instala junto con la de cierre de la parte posterior de la hoja.

1· Placa Knauf A + AL

2· Placa Knauf A

3· Montante interior

4· Canal interior

5· Lana mineral

6· Canal exterior

7· Montante exterior

8· Lana mineral

9· Tyvek

10· Placa Aquapanel

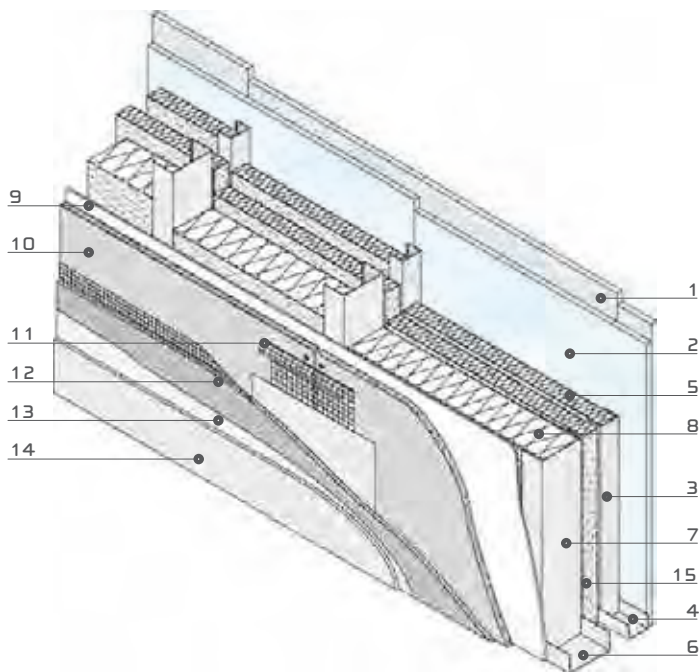
11· Tratamiento de juntas

12· Mortero y malla superficial Aquapanel

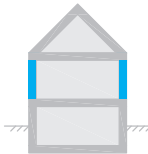
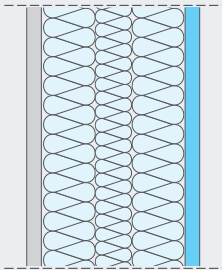
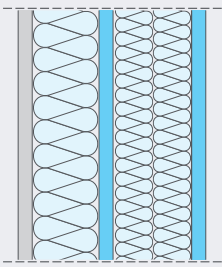
13· Imprimación

14· Acabado

15· Lana mineral



Cámara no ventilada

	Descripción	U (W /m²K)	Zonas climáticas	
			Cumple con Apéndice D edificio de referencia	Cumple con Apéndice E
AQUAPANEL® WM311C.es				
	1 · Recubrimiento exterior	0,21	α	α
	2 · Aquapanel® 1,25 cm		A	A
	3 · Lana mineral de 6 cm		B	B
	4 · PYL de 1,25 cm		C	C
	5 · Lana mineral 4 mm		D	D
	6 · Lana mineral de 6 cm		E	E
	7 · PYL-AL de 1.5 cm			
AQUAPANEL® WM411C.es				
	1 · Recubrimiento exterior	0,24	α	α
	2 · Aquapanel® 1,25 cm		A	A
	3 · Lana mineral de 6 cm		B	B
	5 · Lana mineral 4 mm		C	C
	6 · Lana mineral de 4 cm		D	D
	4 · PYL de 1,25 cm		E	E
	7 · PYL-AL de 1.5 cm			

Como se puede apreciar todas las soluciones Knauf ofrecen unas transmitancias medias muy inferiores a las admitidas por la normativa vigente así como las recomendadas en el apéndice E (para el caso de obra nueva). Así pues, si las aplicamos realmente a igualdad de confort, obtendremos mayor ahorro de energía. Si la ejecución de los sistemas Knauf propuestos se realiza correctamente podrán contribuir a la obtención del Certificado Energético del tipo A con lo que ello supone en cuanto al consumo energético, rebaja del coste económico y reducción de las emisiones de gases nocivos.

08 SOLUCIONES KNAUF

8.1.3.

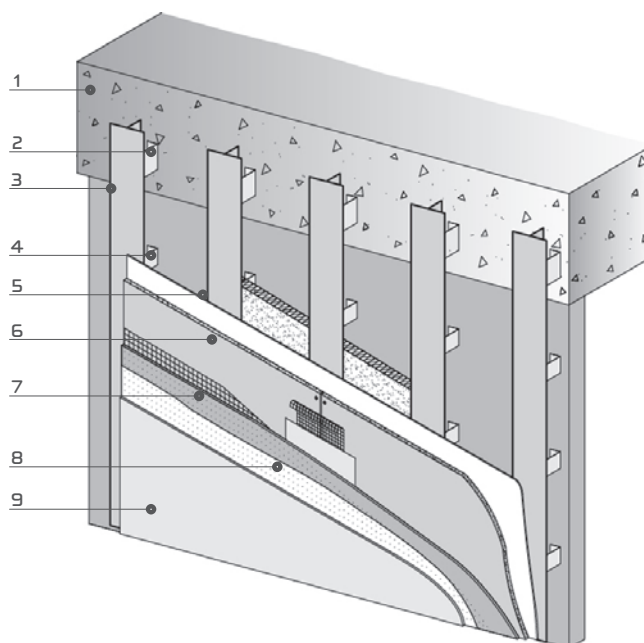
Rehabilitación exterior sin demolición*

La rehabilitación de fachadas aplicando el sistema Aquapanel® Outdoor® WL.es con aislamiento térmico exterior a la fachada original, ofrece grandes ventajas, ya que a la vez que se incrementa el aislamiento de las partes opacas de la fachada. Se solucionan fácilmente los puentes térmicos inherentes a los pilares integrados, a los frentes de forjado, a las cubiertas con pretil, a los encuentros de muros interiores con fachada, etc.

Al ser un sistema ligero no es necesario ningún refuerzo a la estructura principal del edificio y se puede ejecutar sin apenas trastornos para los usuarios, mejorando en muchos casos el aspecto exterior de la fachada antigua.

Una de las grandes ventajas de este sistema es que se puede realizar una fachada estanca WL331C.es o bien ventilada WL332C.es, manteniendo el mismo acabado. Esto es muy útil en edificios donde se quiera aplicar ambas soluciones para optimizar el rendimiento energético en la rehabilitación o bien en la obra nueva, dependiendo de la orientación de las fachadas del edificio, zona geográfica...

- 1 · Forjado
- 2 · Escuadra de sustentación
- 3 · Perfil T Aluminio 110x50x2
- 4 · Escuadra de retención
- 5 · Tyvek (opcional)
- 6 · Placa Knauf Aquapanel Outdoor
- 7 · Mortero y malla superficial
- 8 · Imprimación
- 9 · Acabado



*(Sobre la antigua fachada)



El estudio de todas las fachadas propuestas se ha realizado siguiendo el procedimiento indicado en el CTE BD HE y en los valores indicados en el Catálogo de Elementos Constructivos redactado por el Instituto Eduardo Torroja. Como ejemplo incluimos el desglose del cálculo del primer elemento constructivo estudiado:



Muro base

Capa	Espesor (m)	λ (W/mK)	Rt (m²K/W)
Aire exterior			0,04
Mortero Aquapanel®+ acabado			
Placa Aquapanel®			
Cámara de aire			
Lana Mineral			
Revoco de 1,5 cm	0,0150	0,800	0,02
1/2 pie LHD	0,1150		0,23
PUR	0,030	0,032	0,94
Camara de aire	0,020		0,17
LHS	0,050		0,09
Enlucido	0,015	0,300	0,05
Aire interior			0,13
ΣRt Resistencia Térmica m²K/W			1,67
U Transmitancia W/m²K			0,60

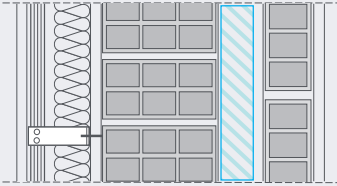
Muro base + sistema Aquapanel®

Espesor (m)	λ (W/mK)	Rt (m²K/W)
		0,04
0,0195	0,410	0,05
0,0200		0,17
0,0800	0,035	2,29
0,01500	0,800	0,02
0,11500		0,23
0,0300	0,032	0,94
0,0200		0,17
0,0500		0,09
0,01500	0,300	0,05
		0,13
		4,18
		0,24

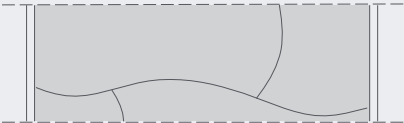
Fábrica de ladrillo cerámico

	Descripción	U (W /m²K)	Zonas climáticas		
			Cumple con tabla 2.3 CTE HE	Cumple con Apéndice D edificio de referencia	Cumple con Apéndice E
	1 · Revoco de mortero 1,5 cm	0,60	α	α	α
	2 · 1/2 Pie LHD		A	A	
	3 · Poliuretano proyectado 3 cm		B	B	
	4 · Cámara de 2 cm				
	5 · LHS 5 cm		C	C	
	6 · Enlucido 1,5 cm		D	D	

SISTEMAS KNAUF AQUAPANEL® OUTDOOR

 Revestimiento WL331C.es	1 · Mortero Aquapanel® 1 cm	0,24	α	α	α
	2 · Placa Aquapanel® 1,25 cm		A	A	A
	3 · Cámara de aire 2 cm		B	B	B
	4 · Lana Mineral 8 cm		C	C	C
	5 · Revoco 1,5 cm		D	D	D
	6 · Enlucido 1,5 cm		E	E	E
	7 · Lana mineral 50 cm				
	8 · 1/2 pie LHD				
	10 · Cámara de aire 2 cm				
	11 · Ladrillo hueco sencillo				
	12 · Enlucido 1,5 cm				

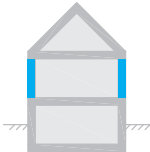

Muro de piedra

	1 · Revoco de mortero 1,5 cm	2,22	NO CUMPLE		
	2 · Muro de piedra de 60 cm				
	3 · Enlucido 1,5 cm				

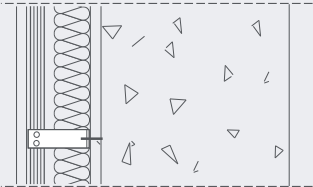
SISTEMAS KNAUF AQUAPANEL® OUTDOOR

	1 · Mortero Aquapanel® 1 cm	0,28	α	α	α
	2 · Placa Aquapanel® 1,25 cm		A	A	A
	3 · Cámara de aire 2 cm		B	B	B
	4 · Lana Mineral 10 cm		C	C	C
	1 · Revoco de mortero 1,5 cm		D	D	
	2 · Muro de piedra de 60 cm		E	E	
	3 · Enlucido 1,5 cm				

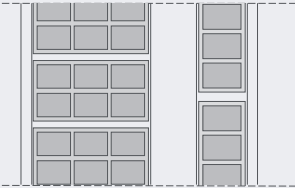
Muro de hormigón

	Descripción	U (W /m²K)	Zonas climáticas		
			Cumple con tabla 2.3 CTE HE	Cumple con Apéndice D edificio de referencia	Cumple con Apéndice E
	1 · Revoco de mortero 1,5 cm 2 · Muro de hormigón 16 cm 3 · Enlucido 1,5 cm	3,33		NO CUMPLE	

SISTEMAS KNAUF AQUAPANEL® OUTDOOR

	1 · Mortero Aquapanel® 1 cm 2 · Placa Aquapanel® 1,25 cm 3 · Cámara de aire 2 cm 4 · Lana Mineral 10 cm 5 · Revoco de mortero 1,5 cm 6 · Muro de hormigón 16 cm 7 · Enlucido 1,5 cm	0,30	α	α	α
			A	A	A
			B	B	B
			C	C	
			D	D	
			E	E	

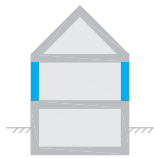
Fábrica de ladrillo cerámico

	1 · Revoco de mortero 1,5 cm 2 · Muro de piedra de 60 cm 3 · Enlucido 1,5 cm	1,36		NO CUMPLE	
---	--	------	--	-----------	--

SISTEMAS KNAUF AQUAPANEL® OUTDOOR

	1 · Mortero Aquapanel® 1 cm 2 · Placa Aquapanel® 1,25 cm 3 · Cámara de aire 2 cm 4 · Lana Mineral 10 cm 5 · Revoco de mortero 1,5 cm 6 · 1/2 pie LHD 7 · Cámara 5 cm 8 · LHS 5 cm 9 · Enlucido 1,5 cm	0,26	α	α	α
			A	A	A
			B	B	B
			C	C	C
			D	D	D
			E	E	

Bloque picón de 200 mm



Descripción	U (W /m²K)	Zonas climáticas		
		Cumple con tabla 2.3 CTE HE	Cumple con Apéndice D edificio de referencia	Cumple con Apéndice E
1 · Revoco de mortero 1,5 cm	1,15	α		
2 · Bloque Picón 20 cm				
3 · Enlucido 1,5 cm		A		

SISTEMAS KNAUF AQUAPANEL® OUTDOOR

	1 · Mortero Aquapanel® 1 cm	0,25	α	α	α
	2 · Placa Aquapanel® 1,25 cm		A	A	A
	3 · Cámara de aire 2 cm				
	4 · Lana Mineral 10 cm		B	B	B
	5 · Revoco de mortero 1,5 cm		C	C	C
	6 · Bloque Picón 20 cm		D	D	D
	7 · Enlucido 1,5 cm				
	8 · Lama mineral 5 cm		E	E	
	9 · PYL 1,5 cm + BV				

Bloque cerámico aligerado de 240 mm

	1 · Revoco de mortero 1,5 cm	1,23	α		
	2 · Bloque cerámico alig. 24 cm				
	3 · Enlucido 1,5 cm		A		

SISTEMAS KNAUF AQUAPANEL® OUTDOOR

	1 · Mortero Aquapanel® 1 cm	0,26	α	α	α
	2 · Placa Aquapanel® 1,25 cm		A		A
	3 · Cámara de aire 2 cm		B	B	B
	4 · Lana Mineral 10 cm		C	C	C
	5 · Revoco de mortero 1,5 cm		D	D	D
	6 · Bloque cerámico alig. 24 cm				
	7 · Enlucido 1,5 cm		E	E	

08 SOLUCIONES KNAUF

8.2.

Soluciones Knauf en cubiertas

El Código Técnico de la Edificación define como cubierta de un edificio aquellos cerramientos superiores en contacto con el aire exterior cuya inclinación sea inferior a 60° respecto a la horizontal.

Las cubiertas de los edificios, inclinadas y planas, transitables o no, son las zonas externas de los edificios más expuestas a los agentes climatológicos. Por lo general, tanto en la construcción de nueva planta como en la rehabilitación, se prima su estanquidad al agua, descuidándose algunas veces tanto su aislamiento acústico como el térmico.

Es por ello que en la gran mayoría de los edificios construidos con anterioridad a la aplicación de CTE será necesario actuar si se quieren alcanzar los niveles mínimos exigidos por DB HE del citado código.

La rehabilitación por el exterior es sumamente complicada dado que en la mayoría de los casos para realizar una correcta reparación se tendrá que restituir su impermeabilización con el riesgo que ello supone durante todo el tiempo en que prolonguen los trabajos, mas si como es habitual, la planta subyacente esta ocupada. Además, la actuación en el total de la cubierta presupone un acuerdo, siempre difícil, entre todos los ocupantes del inmueble a remodelar.

En consecuencia, las soluciones Knauf propuestas se centrarán en la actuación por el interior del edificio.

Aun cuando el DB HE discrimina las exigencias puras de las partes opacas de los cerramientos de la envolvente térmica, en el presente estudio nos hemos basado en los valores límite indicados en el citado documento, en los que se incluyen las transmitancias del contorno de los lucernarios y cajas de acceso.

Valores límite según tabla 2.3 CTE HE, edificio de referencia apéndice D del CTE HE

ZONA CLIMÁTICA	α	A	B	C	D	E
Tabla 2.3	1,20	0,80	0,65	0,50	0,40	0,35
Apéndice D	0,50	0,50	0,45	0,41	0,38	0,35

Síntesis de la comprobación de los valores límite permitidos

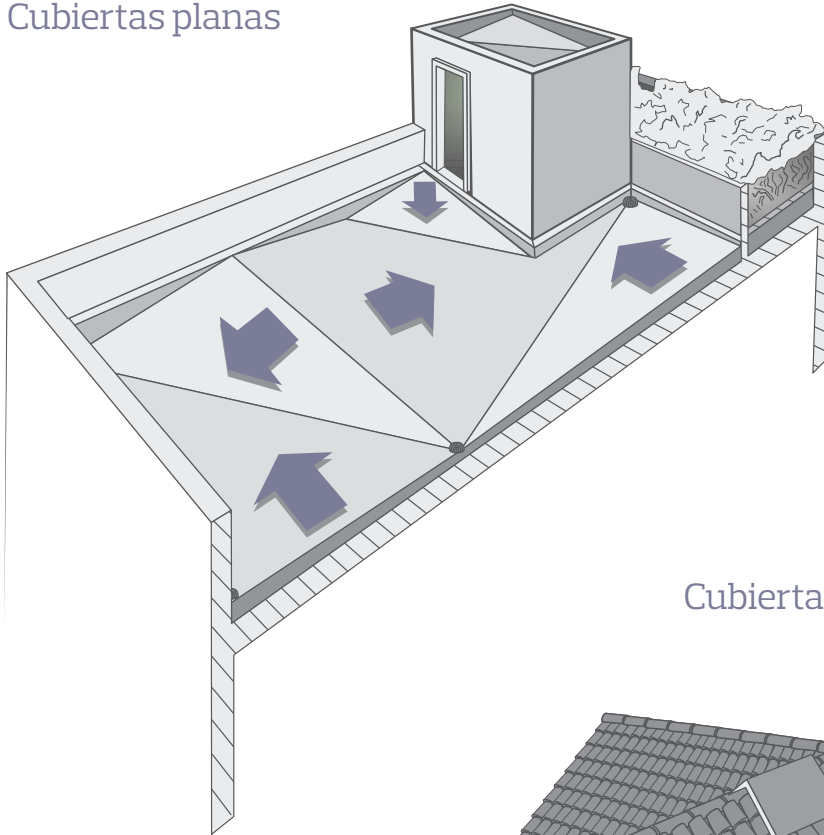
Una vez diseñada la rehabilitación de las partes opacas, integraremos los demás componentes como puentes térmicos, lucernarios, huecos, etc. y procederemos a la obtención del valor de la transmitancia obtenida para compararla con los valores límite de acuerdo con la tabla síntesis siguiente:

Tabla síntesis de comparación

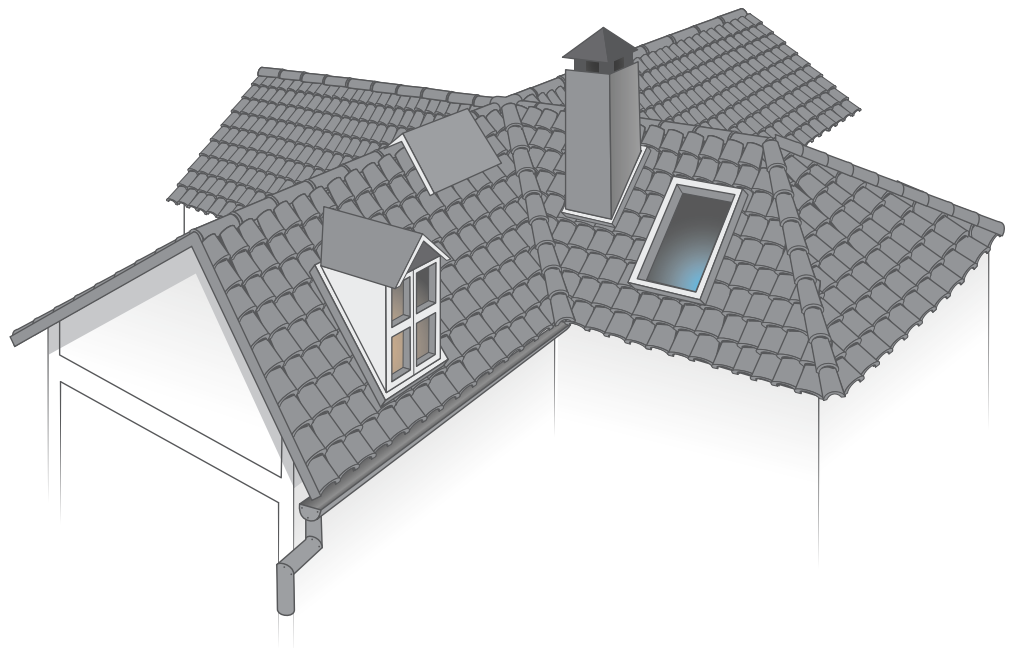
CERRAMIENTOS Y PARTICIONES INTERIORES	COMPONENTES		PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS	PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS MEDIOS	COMPARACIÓN CON VALORES LÍMITE
CUBIERTAS	C ₁	En contacto con el aire	U _{C1}	$U_{Cm} = \frac{\Sigma A_C \cdot U_C + \Sigma A_{PC} \cdot U_{PC} + \Sigma A_L \cdot U_L}{\Sigma A_C + \Sigma A_{PC} + \Sigma A_L}$	$U_{Cm} \leq U_{Clim}$
	C ₂	En contacto con un espacio no habitable	U _{C2}		
	P _C	Puente térmico (Contorno de lucernario > 0,5 m²)	U _{PC}		
			U _L		
	L	Lucernarios	F _L	$U_{Hm} = \frac{\Sigma A_F \cdot F_L}{\Sigma A_F}$	$F_{Lm} \leq F_{Llim}$

Aun cuando las soluciones, en rehabilitación, son muy similares, para el desarrollo de nuestro estudio hemos clasificado las cubiertas en planas e inclinadas.

Cubiertas planas



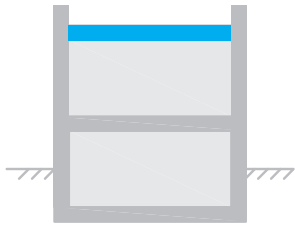
Cubiertas inclinadas



08 SOLUCIONES KNAUF

8.2.1.

Rehabilitación en cubiertas planas



Antiguamente y aún hoy en Marruecos, existen cubiertas planas formadas por una estructura de troncos de madera que soportan un entramado tejido de cañas, revestido con una capa intermedia de arbustos que sustentan unos centímetros de tierra compactada y sobre ella una capa de arcilla para aumentar su impermeabilidad. De ahí se deriva el nombre genérico de "terrado".

La mayoría son soluciones tradicionales que aún subsisten difieren bastante de la expuesta, tanto es así que su nombre a cambiado a "azotea", palabra que proviene del árabe "Suteih" que significa terraza.

Con independencia de soluciones estéticas y de habitabilidad, la mayoría de los bloques de las viviendas urbanas ubicadas en zonas geográficas templadas y con pocas precipitaciones se realizan con cubiertas planas. Se denominan planas por su apariencia, no obstante y como es lógico, la superficie impermeabilizada formará una ligera pendiente (entre el 1 y el 5%) para que el agua de lluvia circule hacia los puntos de desagüe. Estas pendientes se optimizan en la construcción tradicional con hormigón celular vertido in situ sobre la capa de compresión del último forjado. Sobre este hormigón esponjoso, una vez fraguado con sus pendientes, se le extiende la capa de impermeabilización y sobre ella se instalan baldosas cerámicas fijadas con mortero de cemento sobre otra capa intermedia separadora dispuesta sobre la impermeabilización, consiguiéndose así que la cubierta sea incluso transitable.

Techos suspendidos empleados en el estudio

Tradicionalmente en climas cálidos, con veranos calurosos se realizaban cubiertas denominadas ventiladas o “a la catalana”. Este tipo de cubierta plana posee una cámara de aire para crear corrientes que atenúen las altas temperaturas exteriores propiciadas por la radiación solar. No se necesita barrera de vapor porque la cámara misma funciona impidiendo la condensación. La capa externa esta formada por losas apoyadas que permiten azoteas transitables y planas.

Aun cuando los tipos de cubiertas planas tradicionales descritas son los más usuales, también existen otras soluciones planas tales como:

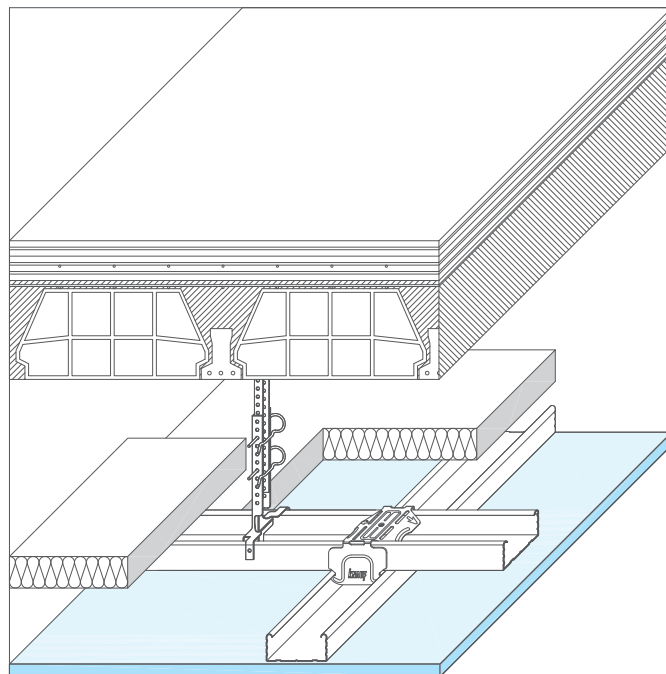
- Cubierta invertida con pavimento flotante.
- Cubierta invertida con grava.
- Cubierta Deck.

Estas soluciones, algunas de ellas de uso más reciente, por lo general ofrecen aislamientos térmicos suficientes.

En nuestro estudio nos ocuparemos de las soluciones aplicables a las cubiertas tradicionales que por su antigüedad y deficiente construcción, evidencian transmitancias elevadas y por lo tanto requerirán de actuaciones correctivas para incrementar su bajo aislamiento térmico.

El croquis que se detalla es uno de los posibles a emplear para aumentar el aislamiento térmico de las cubiertas planas en las viviendas bajo tejado. Knauf dispone de otras soluciones para techos suspendidos, todos ellos detallados en su hoja técnica D11E.

Las variantes de la solución expuesta vendrán determinadas por requerimientos constructivos distintos a su aislamiento térmico, como pueden ser el tipo de anclaje al forjado y la distancia entre cuelgues.



D112.es Perfilaría cruzada y lana mineral

Seguidamente relacionamos algunos de los valores necesarios para el estudio de las cubiertas planas e inclinadas y de los divisorios horizontales entre viviendas y locales no habitados, tales como los coeficientes de transmisión de los materiales y las resistencias térmicas de ciertos sistemas constructivos:

Valores de la conductividad y la resistencia térmica

MATERIAL	λ (W / mK)	Rt (m²K/ W)
Hormigón con áridos ligeros	1,15	
Mortero de cemento o cal	1,30	
Capa separadora	1,30	
Placa de yeso laminado (PYL)	0,21	
Enlucido de yeso	0,40	
Lana mineral	0,35	
Lámina asfáltica	0,70	
Plaqueta o baldosa cerámica	1,00	
Losa de hormigón armado	2,30	
Teja cerámica plana	1,3	
Teja árabe	1,3	
Teja de hormigón	1,5	
Tablero de hormigón	1,9	
Rasilla cerámica	0,32	
SISTEMAS CONSTRUCTIVOS		
Piezas de entrevigado cerámicas de 300 mm		0,32
Piezas de entrevigado de hormigón de 300 mm		0,21
Losas alveolares con capa de compresión de 300 mm		0,19
Losas macizas de hormigón armado de 300 mm		0,12

Como se verá más adelante, en los ejemplos estudiados con la intervención de los sistemas Knauf se va mucho más allá de los valores mínimos requeridos según norma.

El estudio de todos los techos suspendidos se ha realizado siguiendo el procedimiento indicado en el CTE DB HE y en la mayor parte de los valores reseñados en el Catálogo de Elementos Constructivos redactado por el Instituto Eduardo Torroja.

Cuando en el citado documento no se han hallado los datos requeridos, estos se han obtenidos de los fabricantes correspondientes.

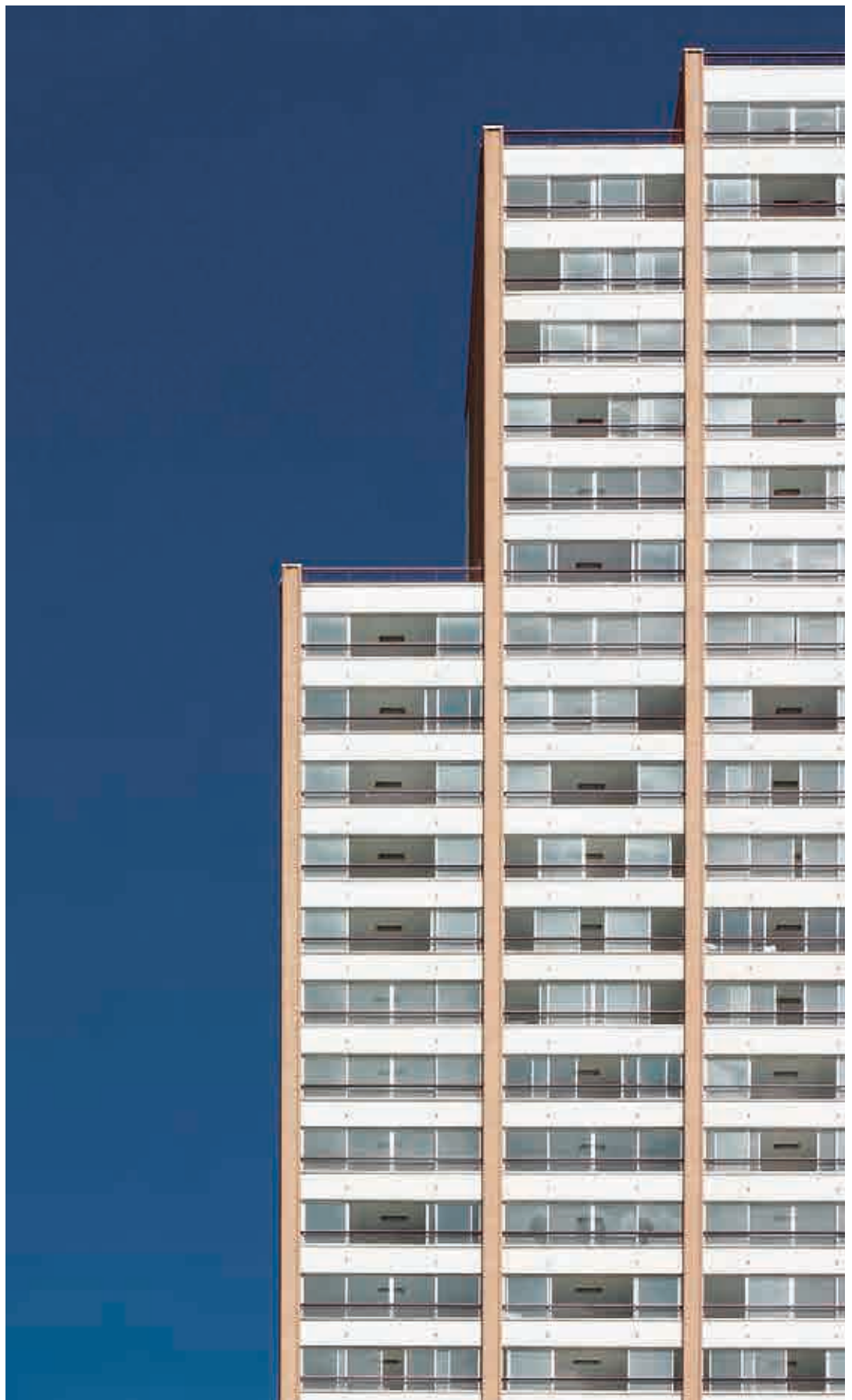
Incluimos el desglose del cálculo del primer elemento constructivo estudiado. En todos los demás se ha aplicado la misma técnica.

Cubierta plana

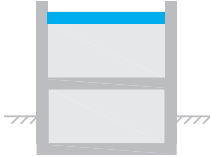
Capa	Espesor (m)	λ (W/mK)	Rt (m ² K/W)
Aire exterior			0,040
Solado	0,030	1,000	0,030
Mortero cola	0,015	1,300	0,012
Capa separadora	0,010	1,300	0,008
Lámina asfáltica	0,010	0,700	0,014
Hormigón celular	0,100	1,150	0,087
Forjado unidireccional	0,300		0,190
Enlucido de yeso	0,015	0,400	0,038
Cámara de aire			
Lana mineral			
Placa de yeso laminado			
Aire interior			0,170
Σ Rt Resistencia Térmica m ² K/W			0,588
U Transmitancia W/m ² k			1,701

Cubierta plana + techo suspend. Knauf

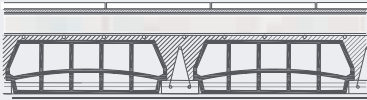
Espesor (m)	λ (W/mK)	Rt (m ² K/W)
		0,040
0,030	1,000	0,030
0,015	1,300	0,012
0,010	1,300	0,008
0,010	0,700	0,014
0,100	1,150	0,087
0,300		0,190
0,015	0,400	0,038
0,020		0,160
0,120	0,035	3,430
0,015	0,210	0,070
		0,170
RT		4,250
U		0,230



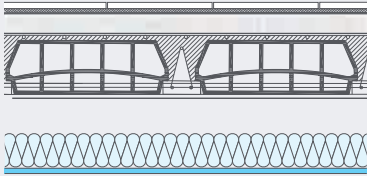
Forjados en cubiertas planas

	Descripción	U (W /m²K)	Zonas climáticas	
			Cumple con tabla 2.3 CTE HE	Cumple con Apéndice D edificio de referencia

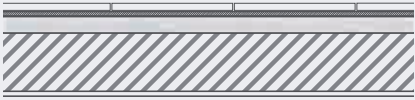
FORJADO UNIDIRECCIONAL

	1 · Solado	1,70	NO CUMPLE	
	2 · Mortero cola			
	3 · Capa separadora			
	4 · Capa de impermeabilización			
	5 · Hormigón celular esp. med 10 cm			
	6 · Forjado unidireccional			
	7 · Enlucido 15mm			

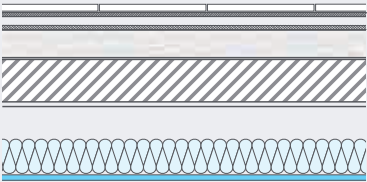
FORJADO UNIDIRECCIONAL + TECHOS SUSPENDIDO KNAUF

	1 · Solado	0,23	α	α
	2 · Mortero cola			
	3 · Capa separadora		A	A
	4 · Capa de impermeabilización			
	5 · Hormigón celular esp. med 10 cm		B	B
	6 · Forjado unidireccional			
	7 · Enlucido 15mm		C	C
	8 · Cámara de aire			
	9 · Lana mineral		D	D
	10 · Placa Knauf		E	E

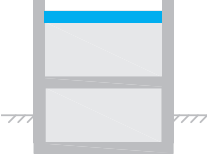
LOSA DE HORMIGÓN

	1 · Solado	1,93	NO CUMPLE	
	2 · Mortero cola			
	3 · Capa separadora			
	4 · Capa de impermeabilización			
	5 · Hormigón celular esp. med 10 cm			
	6 · Forjado unidireccional			
	7 · Enlucido 15mm			
	8 · Cámara de aire			

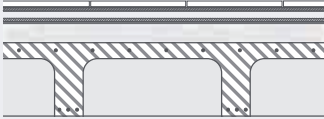
LOSA DE HORMIGÓN + TECHO SUSPENDIDO KNAUF

	1 · Solado	0,25	α	α
	2 · Mortero cola			
	3 · Capa separadora		A	A
	4 · Capa de impermeabilización			
	5 · Hormigón celular esp. med 10 cm		B	B
	6 · Losa de hormigón normalizada			
	7 · Enlucido 15mm		C	C
	8 · Cámara de aire			
	9 · Lana mineral		D	D
	10 · Placa Knauf		E	E

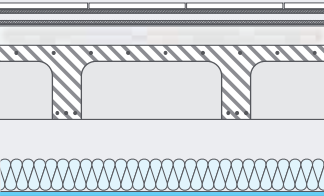
Forjados en cubiertas planas

	Descripción	U (W /m²K)	Zonas climáticas	
			Cumple con tabla 2.3 CTE HE	Cumple con Apéndice D edificio de referencia

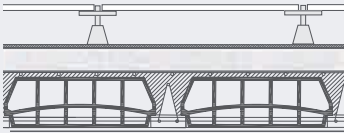
LOSA CASETÓN DE HORMIGÓN

	1 · Solado	1,70	NO CUMPLE	
	2 · Mortero cola			
	3 · Capa separadora			
	4 · Capa de impermeabilización			
	5 · Hormigón celular esp. med 10 cm			
	6 · Losa casetón de hormigón			
	7 · Enlucido 15 mm			

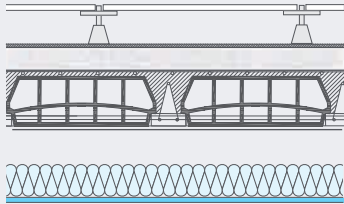
LOSA CASETÓN DE HORMIGÓN + TECHO SUSPENDIDO KNAUF

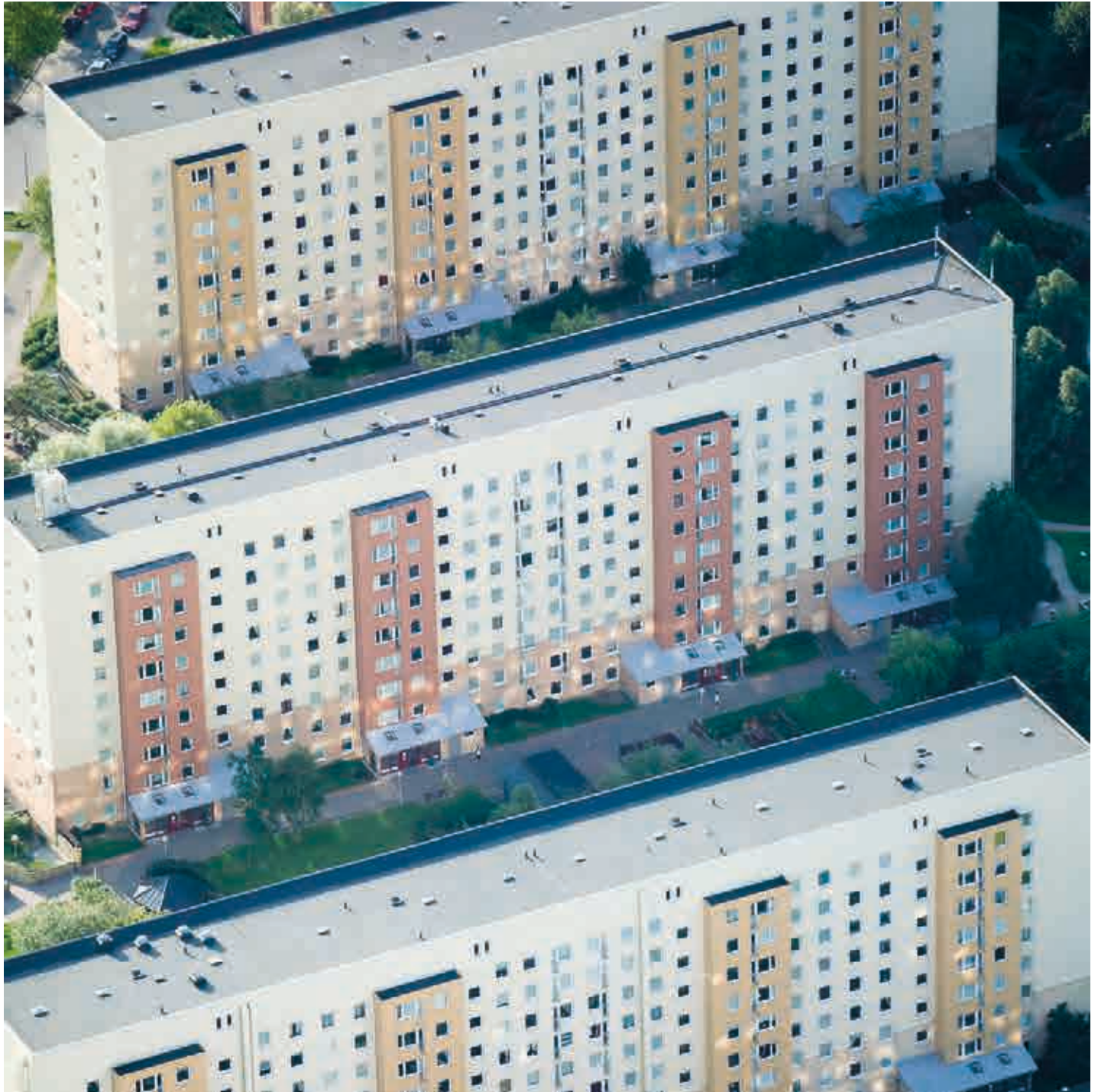
	1 · Solado	0,25	α	α
	2 · Mortero cola			
	3 · Capa separadora		A	A
	4 · Capa de impermeabilización			
	5 · Hormigón celular esp. med 10 cm		B	B
	6 · Losa casetón de hormigón			
	7 · Enlucido 15 mm		C	C
	8 · Cámara de aire			
	9 · Lana minera		D	D
	10 · Placa Knauf			
			E	E

CUBIERTA VENTILADA

	1 · Solado	1,52	NO CUMPLE	
	2 · Cámara de aire			
	3 · Capa separadora antipunzonante			
	4 · Capa de impermeabilización			
	5 · Hormigón con áridos ligeros espesor medio 10 cm			
	6 · Forjado unidireccional			
	7 · Enlucido 15mm			

CUBIERTA VENTILADA + TECHO SUSPENDIDO KNAUF

	1 · Solado	0,25	α	α
	2 · Cámara de aire			
	3 · Capa separadora antipunzonante		A	A
	4 · Capa de impermeabilización			
	5 · Hormigón con áridos ligeros espesor medio 10 cm		B	B
	6 · Forjado unidireccional			
	7 · Enlucido 15mm		C	C
	8 · Cámara de aire			
	9 · Lana mineral		D	D
	10 · Placa Knauf			
			E	E



08 SOLUCIONES KNAUF

8.2.2.

Rehabilitación en cubiertas inclinadas

La mayoría de las viviendas ubicadas en zonas geográficas de climatología severa, con precipitaciones de agua y nieve importantes se realizan con este tipo de cubierta.

Algunas veces también se construyen en zonas urbanas de climatología suave, con el propósito de aumentar espacios ocupables por habilitación del desván.

Según el CTE DB HE denominan cubiertas inclinadas aquellos cerramientos superiores en contacto con el aire exterior cuya inclinación sea inferior a 60° respecto a la horizontal. A partir de esta inclinación el cerramiento considerado pasará a la categoría de fachada.

Desde el punto de vista térmico existen dos tipos de cubiertas inclinadas: las de desván habitable y las de desván no habitable.

Como es lógico, al igual que en el caso de las cubiertas planas, se considerará esencial su estanquidad, siendo éste el principal motivo de su rehabilitación. Una vez conseguido este propósito se procederá al incremento de su aislamiento térmico, que es en donde los sistemas Knauf ofrecen soluciones definitivas.

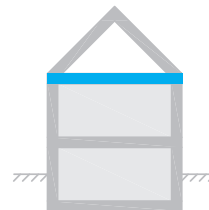


08 SOLUCIONES KNAUF

8.2.2.1.

Cubiertas inclinadas con desván no-habitable

Según el DB HE los divisorios horizontales en contacto con espacios no habitables, como en el caso de desvanes no habitables, se consideran los forjados que lo sustentan como cubiertas planas. De tal manera que las exigencias térmicas serán las mismas y por lo tanto, las soluciones de rehabilitación con techos suspendidos Knauf serán similares a las aplicadas para cubiertas planas.



En este tipo de cubiertas, casi siempre los faldones que forman las pendientes se apoyan sobre las cerchas por medio de correas de madera, metálicas o de hormigón. Estas cerchas acostumbran a construirse por medio de tabiquillos cerámico aligerados denominados "palomeros" o "conejeros". En cualquier caso la rehabilitación directa bajo las pendientes formadas es de gran dificultad, por lo que se actuará bajo el forjado horizontal de sustento, al igual que en las soluciones aplicadas bajo cubiertas planas.

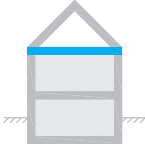


Es evidente que en la mayoría de los casos la cámara formada en el desván aportará un aislamiento térmico no despreciable. No obstante, y debido a la variedad de situaciones, volúmenes y puentes térmicos que se generan, esta posibilidad de decremento de la transmitancia no se tomará en cuenta, más si tenemos presente las exigencias del CTE BH HE.

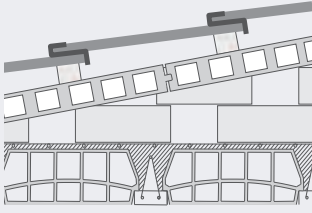
Según lo indicado, el cálculo de las transmitancias antes y después de la rehabilitación se resumirá en uno sólo al no considerarse ni la cámara de la buhardilla ni los elementos de impermeabilización de las capas exteriores.



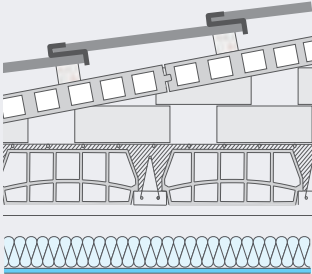
Cubierta habitable con desván no habitado

	Descripción	U (W /m²K)	Zonas climáticas	
			Cumple con tabla 2.3 CTE HE	Cumple con Apéndice D edificio de referencia

FORJADO

	1 · Capa de compresión	1,59	NO CUMPLE	
	2 · Forjado unidireccional			
	3 · Enlucido 15mm			

FORJADO + TECHO SUSPENDIDO KNAUF

	1 · Capa de compresión	0,23	α	α
	2 · Forjado unidireccional		A	A
	3 · Enlucido 15mm		B	B
	4 · Cámara de aire		C	C
	5 · Lana mineral		D	D
	6 · Placa Knauf		E	E

08 SOLUCIONES KNAUF

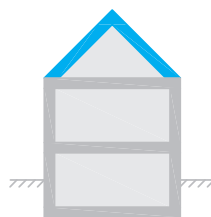
8.2.2.2.

Cubiertas inclinadas con desván habitado

Para habilitar un desván es necesario que la estructura soporte de la cubierta ofrezca espacios diáfanos como pueden ofrecer las estructuras tipo pórtico, cerchas resistentes o paredes de carga con separaciones a más de 3m. También se tendrá en cuenta que las pendientes superen los 30°. Para ello será necesario que el diseño de las viviendas se realice previendo esta situación.

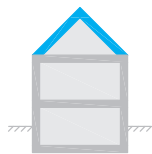
Cualquier actuación posterior para habilitar desvanes, inicialmente no previstos para tal función, será difícil y en algunos casos imposible su re-conversión.

Tanto si el desván ya está habilitado, como si no, cualquier actuación en este espacio, pasará por cerciorarnos de que la cubierta sea totalmente impermeable y que no se produzcan condensaciones intersticiales que puedan degradar el comportamiento térmico de las soluciones que proponemos. Todas ellas serán básicamente las mismas que las propuesta en el capítulo anterior. Lógicamente en este caso los sistemas Knauf se instalarán inclinados y por lo tanto paralelos al trasdós de la de la cubierta inclinada.





Cubiertas inclinadas con desván habitable



Descripción	U (W /m²K)	Zonas climáticas	
		Cumple con tabla 2.3 CTE HE	Cumple con Apéndice D edificio de referencia

TEJADO CON TEJA CERÁMICA PLANA

	1 · Teja cerámica plana	1,81	NO CUMPLE
	2 · Cámara de aire semi ventilada		
	3 · Forjado unidireccional		
	4 · Enlucido de yeso		

TEJADO CON TEJA CERÁMICA PLANA + TECHOS SUSPENDIDO KNAUF

	1 · Teja cerámica plana	0,24	α	α
	2 · Cámara de aire semi ventilada		A	A
	3 · Forjado unidireccional		B	B
	4 · Enlucido de yeso		C	C
	5 · Cámara de aire semi ventilada		D	D
	6 · Lana mineral		E	E
	7 · Placa de yeso laminado Knauf			

TEJADO CON TEJA ÁRABE

	1 · Teja árabe	2,16	NO CUMPLE
	2 · Capa de mortero		
	4 · Rasilla cerámica		
	5 · Enlucido de yeso		

TEJADO CON TEJA ÁRABE + TECHO SUSPENDIDO KNAUF

	1 · Teja árabe	0,24	α	α
	2 · Capa de mortero		A	A
	4 · Rasilla cerámica		B	B
	5 · Enlucido de yeso		C	C
	6 · Lana mineral		D	D
	7 · Placa de yeso laminado Knauf		E	E

Cubiertas inclinadas con desván habitable



Descripción	U (W /m²K)	Zonas climáticas	
		Cumple con tabla 2.3 CTE HE	Cumple con Apéndice D edificio de referencia

TEJADO CON PIZARRA

	1 · Pizarra natural	1,44	NO CUMPLE	
	2 · Cámara de aire semi ventilada			
	3 · Tablero se hormigón			
	4 · Cámara de aire			
	4 · Placa de escayola			

TEJADO CON PIZARRA + TECHOS SUSPENDIDO KNAUF

	1 · Pizarra natural	0,23	α	α
	2 · Cámara de aire semi ventilada		A	A
	3 · Tablero se hormigón		B	B
	4 · Cámara de aire		C	C
	4 · Placa de escayola		D	D
	6 · Lana mineral		E	E
	7 · Placa de yeso laminado Knauf			

TEJADO CON TEJA DE HORMIGÓN

	1 · Teja de hormigón	2,17	NO CUMPLE	
	2 · Capa de mortero			
	4 · Rasilla cerámica			
	5 · Enlucido de yeso			

TEJADO CON TEJA DE HORMIGÓN + TECHO SUSPENDIDO KNAUF

	1 · Teja de hormigón	0,24	α	α
	2 · Capa de mortero		A	A
	4 · Rasilla cerámica		B	B
	5 · Enlucido de yeso		C	C
	6 · Lana mineral		D	D
	7 · Placa de yeso laminado Knauf		E	E

08 SOLUCIONES KNAUF

8.3.

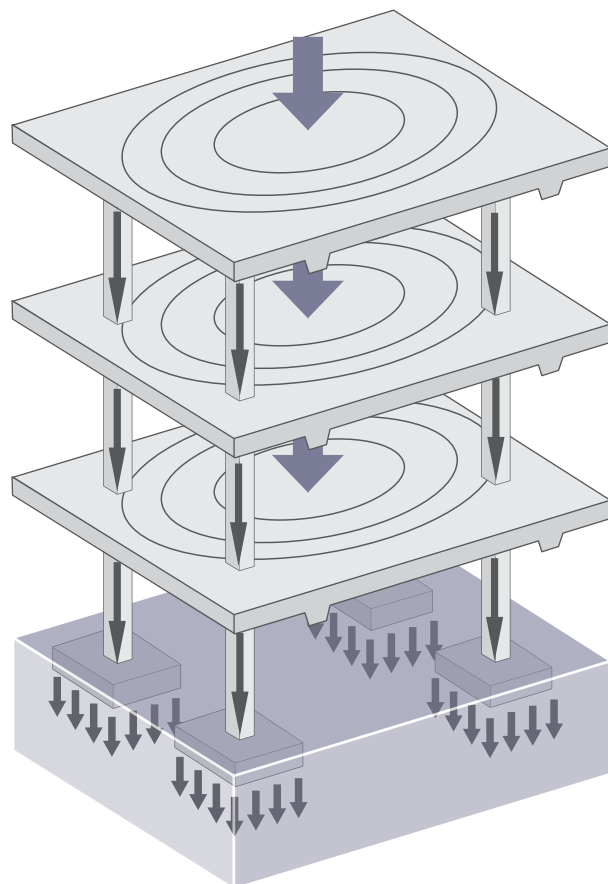
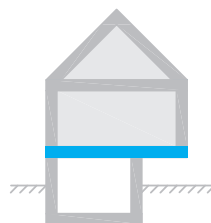
Elementos de separación horizontal

Las estructuras constructivas que delimitan las distintas plantas de un edificio se denominan forjados. Son elementos horizontales, que soportan su propio peso además de las cargas estáticas, tales como tabiques, muros, sanitarios etc. y las accidentales como el tránsito de personas, muebles y demás enseres propios de una vivienda. Estos elementos horizontales se apoyan en jácenas o muros de carga a sus vez soportados por los pilares que finalmente transmiten el esfuerzo al terreno por medio de los cimientos.

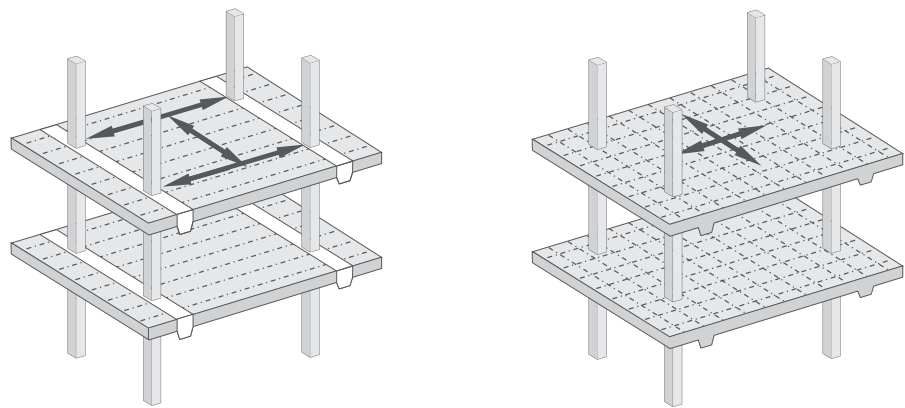
Existen varios tipos de forjados, los más antiguos son de madera, actualmente en desuso, ya que fueron concebidos para soportar cargas pequeñas; casi siempre presentan una flechas excesivas. Para rehabilitarlos será necesario reforzar la estructura existente y construir una losa sutil de hormigón armado o una nueva tarima más resistente. Aún así su aislamiento termo acústico será insuficiente.

En viviendas antiguas podemos encontrar aun forjados realizados con vigas de madera y revoltón cerámico. No obstante, los más usuales suelen ser los unidireccionales (vigüeta y bovedilla, en una sola dirección) o bidireccionales o reticulares (doble dirección de las vigüetas amadas, realizadas in situ).

En una determinada época y para la rápida construcción de viviendas sociales se empleó el sistema de "encofrado túnel". Este sistema prefabricado se construían los forjados con losas de hormigón armado con un índice de transmitancia muy elevado.



En cualquier caso, solo sera de interes para nuestro estudio térmico aquellos forjados que delimiten horizontalmente aquellos recintos habitados de los no habitados o de los habitados con el exterior, el mismo DB HE define como suelos de los forjados coincidentes con aquellos cerramientos inferiores horizontales o ligeramente inclinados que esten en contacto con el aire, con el terreno, o con un espacio no habitable. Por lo general en la mayoría de las edificaciones realizadas con anterioridad a la aplicacion de las exigencias de CTE DB HE será necesario incrementar su aislamiento termico ya que como es sabido en la anterior normativa estas exigencias no se establecian.



Valores límite según tabla 2.3 CTE HE, edificio de referencia apéndice D del CTE HE

ZONA CLIMÁTICA	α	A	B	C	D	E
Tabla 2.3	1,20	0,80	0,65	0,50	0,40	0,35
Apéndice D	0,53	0,53	0,52	0,50	0,49	0,48

Por otro lado, la tabla 2.4 del CTE HE ofrece un valor límite para particiones interiores, cuando delimiten unidades de distinto uso, zonas comunes y medianeras en edificios de uso residencial privado.

TIPO DE ELEMENTO	ZONA CLIMÁTICA DE INVIERNO					
	α	A	B	C	D	E
Particiones horizontales y verticales	1,35	1,25	1,10	0,95	0,85	0,70

Al igual que en los en los casos anteriores la síntesis del procedimiento de comparación con los valores límite se establece en el siguiente cuadro:

Síntesis del procedimiento de comparación con los valores límite

TIPO DE CERRAMIENTO	COMPONENTES	PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS	PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS MEDIOS	COMPARACIÓN CON VALORES LÍMITE
SUELOS	S1 Apoyados sobre el terreno	U_{s2}	$U_{Hm} = \frac{\sum A_s \cdot U_s}{\sum A_s}$	$U_{sm} < U_{slim}$
	S2 En contacto con espacios no habitables	U_{s2}		
	S3 En contacto con el aire exterior	U_{s3}		

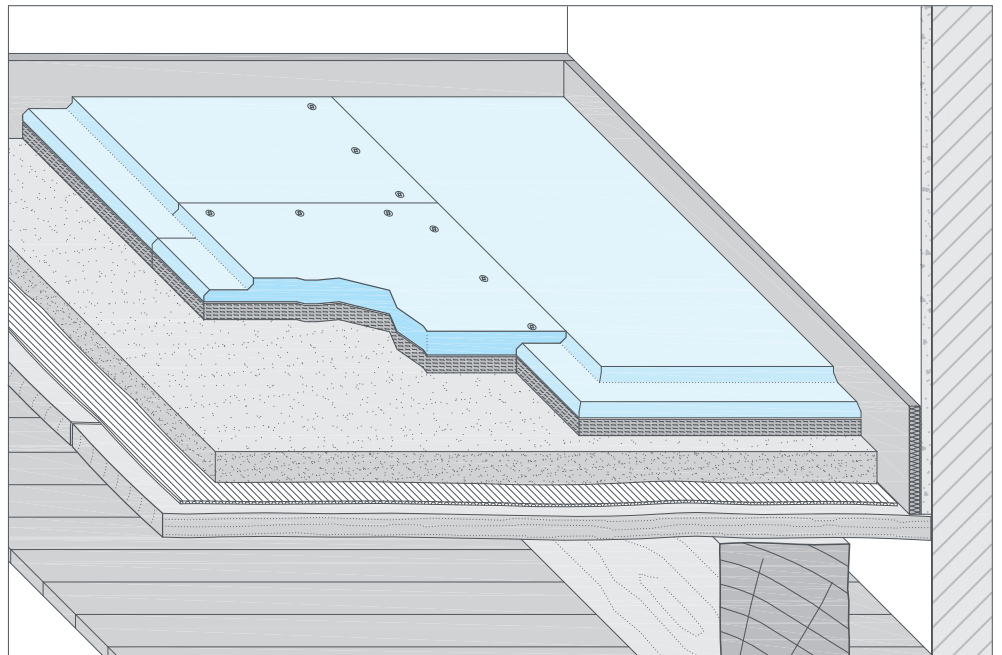
En teoría el incremento de aislamiento térmico de las divisiones horizontales se puede realizar actuando tanto por encima o por debajo de la divisoria.

Si la zona no habitable es accesible se actuará de forma muy similar a la descrita en el capítulo 6.2.1. “Rehabilitación en cubiertas planas”. Tendiendo en cuenta que el valor de la transmitancia origen variará mínimamente debido a que el tipo de solado interior no requerirá el tratamiento impermeabilizante de la cubierta planas estudiadas.

En los forjados en contacto con el exterior, como en los casos de los soportales, si se actúa por debajo del forjado las soluciones a aplicar serán iguales a las descritas anteriormente con la única salvedad de que la instalación que la placa externa deberá ser tipo impregnada en la mayoría de los casos. Si se prevee que el paramento externo pueda estar en contacto con el agua de lluvia, se sustituirá esta placa por otra del tipo Aquapanel® Outdoor.

En la prácticamente mayoría de los casos será más factible actuar por encima o zona habitable del recinto. En estos casos la solución Knauf idónea será la instalación de una Solera Seca Brío sistema F12.es. Con ayuda de la Hoja Técnica correspondiente se podrá diseñar la solera más adecuada según el forjado a rehabilitar teniendo en cuenta, además de los condicionantes térmicos, los correspondientes a aislamientos acústicos y de resistencia al fuego.

En los cálculos desarrollados en el presente estudio no se ha aplicado la solución base, suficiente para nuestro propósito térmico.





El estudio de todas las soleras secas y los techos suspendidos, se ha realizado siguiendo el procedimiento indicado en el CTE DB HE y en la mayor parte de los valores reseñados en el Catálogo de Elementos Constructivos redactado por Instituto Eduardo Torroja. Cuando en el citado documento no se han hallado los datos requeridos, estos se han obtenidos de los fabricantes correspondientes. Incluimos el desglose del cálculo del primer elemento constructivo estudiado. En todos los demás se ha aplicado la misma técnica.



Losa de hormigón

	Espesor (m)	λ (W/mK)	Rt (m²K/W)
Aire interior			0,170
Solado	0,020	1,000	0,020
Mortero de cemento	0,010	0,800	0,013
Brio 23			
EPS			
Capa impermeabilizante			
Mortero autonivelante			
Imprimización			
Capa de compresión	0,050	1,650	0,030
Forjado macizo	0,140	2,300	0,061
Enlucido de Yeso	0,015	0,400	0,038
Aire interior			0,170
RT m²K/W			0,501
U W/m²K			1,995

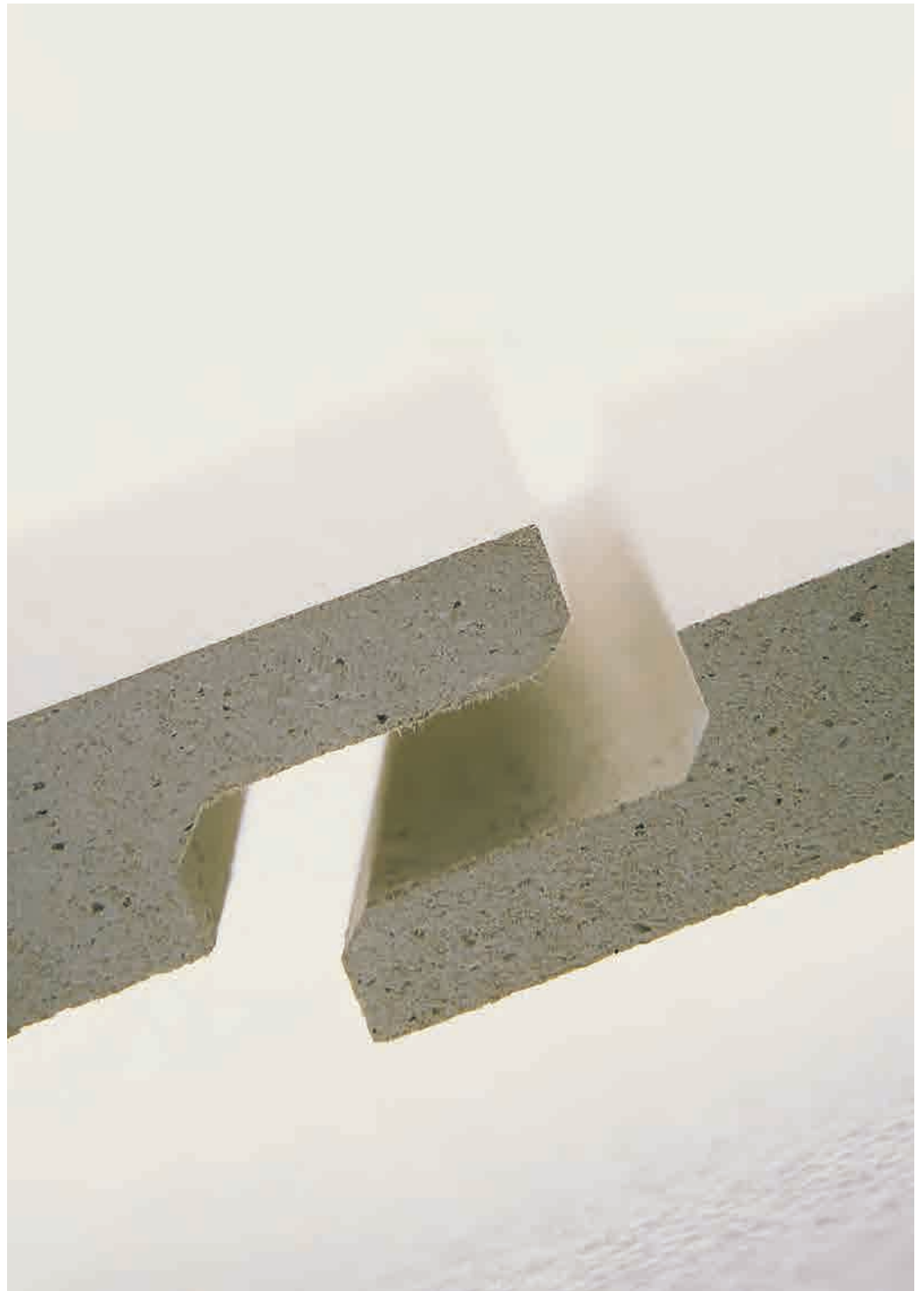
Losa de hormigón + Brio 18

Espesor (m)	λ (W/mK)	Rt (m²K/W)
		0,170
		0,020
		0,013
0,023	0,380	0,061
0,100	0,040	2,500
0,020	0,700	0,029
0,010	0,800	0,013
0,10	0,800	0,013
		0,030
		0,061
		0,038
		0,170
		3,115
		0,321

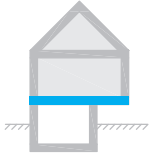
08 SOLUCIONES KNAUF

8.3.1.

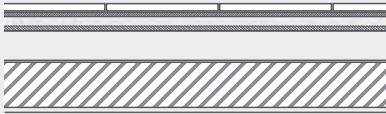
Rehabilitación con solera seca Brio



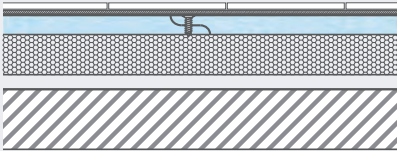
Adecuación de forjados desde la zona habitable

	Descripción	U (W /m²K)	Zonas climáticas	
			Cumple con tabla 2.3 CTE HE	Cumple con Apéndice D edificio de referencia

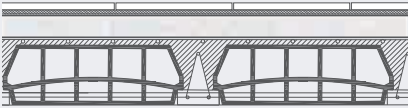
FORJADO CON LOSA DE HORMIGÓN

	1 · Solado	1,99	NO CUMPLE	
	2 · Mortero de cemento			
	3 · Capa de compresión			
	4 · Losa de hormigón			
	7 · Revoco o guarnecido 15mm			

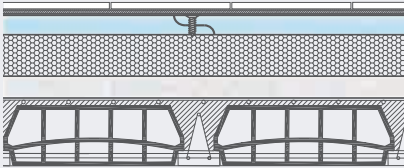
FORJADO CON LOSA DE HORMIGÓN + SOLERA SECA BRIO

	1 · Solado	0,32	α	α
	2 · Mortero de cemento			
	3 · Brio 23		A	A
	4 · 100 mm de EPS			
	5 · Capa impermeabilizante		B	B
	6 · Mortero autonivelante		C	C
	7 · Capa de imprimación			
	8 · Capa de compresión		D	D
	9 · Losa de hormigón			
	10 · Revoco o guarnecido 15 mm		E	E

FORJADO UNIDIRECCIONAL

	1 · Solado	1,31	NO CUMPLE	
	2 · Mortero de cemento			
	3 · Capa de compresión			
	4 · Vigueta y bovedilla			
	7 · Revoco o guarnecido 15mm			

FORJADO UNIDIRECCIONAL + SOLERA SECA BRIO

	1 · Solado	0.30	α	α
	2 · Mortero de cemento			
	3 · Brio 23		A	A
	4 · 100 mm de EPS		B	B
	5 · Capa impermeabilizante		C	C
	6 · Mortero autonivelante			
	7 · Capa de imprimación		D	D
	8 · Capa de compresión			
	9 · Revoco o guarnecido 15 mm		E	E

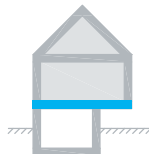
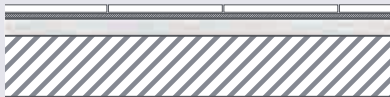
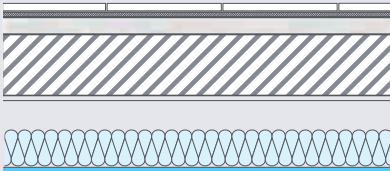
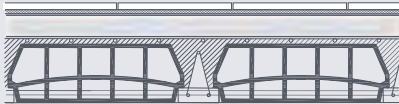
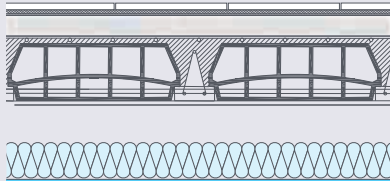
08 SOLUCIONES KNAUF

8.3.2.

Rehabilitación de forjados con
techo suspendido Knauf



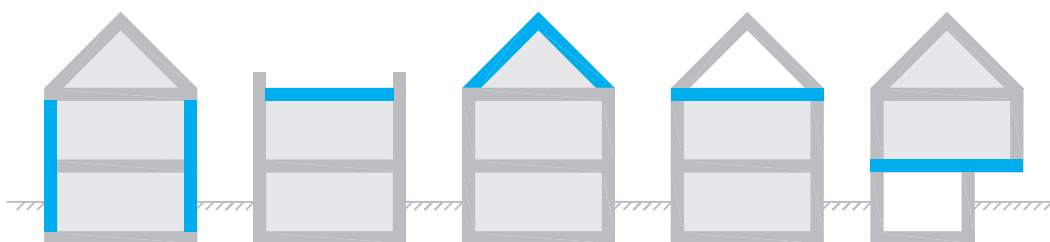
Adecuación de forjados desde el exterior o la zona no habitable

	Descripción	U (W /m²K)	Zonas climáticas	
			Cumple con tabla 2.3 CTE HE	Cumple con Apéndice D edificio de referencia
FORJADO CON LOSA DE HORMIGÓN				
	1 · Solado 2 · Mortero de cemento 3 · Capa de compresión 4 · Losa de hormigón 7 · Revoco o guarnecido 15mm	1,99	NO CUMPLE	
FORJADO CON LOSA DE HORMIGÓN + TECHO SUSPENDIDO				
	1 · Solado	0,30	α	α
	2 · Mortero de cemento		A	A
	3 · Capa de compresión		B	B
	4 · Losa de hormigón		C	C
	5 · Revoco o guarnecido 15 mm		D	D
	6 · Cámara de aire		E	E
	7 · Lana Mineral de 90 mm			
	8 · Placa Knauf impregnada			
FORJADO UNIDIRECCIONAL				
	1 · Solado 2 · Mortero de cemento 3 · Capa de compresión 4 · Vigueta y bovedilla 7 · Revoco o guarnecido 15mm	1,31	NO CUMPLE	
FORJADO UNIDIRECCIONAL + TECHO SUSPENDIDO				
	1 · Solado	0,28	α	α
	2 · Mortero de cemento		A	A
	3 · Capa de compresión		B	B
	4 · Vigueta y bovedilla		C	C
	5 · Revoco o guarnecido 15 mm		D	D
	6 · Cámara de aire		E	E
	7 · Lana Mineral de 90 mm			
	8 · Placa Knauf impregnada			

08 SOLUCIONES KNAUF

8.4.

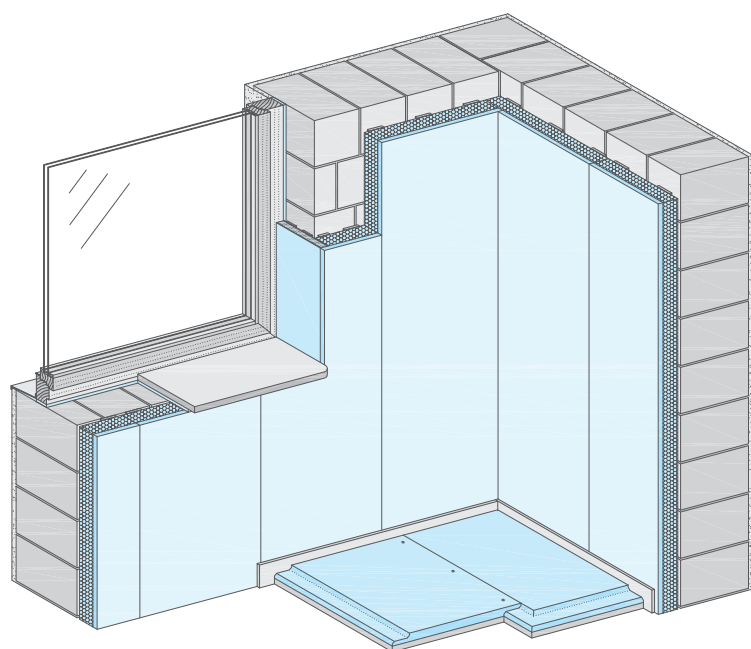
Los sistemas Knauf en la rehabilitación total de la envolvente térmica



En los capítulos anteriores se han desarrollado las soluciones más genéricas para la rehabilitación energética de viviendas con los sistemas Knauf.

Es evidente que variando el tipo y espesor de los aislantes propuestos, se podrá adaptar la transmitancia necesaria en cada zona o ir más allá de lo requerido por la normativa disminuyendo aun más el consumo de energía y, por consiguiente, las emisiones de CO₂.

En todos los casos del estudio detallado de la obra a rehabilitar y de la correcta instalación de los sistemas proyectados dependerá la obtención de los ahorros de energía previstos.



- Los trasdosados interiores con estructura metálica en fachadas se realizarán según la Hoja Técnica W11.es
- Los trasdosados directos en fachadas interiores, se realizarán según la Hoja Técnica W631.es
- Rehabilitación térmica de fachadas por el exterior se realizarán según la Hoja Técnica WM.es
- Para la ejecución de techos suspendidos, tanto inclinados como horizontales, se tendrá en cuenta la Hoja Técnica D11.es
- Las soleras Secas Brio se realizarán según los detalles expuestos en la Hoja Técnica F12.es

08 SOLUCIONES KNAUF

8.5.

Puentes térmicos

Se consideran puentes térmicos las zonas de la envolvente del edificio en las que se evidencia una variación de la uniformidad de la construcción, ya sea por un cambio del espesor del cerramiento, de los materiales empleados, por penetración de elementos constructivos con diferente conductividad, etc., lo que conlleva necesariamente una minoración de la resistencia térmica respecto al resto de los cerramientos. Los puentes térmicos son partes sensibles de los edificios donde aumenta la posibilidad de producción de condensaciones superficiales en la situación de invierno o épocas frías.

Los puentes térmicos más comunes en la edificación que se tendrán en cuenta en el análisis se clasifican en:

- 1. Puentes térmicos integrados en los cerramientos.
 - 1.1. Pilares integrados en los cerramientos de las fachadas.
 - 1.2. Contorno de huecos y lucernarios.
 - 1.3. Cajas de persianas.
 - 1.4. Otros puentes térmicos integrados.
- 2. Puentes térmicos formados por encuentro de cerramientos.
 - 2.1. Frentes de forjado en las fachadas.
 - 2.2. Uniones de cubiertas con fachadas.
 - 2.3. Cubiertas con pretil.
 - 2.4. Cubiertas sin pretil.
 - 2.5. Uniones de fachadas con cerramientos en contacto con el terreno.
 - 2.6. Unión de fachada con losa o solera.
 - 2.7. Unión de fachada con muro enterrado o pantalla.
 - 2.8. Esquinas o encuentros de fachadas, dependiendo de la posición del ambiente exterior pueden ser, entrantes o salientes.
- 3. Encuentros de voladizos con fachadas.
- 4. Encuentros de tabiquería interior con fachadas.

Así pues se prestará especial cuidado en el diseño y en la ejecución de la obra con el fin de evitar especialmente los puentes térmicos integrados en los cerramientos tales como pilares, contornos de huecos y cajas de persiana.

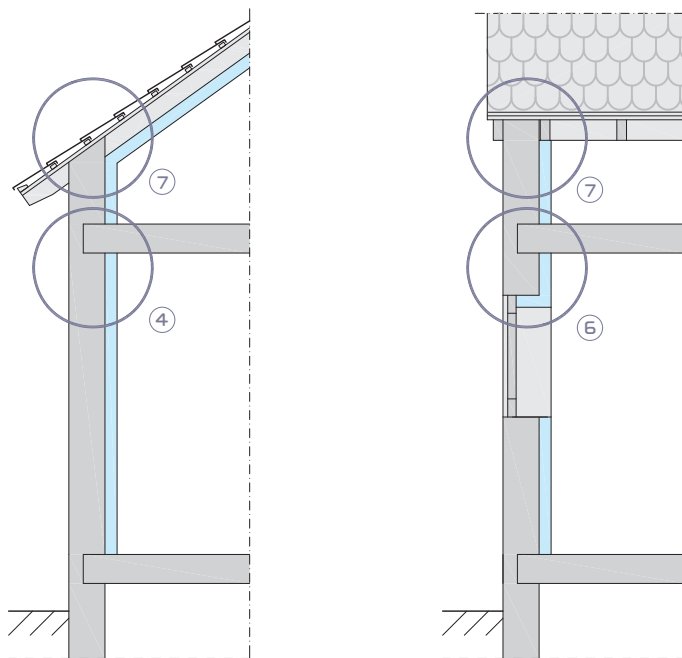
08 SOLUCIONES KNAUF

8.5.1.

Detalles constructivos, aislamiento por el interior

Seguidamente proponemos una serie no exhaustiva de soluciones en los de encuentros de las soluciones propuestas entre trasdosados, techos y soleras.

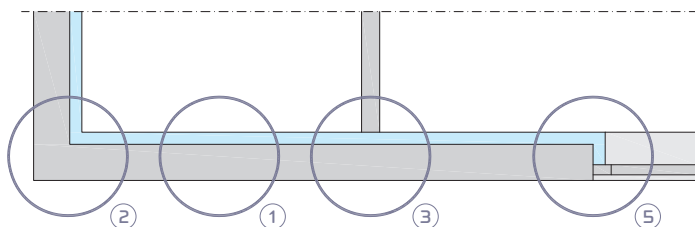
Secciones verticales



Detalles a desarrollar

- 1 · Fachada regular
- 2 · Esquina en fachada
- 3 · Divisores interiores
- 4 · Forjado con fachada
- 5 · Jamba con carpintería de ventanas
- 6 · Encuentro con capialzado
- 7 · Encuentro con falsos techos

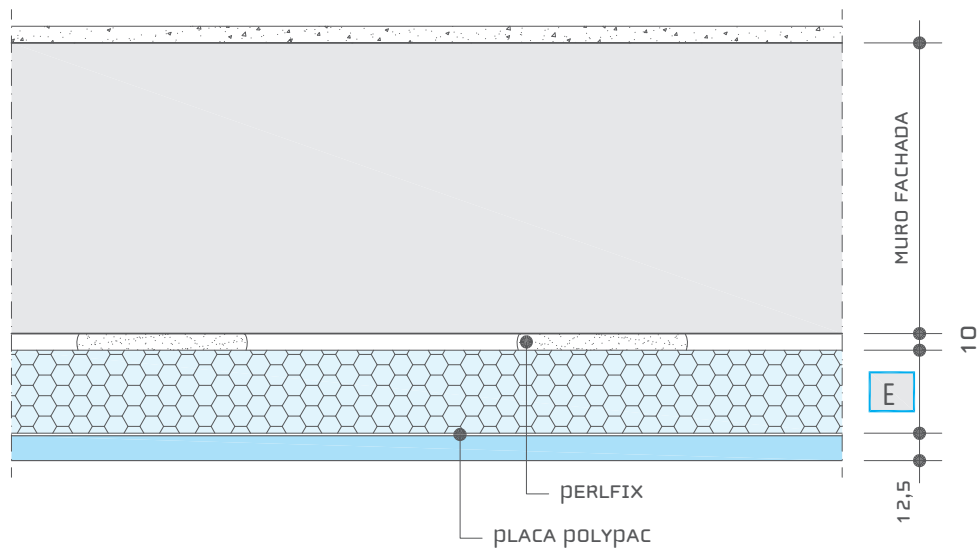
Sección horizontal

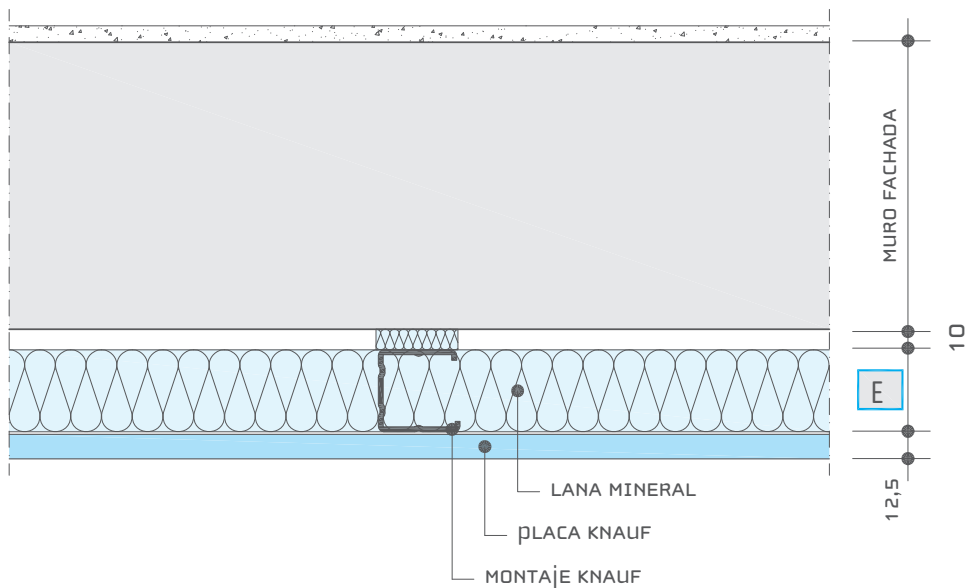


En los detalles constructivos desarrollados, el espesor y el tipo de aislamiento aplicado (EPS o LM) dependerán del soporte a rehabilitar. Esta circunstancia no tiene por que influir en la efectividad de cada una de las soluciones adoptadas.

1) Fachada regular

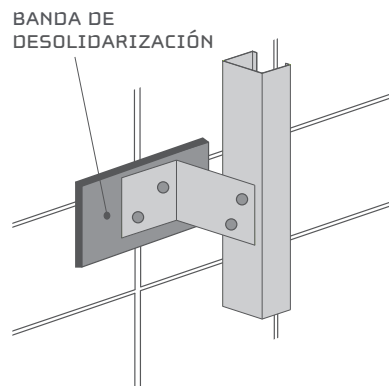
Trasdosado directo de placa transformada POLYPLAC con pasta de agarre PERLFIX sobre el muro de la fachada según W631.es. Como se puede apreciar en la sección transversal no se produce ningún puente térmico.





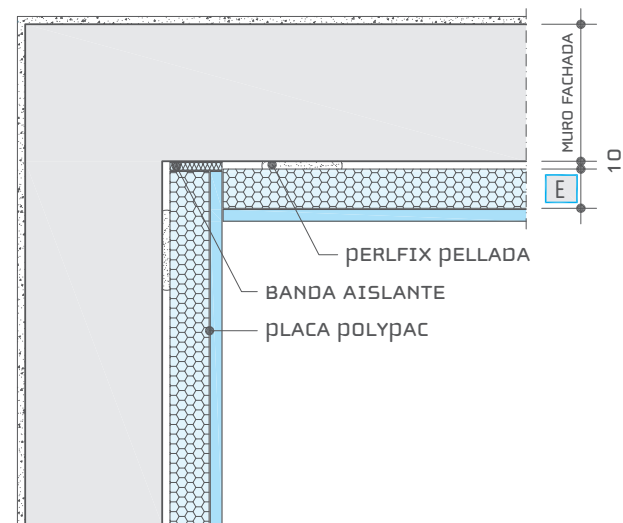
Trasdosado autoportante con placa Knauf estándar de 15 mm de espesor sujeta a la estructura portante con tornillos TN 35 según sistema W625.es.

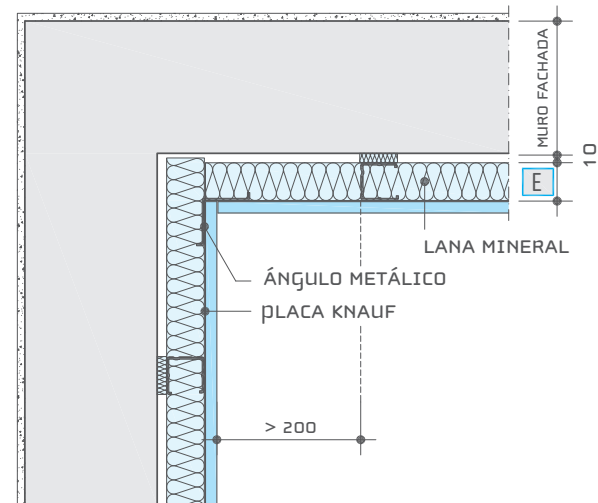
Si debido a la altura libre del trasdosado es necesario su arriostramiento, en la unión de este con el muro se intercalará una banda de desolidarización.



2) Esquinas en fachada

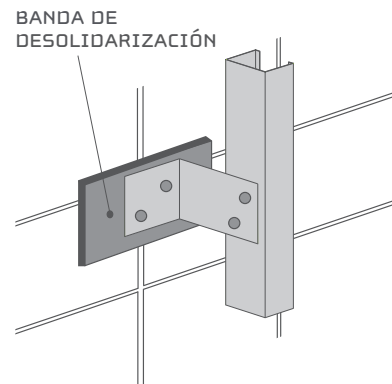
Se aislará la totalidad de la esquina, de tal manera que con el fin de eliminar el posible contacto entre la de placa transformada Polypac y el muro de fachada, se dispondrá de una banda aislante. Esta banda se podrá realizar en obra con tiras de aislante sobrantes o suministradas precortadas por el proveedor.





En los trasdosados autoportantes W625.es y W623.es la esquina de la cámara del trasdosado se rellenará con lana mineral, sobrepasando la anchura de la placa trasdosada.

Al igual que en la fachada regular si debido a la altura libre del trasdosado es necesario su arriostramiento, en la unión de este con el muro se intercalara una banda de desolidarización.

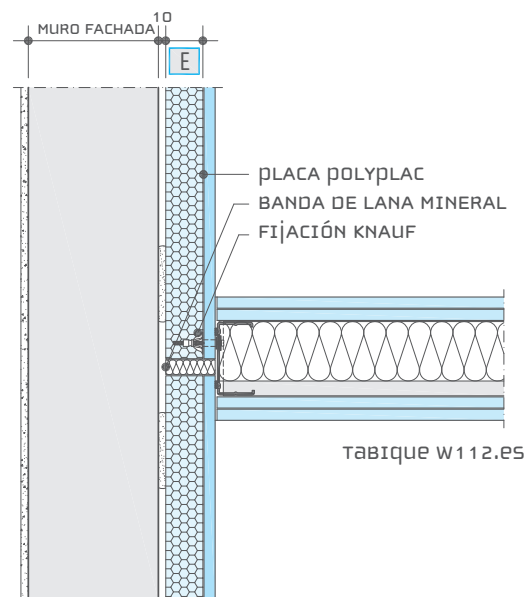


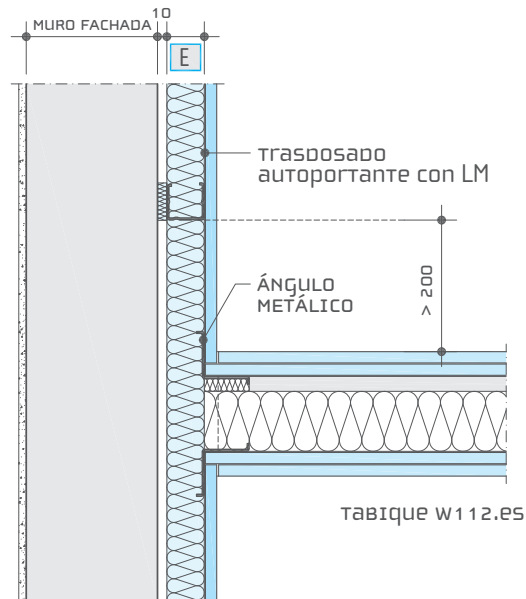
3) Divisorios interiores

Divisorios en la distribución interior de recintos

Trasdosado W631.es

Cuando el tabique de distribución interior acomete a un trasdosado de fachadas con Polyplac, será necesario instalar en él una banda de lana mineral coincidiendo con el eje del tabique de distribución. Con ello paliaremos la posible transmisión acústica por los flancos sin menoscabar el aislamiento térmico previsto.

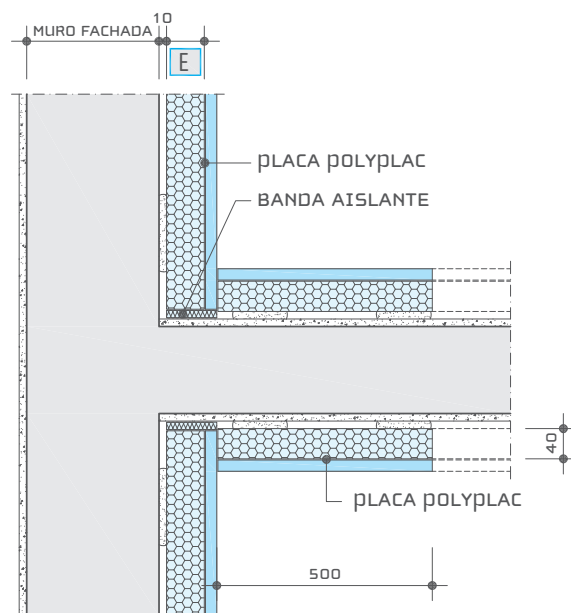




Divisores en la distribución interior de recintos

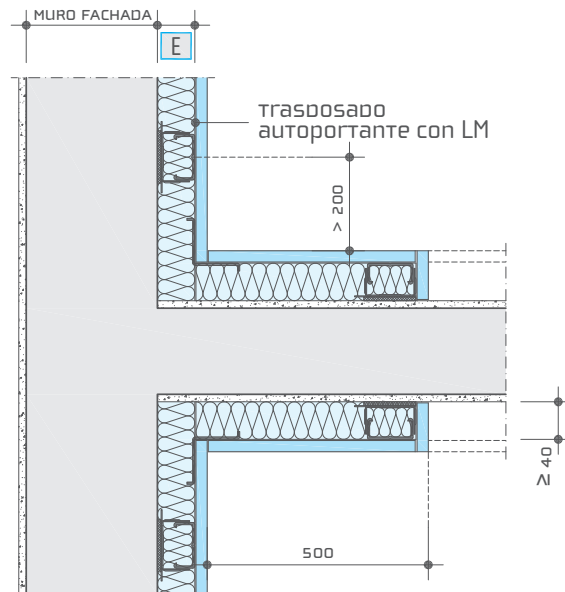
Trasdosado W625.es

Cuando el tabique de distribución interior acomete a un trasdosado de fachadas autoportante se procurará que los perfiles del entramado no coincidan. Es una buena solución fijar el arranque del tabique con dos perfiles auxiliares en ángulo, situando los montantes del trasdosado a 200 mm de ellos.



Separación entre viviendas o recintos con muros tradicionales y trasdosados W631.es

Si los divisorios están contruidos con muros de fábrica o de hormigón, será necesario aislar la cámara del trasdosado hasta unos 50cm de la fachada, para así evitar los puentes térmicos derivados de la menor resistencia térmica de la obra tradicional.



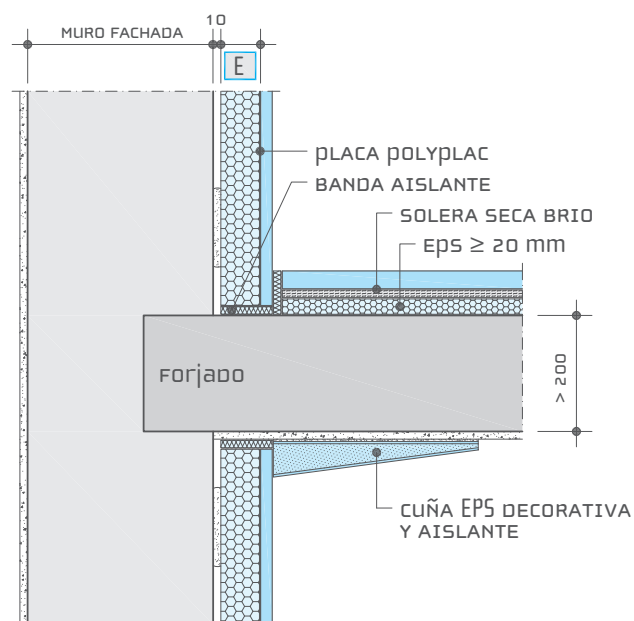
Separación entre viviendas o recintos con muros tradicionales y trasdosados W623.es o W625.es

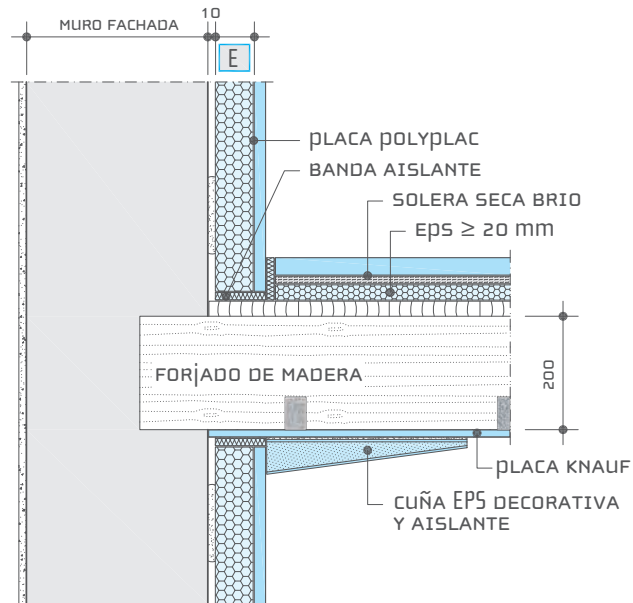
Cuando el divisorio entre recintos o viviendas es un muro de hormigón o de fábrica y se actúa con trasdosado autoportante de entramado, es una buena solución fijar el arranque del tabique con dos perfiles auxiliares en ángulo, situando los montantes del trasdosado a 200 mm de ellos y aislar la cámara del trasdosado hasta 500 mm como mínimo.

4) Forjados con fachada

Separación entre viviendas o recintos con muros tradicionales y trasdosados W631.es

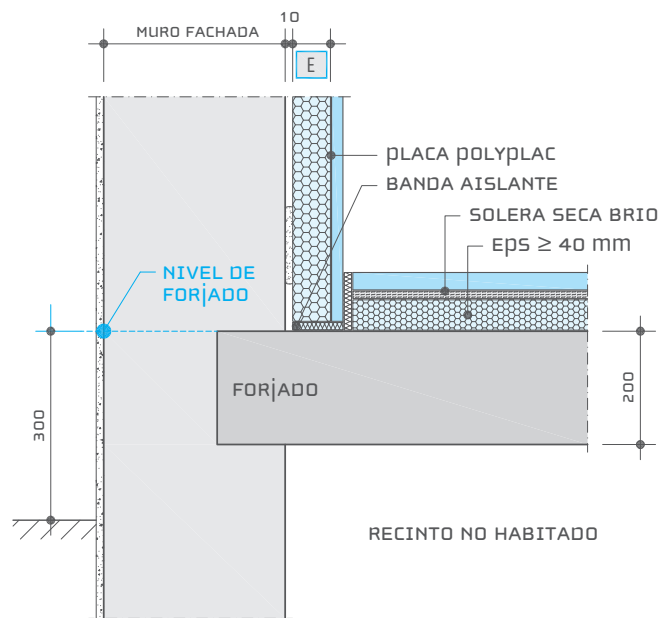
Si los divisorios están contruidos con muros de fábrica o de hormigón, será necesario aislar la cámara del trasdosado hasta unos 50cm de la fachada, para así evitar los puentes térmicos derivados de la menor resistencia térmica de la obra tradicional.





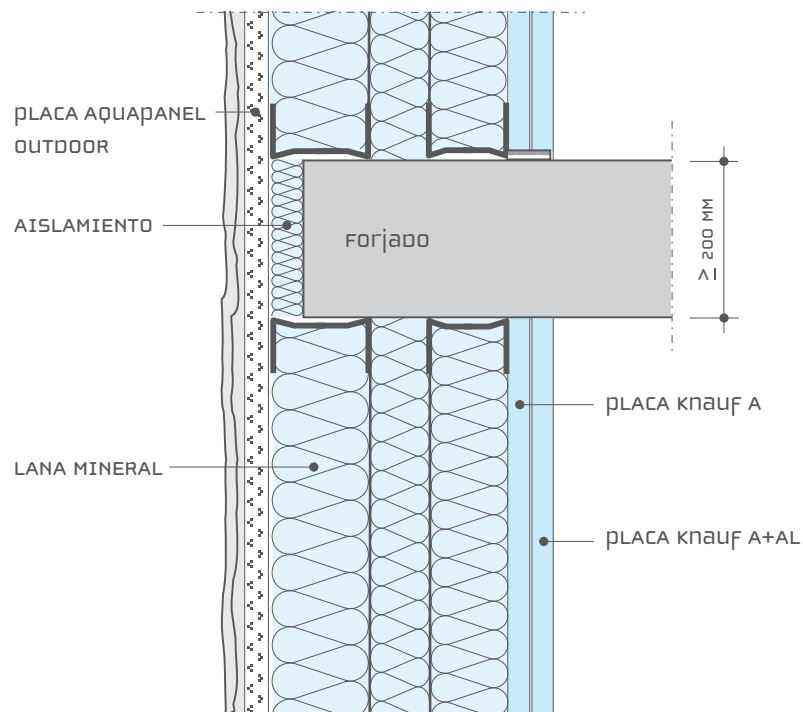
Forjado de madera con canto sin aflorar al exterior de la fachada

El encuentro del trasdosado con la solera seca Brio se resolverá apoyando la placa Polyplac al forjado con una banda aislante intermedia. El encuentro del trasdosado con la cara inferior del forjado de la estancia inferior se resolverá instalando una cuña de EPS a modo de escocia no aparente.



Forjado de hormigón con canto del forjado sin aflorar al exterior de la fachada

Cuando el forjado sea el divisorio entre una zona habitada de otra no habitada como por ejemplo un sótano se prescindirá en este tanto del trasdosado.



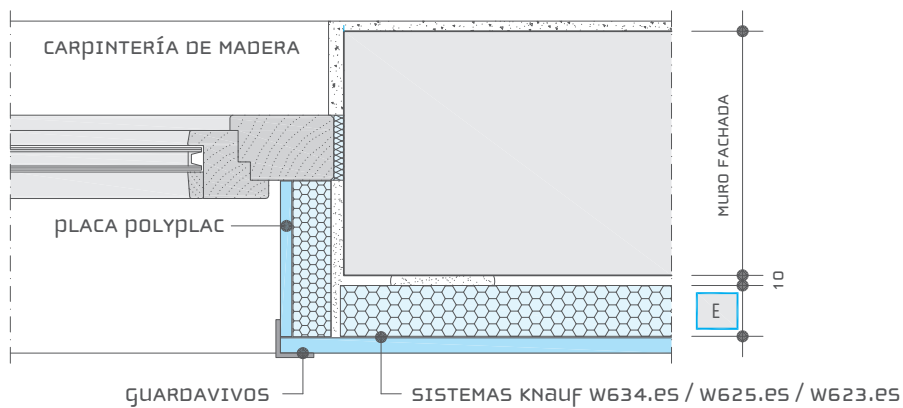
Forjado de hormigón con canto del forjado enrasado con la superficie exterior

En estos casos se evita el puente térmico derribando la fachada a rehabilitar y se sustituye por el sistema Aquapanel® Outdoor WM311C.es: Cerramiento completo con revestimiento continuo.

También se puede optar por los sistemas Aquapanel® Outdoor WM311C.es o WM411C.es.

5) Jambas con carpintería de ventanas

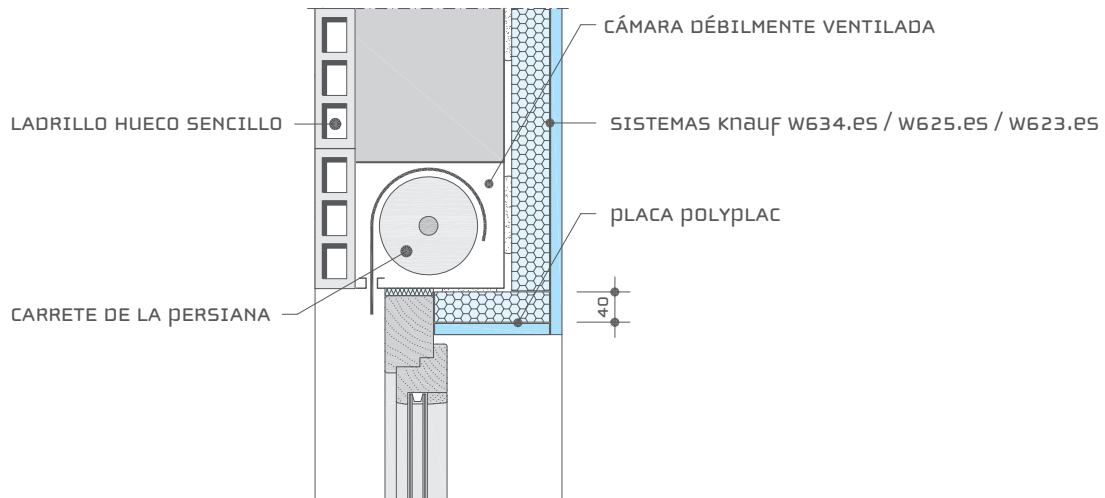
Es sumamente importante continuar con idéntica resistencia térmica en la jamba interior que acomete a la carpintería de la ventana. Según el tipo y disposición de la carpintería se instalarán los sistemas Knauf W 634.es, W625.es o W 623.es.



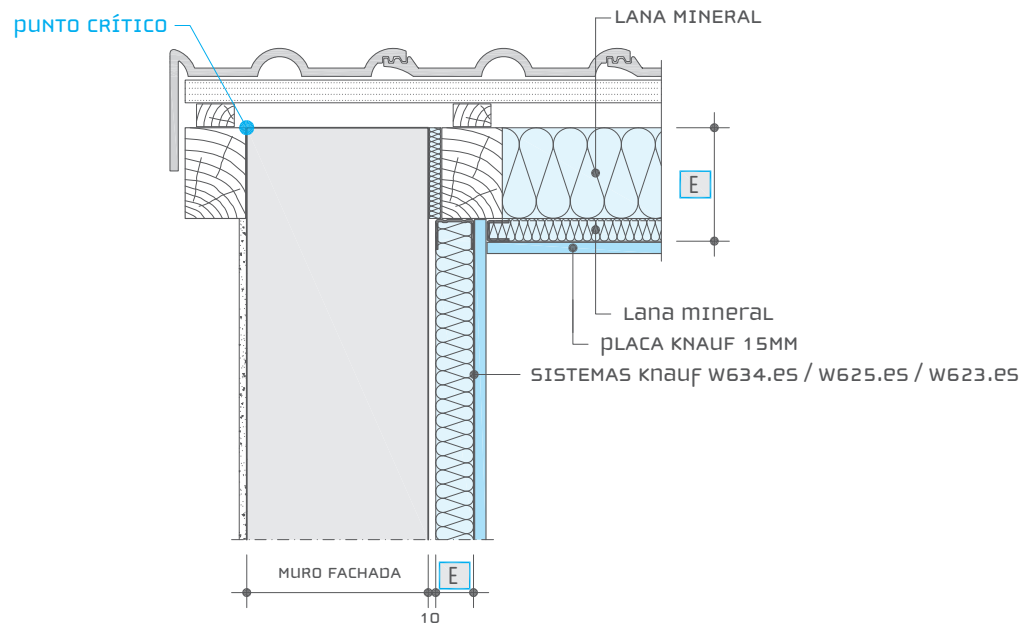
6) Encuentros con capialzados

Por lo general las cajas de persiana son las partes de la fachadas en donde existe más dificultad en realizar una rehabilitación correcta. Con independencia del efecto estético, una buena solución será sustituir las antiguas cajas interiores por otras exteriores.

En el caso de que ello no sea posible se prolongará el trasdosado interior vertical al dintel horizontal hasta alcanzar la carpintería de la ventana.



7) Encuentros con falsos techos

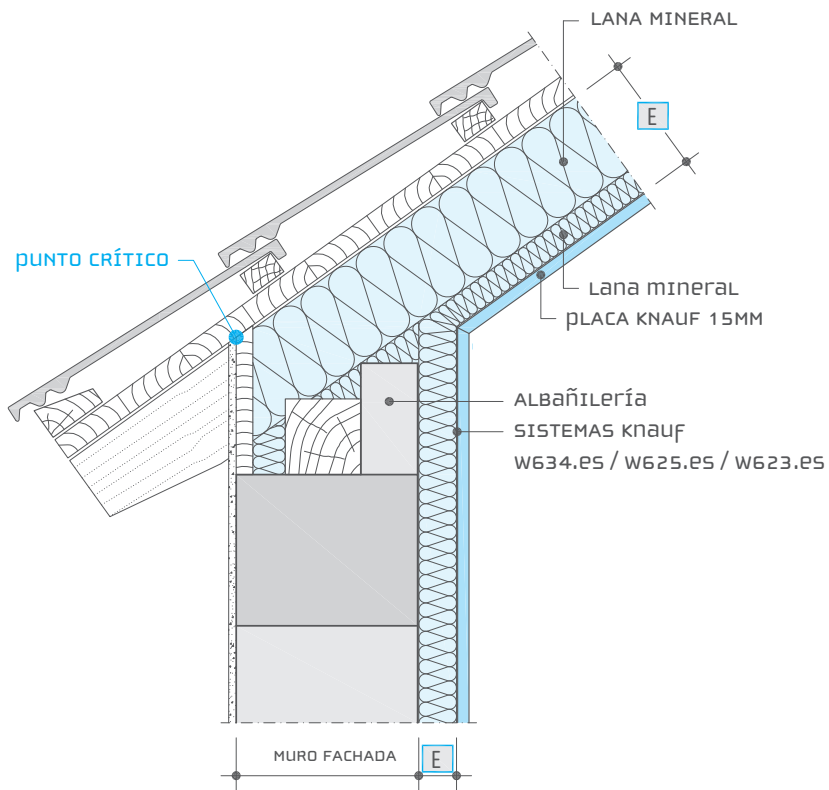


Se realizarán de tal forma que una vez ejecutados proporcionarán una envolvente interior sin solución de continuidad.

Por su mayor dificultad prestaremos más atención en la realización de los techos inclinados.

Se rellenará el entrevigado con lana mineral. Su espesor coincidirá con la altura de las viguetas, debajo de estas se instalará el falso techo compuesto por placa Knauf de 15 mm y lana mineral de menor espesor. Este conjunto encajará con el trasdosado de las fachadas si que se produzca ningún resquicio entre ambos aislamientos.

En el ejemplo grafiado la modulación de las viguetas es de 60 cm y su altura corresponde a una escuadría normal con una altura de 15 cm.



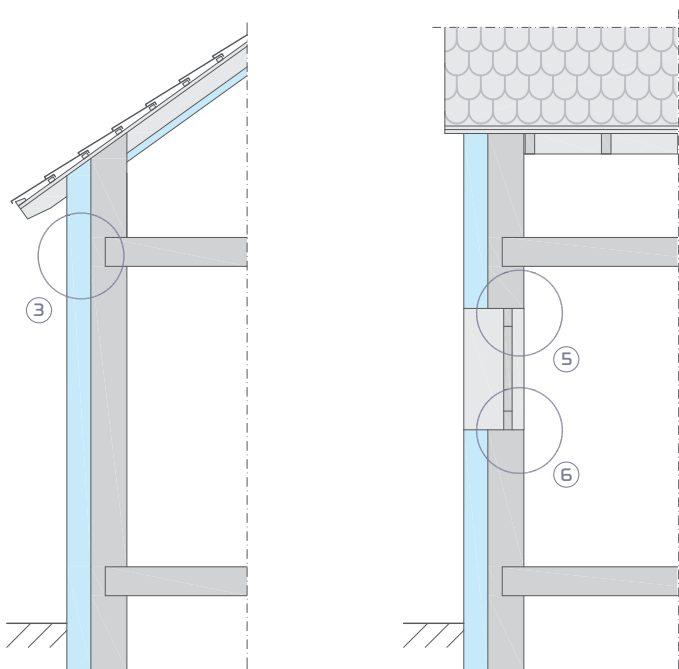
08 SOLUCIONES KNAUF

8.5.2.

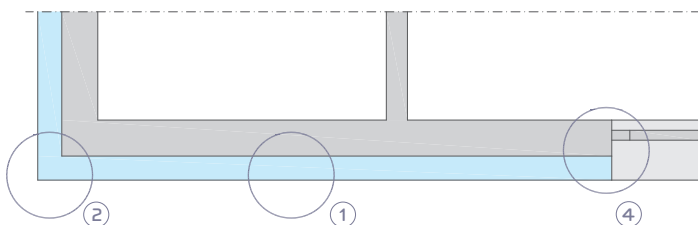
Detalles constructivos aislamiento por el exterior

A continuación se exponen algunas de las soluciones genéricas en los encuentros entre fachadas, techos, soleras etc.

Secciones verticales



Sección horizontal



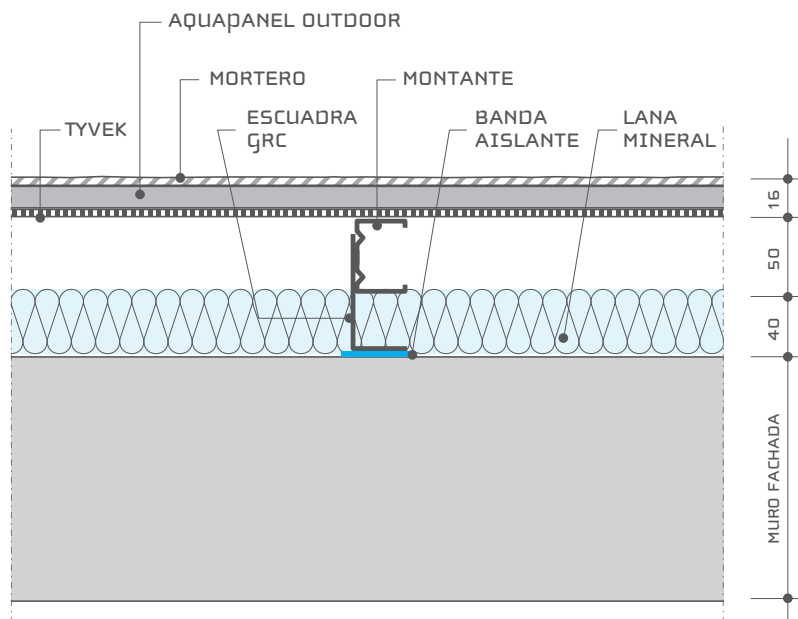
Detalles a desarrollar

- 1 · Fachada regular
- 2 · Esquina en fachada
- 3 · Forjado y pilares con fachada
- 4 · Jamba con carpintería de ventanas
- 5 · Encuentro con capialzado
- 6 · Encuentro con alfeizar

En los detalles constructivos desarrollados, el espesor y el tipo de aislamiento aplicado (EPS o LM) dependerán del soporte a rehabilitar. Esta circunstancia no tiene por qué influir en la efectividad de cada una de las soluciones adoptadas.

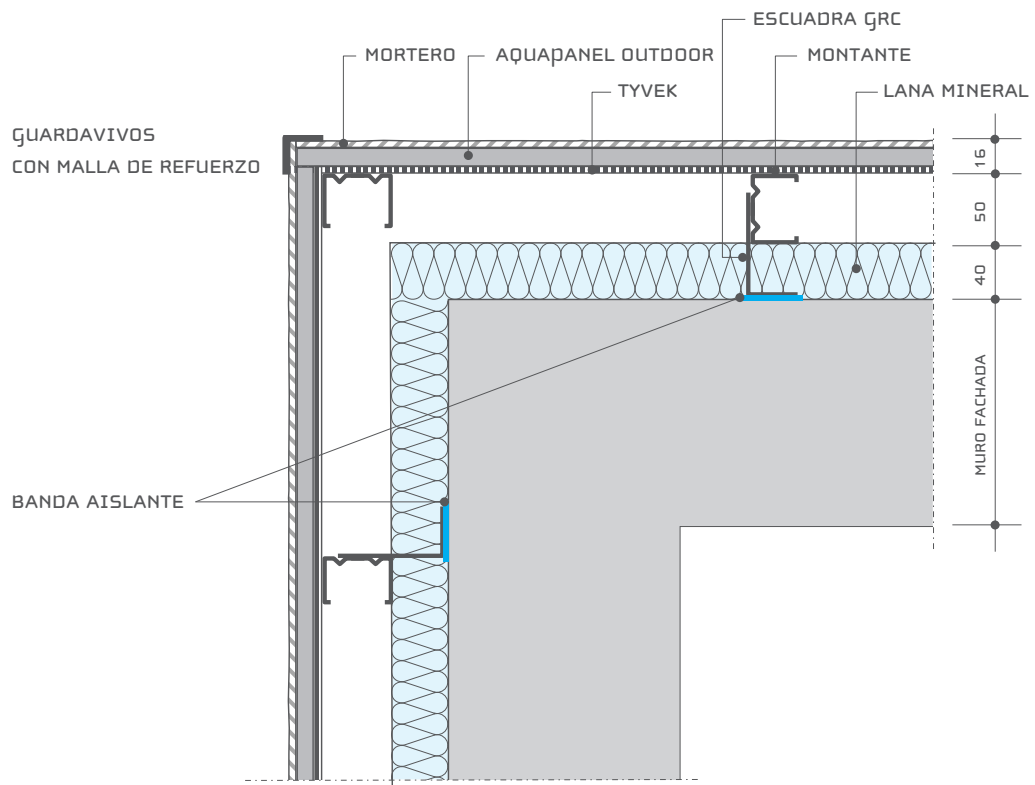
1) Fachada regular

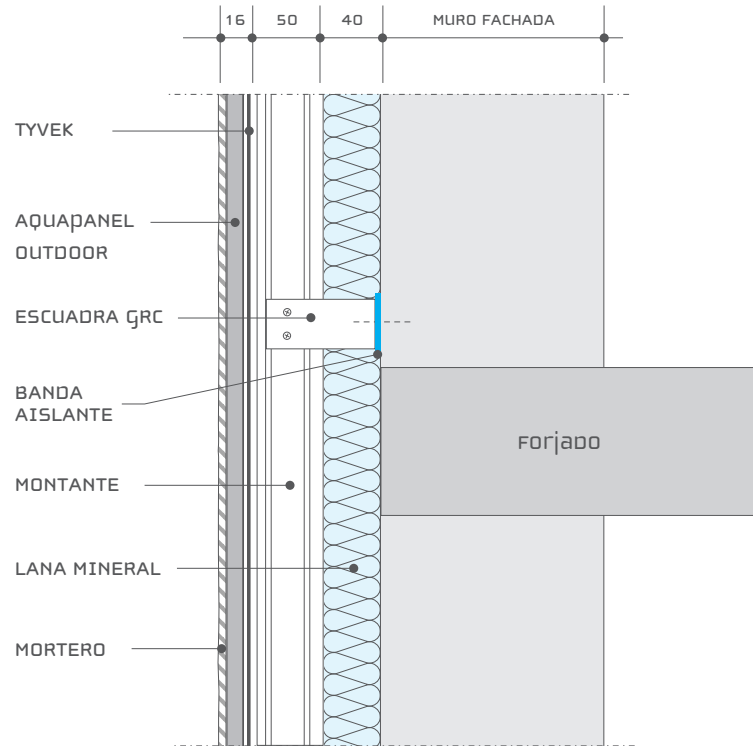
La rehabilitación de fachadas por el exterior aplicando el sistema Aquapanel® Outdoor WL.es con aislamiento térmico, ofrece grandes ventajas, ya que a la vez que se incrementa el aislamiento mejora su aspecto exterior. Todo ello evitando la mayor parte de los puentes térmicos existentes en la fachada antigua.



2) Esquina de fachada

Se aislará totalmente la esquina solapándose los frentes del aislante. En la esquina de la envolvente con placa Aquapanel® quedará perfectamente hermético, cubriéndose con un guardavivos de PVC con malla de refuerzo.

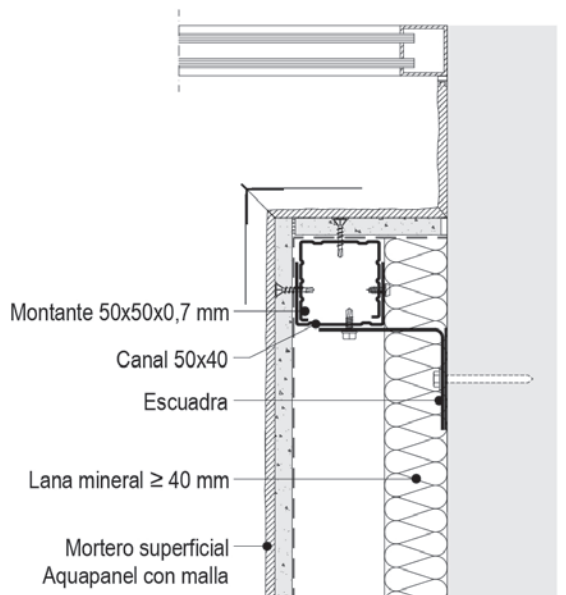




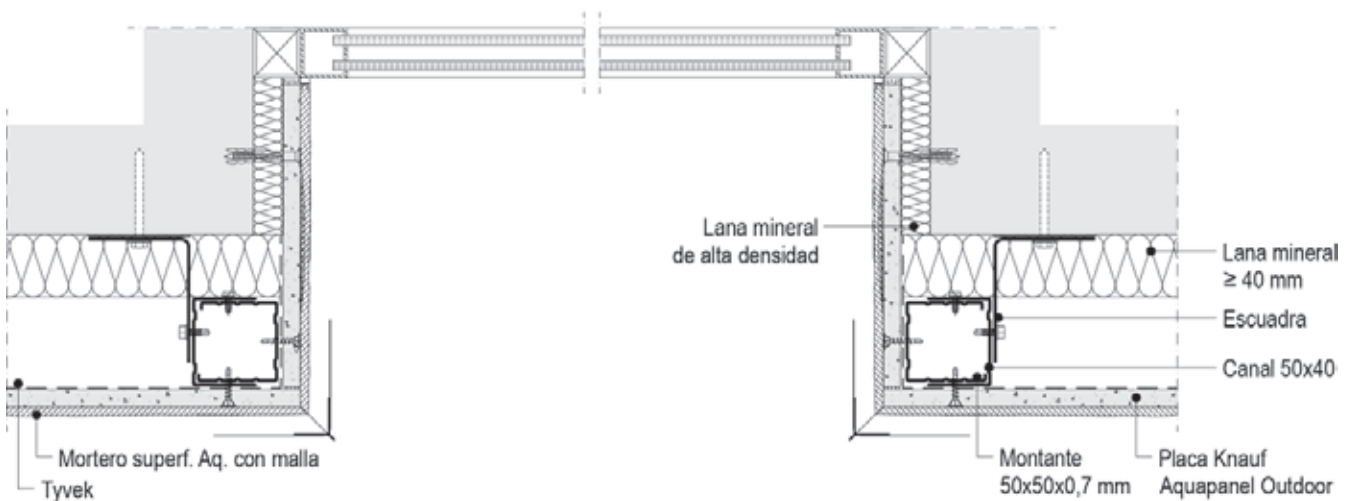
3) Forjados y pilares con fachada

Con Aquapanel® Outdoor WL.es, tanto los forjados como los eventuales pilares enrasados con la fachada quedan aislados térmicamente del exterior de tal manera que solucionan totalmente la formación de puentes térmicos a la par que uniformizan estéticamente el edificio remodelado. Todo ello sin ninguna actuación adicional al diseño previsto.

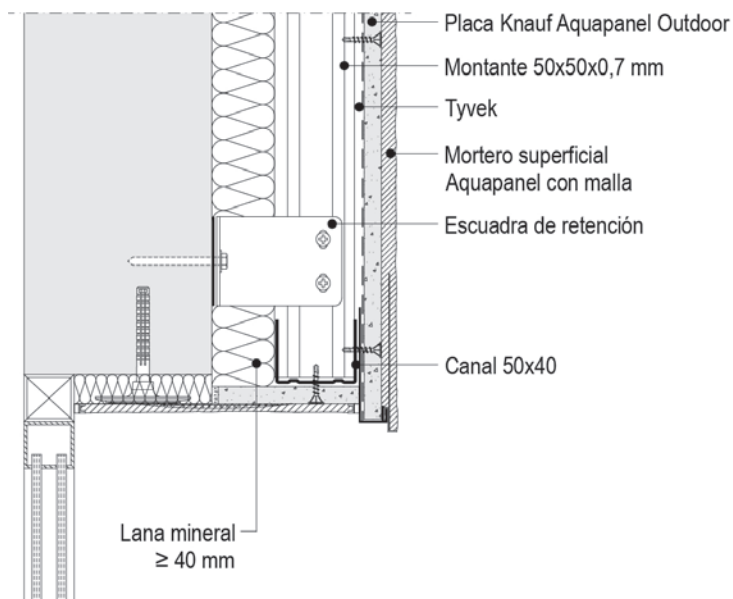
4) Jamba con carpintería de ventanas



Se comprobará que la fijación de los cercos de las carpinterías que forman los huecos de las ventanas, se realiza de tal manera que quede garantizada la estanquidad a la permeabilidad del aire.

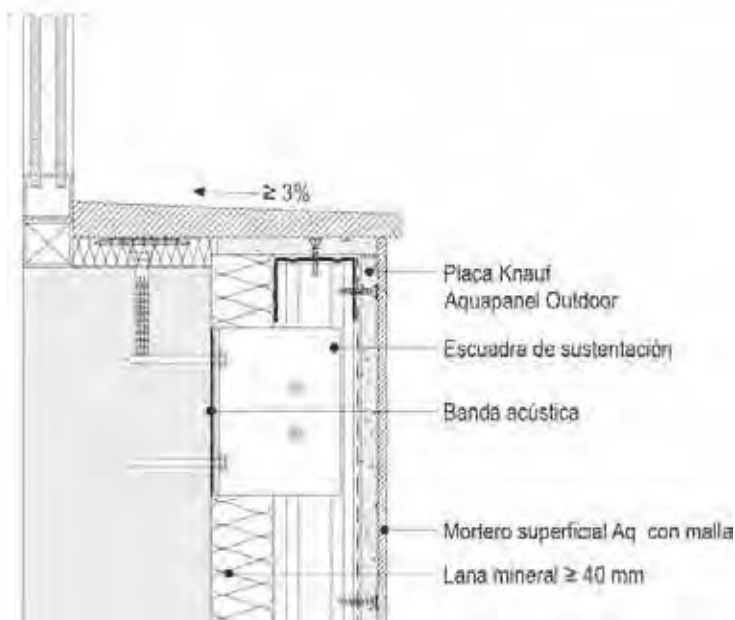


5) Encuentro con ventana, capialzado y alféizar



La permeabilidad al aire de las carpinterías, medida con una sobrepresión de 100Pa, tendrá unos valores inferiores a los siguientes:

- $50 \text{ m}^3/\text{h m}^2$ para las zonas climática alfa, A y B.
- $27 \text{ m}^3/\text{h m}^2$ para las zonas climáticas C, D y E.





09

RESULTADOS DE LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA

- 9.1. Resultados de la rehabilitación energética con sistemas Knauf.
- 9.2. Una rehabilitación con materiales certificados.

204

208



09 RESULTADOS DE LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA CON SISTEMAS KNAUF

9.1.

Resultados de la rehabilitación energética con sistemas Knauf

La rehabilitación de la envolvente del edificio utilizando los sistemas Knauf supone una disminución del consumo de energía además de una reducción importante de las emisiones de CO₂. Como hemos desarrollado en los capítulos 6.1.1. y 6.1.3. , el valor de la de transmitancia térmica U (W/m².K) disminuye de forma importante al aplicar los sistemas propuestos.

La siguiente tabla resume valores aproximados del ahorro energético y ambiental en el caso viviendas rehabilitadas energéticamente en sus fachadas y cubiertas según los criterios térmicos descritos en los capítulos anteriores y de acuerdo con las recomendaciones avaladas por el IDAE (Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía).

Para la aplicación de los sistemas Knauf en una rehabilitación energética y acústica, nos basamos en un edificio de antes del año 1975, por lo que se considera que no dispone de aislamiento térmico ni acústico.



Descripción del edificio

- 1. Edificio en bloque de viviendas, aislado, de planta baja + 3 alturas.
- 2. Cada planta dispone de 4 viviendas.
- 3. En total 1.440 m² de superficie.
- 4. La fachada principal está orientada al sur y el porcentaje de huecos es fachada norte 27% y fachada sur 29%.

Rehabilitación energética

Las soluciones constructivas del edificio y su posterior rehabilitación energética se ha realizado mediante tres propuestas:

	FACHADA	CUBIERTA	SOLERA (CONTACTO TERRENO)
ANTES DE REHABILITAR	1/2 pie de ladrillo perforado U 2,32 W/m²K	Cubierta plana invertida con forjado entrevigado cerámico 20+5 U 1,80 W/m²K	Forjado entrevigado cerámico 20+5 acabado con azulejo U 1,78 W/m²K
REHABILITACIÓN KNAUF. PROPUESTA 1. ACTUACIÓN FACHADA POR EL EXTERIOR	Fachada+ Trasdoso Knauf Aquapanel WL 121.C.es (W 68.es) con Aquapanel acabado con mortero estructura de 50 mm y un total de 90 mm de lana mineral U 0,35 W/m²K	Cubierta+ techo suspendido Knauf D112.es con placa tipo A 15 mm y lana mineral de 80 mm U 0,34 W/m²K	Forjado+ Suelo flotante Knauf Brio F 12.es de 18 mm con EPS 60 mm U 0,47 W/m²K
REHABILITACIÓN KNAUF. PROPUESTA 2. ACTUACIÓN FACHADA POR EL INTERIOR	Fachada+ Trasdoso autoportante Knauf W623.es 42/600 (15+27) con lana mineral de 50 mm U 0,53 W/m²K	Cubierta+ techo suspendido Knauf D112.es con placa tipo A 15 mm y lana mineral de 80 mm U 0,34 W/m²K	Forjado+ Suelo flotante Knauf Brio F 12.es de 18 mm con EPS 60 mm U 0,47 W/m²K

Las transmisiones térmicas pueden variar en función de las características del tipo de lana mineral utilizada.

La demanda energética del edificio antes y después de la rehabilitación con los sistemas propuestos son:

DEMANDA ENERGÉTICA ANUAL (Kwh/AÑO)	ZONA A MÁLAGA		ZONA B MURCIA		ZONA C BARCELONA		ZONA D MADRID		ZONA E BURGOS	
ANTES DE REHABILITAR	69.622		84.429		110.911		162.309		249.586	
PROPUESTA 1 (EXTERIOR) REHABILITACIÓN FACHADA	40.577	42%	47.696	44%	63.927	42%	97.101	40%	155.902	38%
PROPUESTA 1 REHABILITACIÓN FACHADA/CUBIERTA/SOLERA	33.459	52%	38.299	55%	48.265	57%	79.018	51%	127.285	49%
PROPUESTA 2 (INTERIOR) REHABILITACIÓN FACHADA	45.845	34%	55.954	34%	70.049	37%	108.491	33%	172.133	31%
PROPUESTA 2 REHABILITACIÓN FACHADA/CUBIERTA/SOLERA	39.011	44%	46.415	45%	57.377	48%	90.835	44%	144.227	42%

EMISIONES DE CO ₂ ANUAL (KgCO ₂ /AÑO)	ZONA A MÁLAGA		ZONA B MURCIA		ZONA C BARCELONA		ZONA D MADRID		ZONA E BURGOS	
ANTES DE REHABILITAR	21.925		24.916		30.468		44.279		63.785	
PROPUESTA 1 (EXTERIOR) REHABILITACIÓN FACHADA	13.953	36%	15.091	39%	18.367	40%	27.479	38%	40.293	37%
PROPUESTA 1 REHABILITACIÓN FACHADA/CUBIERTA/SOLERA	11.817	46%	12.528	50%	14.237	53%	22.780	49%	33.174	48%
PROPUESTA 2 (INTERIOR) REHABILITACIÓN FACHADA	15.377	30%	17.227	31%	19.790	35%	30.468	31%	44.421	30%
PROPUESTA 2 REHABILITACIÓN FACHADA/CUBIERTA/SOLERA	13.383	39%	14.665	41%	16.515	46%	25.770	42%	37.303	42%

En las tablas 1 y 2 se muestra el potencial de ahorro energético y de emisiones de CO₂ que supone una rehabilitación energética. **Los ahorros energéticos superan el 30% llegando en algunos casos al 57%.** Este ahorro, en muchos edificios puede ser superior si actuamos en todas las zonas susceptibles de poder ser mejoradas desde el punto de vista energético, como pueden ser los huecos en la fachada, cambiando las ventanas por sistemas más eficientes, así como el tipo de caldera a una con rendimientos superiores.

El retorno de la inversión dependerá de la zona donde se haga la rehabilitación puesto que los precios varían considerablemente entre zonas.

09 RESULTADOS DE LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA CON SISTEMAS KNAUF

9.2.

Una rehabilitación con materiales certificados

En una rehabilitación energética, con sistemas eficientes, es interesante poder ver las certificaciones que disponen los materiales utilizados.

Son muchos los certificados, sellos, etiquetas ecológicas... que existen en todo el mundo, dependiendo del producto, sistema y lo que queramos certificar o demostrar. Algunas de estas certificaciones o declaraciones pueden ser de obligado cumplimiento o bien voluntarias.

Knauf, a nivel mundial, dispone de muchas certificaciones y sellos que avalan la calidad, gestión, salud en el hábitat y respeto con el medio ambiente, pero para sintetizar, a continuación se resumen las certificaciones y sellos más relevantes que se disponen en Knauf España.

PRODUCTO	Etiqueta A+	Certificado IBR	PEFC	DGQA	The Indoor climate label	% Material reciclado	Reciclable 100%
Placa Knauf Tipo A	■	■	■			■	■
Placa Knauf Tipo DF	■	■	■			■	■
Placa Knauf H1	■	■	■			■	■
Placa Knauf Diamant DFH1l	■	■	■			■	■
Placa Knauf DI	■	■	■			■	■
Placa Knauf perforada Cleaneo	■			■		■	■
Knauf Danoline	■	■		■	■	■	■
Otros materiales a consultar							

Knauf, a nivel mundial, dispone de muchas certificaciones y sellos que avalan la calidad, gestión, salud en el hábitat y respeto con el medio ambiente, pero para sintetizar, a continuación se resumen las certificaciones y sellos más relevantes que se disponen en Knauf España.

COMPRA PRODUCTOS CERTIFICADOS PEFC



Knauf tiene el compromiso de adquirir productos de origen forestal certificados por PEFC (madera, papel, corcho...), garantizando a los consumidores, que están comprando productos de bosques gestionados sosteniblemente. Knauf se suma a los objetivos de la asociación de combatir la corta ilegal de los bosques, contribuir al mantenimiento de numerosos ecosistemas y a la diversidad biológica, ser el sustento económico de muchas poblaciones rurales y el origen de una importante industria en transformación y tener un papel social y cultural reconocida cada vez en mayor medida. Sólo, alrededor de unas 10 empresas del sector de la construcción disponen de este distintivo.

ETIQUETA FRANCESA, EMISIONES COVs EN AIRE INTERIOR



En países como Francia con el decreto 321/2011, obliga a los materiales de construcción para interiores, a identificarlos con una letra de la A+ (más restrictivo) hasta la C (menos restrictivo) en función de las emisiones de COVs. Knauf ya identifica numerosos productos con este etiqueta a pesar de que sólo sea obligatorio en Francia.



SELLO IBR, INSTITUTE FÜR BAUBIOLOGIE ROSENHEIM

Los productos que disponen de este sello, garantizan que contribuyen a un hábitat saludable. Para poder obtenerlo, se realizan una serie de ensayos en los que se analizan los COVs, biocidas, metales pesados y radioactividad. Knauf es el primer fabricante nacional que dispone de este sello para sus placas producidas en las dos fábricas.



ETIQUETA EXCELL+

La etiqueta Excell fue creada para los productos de construcción que se utilizan en recintos de almacenamiento o en el proceso de producción de vinos. Se analizan contenidos de organoclorados, plaguicidas y biocidas, residuos de disolventes... Knauf dispone de varios productos de la gama Fibralth (techo registrable de viruta de madera) con este certificado.



THE INDOOR CLIMATE LABEL

Esta etiqueta danesa es una forma de identificar los productos respetuosos con la calidad del aire en interiores. Ofrece una mejor comprensión del impacto de los productos y materiales en la calidad del aire interior en los edificios. Knauf dispone de placas perforadas Knauf Danoline para techos registrables con esta etiqueta



DISTINTIVO DE GARANTÍA DE CALIDAD AMBIENTAL DGQA

El Distintivo de garantía de calidad ambiental es un sistema catalán de etiquetado ecológico que reconoce productos y servicios que superan determinados requerimientos de calidad ambiental más allá de los establecidos como obligatorios por la normativa vigente.



10

AYUDAS A LA REHABILITACIÓN

10.1. Requisitos para la percepción
de las ayudas.

213



La mayor parte de las viviendas se construyeron hace décadas, antes de que la crisis del petróleo y el calentamiento global se tomaran en consideración. Según la empresa de investigación Ecofys, el 75% del posible de ahorro energético se encuentra en edificios construidos antes de 1975. Sin embargo, si fueran usadas técnicas actuales de eficiencia energética en la su rehabilitación, sería posible obtener disminuciones cercanas al 90% en su actual demanda energética.

Tal como hemos visto, la forma más económica y práctica de conseguir el ahorro de energía es actuar en la rehabilitación de la envolvente térmica de los edificios.

Las Directivas Europeas, establecen que los estados miembros apliquen una serie de acciones para conseguir los objetivos marcados. En los "Planes de Acción para la Eficiencia Energética (PAEE)" la gestión la efectuará el IDAE (Instituto para Diversificación y Ahorro de Energía), estableciendo acuerdos de financiación con las diversas Comunidades Autónomas.

Se entenderá como plan de acción para la rehabilitación la orientada al ahorro de energía mediante obras que se realicen para la mejora en viviendas y en edificios, proporcionando condiciones estandarizadas frente a la lluvia y humedad, aislamiento térmico, redes generales de agua, gas, electricidad, etc. Todo ello encaminado a un menor consumo energético y/o adaptación a la normativa vigente en materia de agua, gas y electricidad.

Las rehabilitaciones pueden ser financiadas por el Plan estatal de vivienda y Rehabilitación con una financiación adicional a través del ICO.

El Ministerio de Vivienda ha distribuido entre todas las Comunidades Autónomas unos recursos adicionales para obras de rehabilitación de ejecución inminente. Para la selección de las obras a rehabilitar se dará prioridad a aquellas que tengan previsto su inicio en el menor tiempo posible y generen más puestos de trabajo.

10 AYUDAS A LA REHABILITACIÓN

10.1.

Requisitos para la percepción de las ayudas

Existen diversos programas para fomentar la rehabilitación. Es importante, antes de realizar cualquier actuación, asesorarse de las ayudas que se pueden recibir tanto estatales como autonómicas. Esto puede hacer determinante el tipo de actuación en cada rehabilitación.

Ayudas a través de las Comunidades Autónomas

Cada Comunidad Autónoma dispone de independencia para incentivar adicionalmente las bases indicadas. Debido a ello para cualquier proyecto será necesario dirigirse a sus departamentos correspondientes inicialmente a través de su página:

Andalucía:	www.juntadeandalucia.es
Aragón:	www.portal.aragon.es
Asturias:	www.asturias.es
Baleares:	www.caib.es
Canarias:	www.gobcan.es/es/temas/vivienda/
Cantabria:	www.gobcantabria.es
Castilla La Mancha:	www.jccm.es
Castilla León:	www.jcyl.es
Cataluña:	www.gencat.cat/temes/cat/habitatge.htm
Extremadura:	www.juntaex.es/
Galicia:	www.xunta.es
La Rioja:	www.larioja.org
Madrid:	www.madrid.org/vivienda
Murcia:	www.carm.es
Navarra:	www.navarra.es
País Valencià:	www.gva.es
País Vasco:	www.euskadi.net

FUENTES

- IEA internacional Energy Agency
- Institut Cerda
- Informe del Banco de España 2009
- La UE, Directiva 2002/91/CE
- Código Técnico de la Edificación
- CEC del Instituto de Ciencias de la Construcción, Eduardo Torroja
- Wärmeschutz und Modernisierung mit Knauf
- Informes del IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)
- CENER Centro Nacional de Energías Renovables)
- IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía)
- ANDIMAT (Asociación Nacional de fabricantes de Aislantes)
- EURIMA (European Mineral Wold Manufacturers Association Insulation)
- ATEDY (Asociación Técnica Empresarial del Yeso)
- El informe de ADENA
- EPBD Energy Performance of Building Directive
- LEED (Leadership in Energy & Environmental Design)
- Passive Solar Energy Book
- Herramienta Verde (GBCe)
- Estudio sobre la Pobreza Energética en España. ACA (Asociación de Ciencias Ambientales)
- Edificios sostenibles pero saludables. Conama 2014
- Guías de calidad del aire de la OMS (Organización Mundial de la Salud)
- Tecnifuego–Aespi
- The Center of Fires Statistics of CTIF 2006
- AECOR (Asociación Española para la Calidad Acústica)

KNAUF

www.knauf.es