



Noviembre 2014

Rehabilitación energética de edificios residenciales plurifamiliares

Soluciones de aislamiento térmico



Lana Mineral Natural con E Technology™



Eficiencia energética y Sostenibilidad

E Technology™ es una revolucionaria tecnología de resina libre de formaldehídos basada en unos materiales rápidamente renovables que sustituyen a componentes químicos derivados del petróleo. Reduce la energía utilizada en su fabricación y ofrece una sostenibilidad medioambiental superior.

La Lana Mineral Natural con **E Technology™** tiene una apariencia y un tacto diferente a cualquier aislamiento que haya conocido antes.

- **Agradable al tacto**
- **Menor emisión de partículas**
- **Sin colorantes ni tintes artificiales**
- **Sin olor**
- **Más fácil de cortar**



Aislamiento
térmico



Eficiencia
energética



Aislamiento
acústico



Protección
frente al fuego



sostenibilidad

* Tecnología de resina sin formaldehídos ni fenoles



1. Introducción	pág 4
1.1. Objetivo	pág 4
1.2. Criterios y metodología	pág 5
1.3. Resultados y conclusiones	pág 5
2. Eficiencia energética de Edificios en España	pág 7
2.1. Escenario	pág 7
2.2. Marco reglamentario	pág 8
3. Cuantificación del ahorro energético con las soluciones KNAUF INSULATION	pág 10
3.1. Rehabilitación energética	pág 10
3.2. DB HE 1 del CTE	pág 10
3.3. Edificio tipo	pág 11
3.4. Actuación en fachadas	pág 13
3.4.1. Rehabilitación energética con fachada ventilada y aislamiento de LM Ultravent Black	pág 14
3.4.2. Rehabilitación energética de fachadas con trasdosado autoportante y aislamiento de LM Panel Plus (TP 138)	pág 16
3.4.3. Rehabilitación energética de fachadas mediante insuflación con aislamiento de LM Supafil 034	pág 18
3.5. Actuación en cubierta	pág 20
3.5.1. Rehabilitación energética de cubierta con aislamiento de XPS Polyfoam C4 1250 LJ	pág 20
3.6. Actuación en fachadas y cubierta	pág 23
3.6.1. Rehabilitación energética de fachadas con LM Ultravent Black y de cubierta con XPS Polyfoam C 4 LJ 1250	pág 23
3.6.2. Rehabilitación energética de fachadas con LM Panel Plus (TP 138) y de cubierta con XPS Polyfoam C 4 LJ 1250	pág 24
3.6.3. Rehabilitación energética de fachadas con LM Supafil 034 y de cubierta con XPS Polyfoam C 4 LJ 1250	pág 25
3.7. Mejora en la calificación energética final	pág 26
3.7.1. Medida 1: Aislamiento en fachadas y cubierta	pág 27
3.7.2. Medida 2: Medida 1 + sustitución de ventanas	pág 29
3.7.3. Medida 3: Medida 2 + aporte de energía solar	pág 30
3.7.4. Medida 4: Medida 3 + cambio de caldera	pág 31
3.8. Ejemplo de ahorro económico y período de retorno de la inversión	pág 32
4. Soluciones para rehabilitación energética	pág 33
4.1. Fachadas	pág 33
4.1.1. Fachada ventilada con Ultravent Black	pág 33
4.1.2. Trasdoso autoportante con Panel Plus (TP 138)	pág 35
4.1.3. Insuflación en cámaras de aire con Supafil 034	pág 37
4.1.4. Sistema de Aislamiento Térmico Exterior (SATE / ETICS) con Panel ETICS FKD-S-C1	pág 38
4.2. Cubiertas	pág 40
4.2.1. Aislamiento exterior de cubiertas planas. Opción A: con Polyfoam C 4 LJ 1250	pág 40
4.2.2. Aislamiento exterior de cubiertas planas. Opción B: con Panel Cubierta	pág 42
4.2.3. Aislamiento exterior de cubiertas inclinadas con Panel Plus (TP 138)	pág 44
4.2.4. Aislamiento interior bajo último forjado con Panel Plus (TP 138)	pág 46

1. Introducción

1.1. Objetivo

Tras los tres anteriores estudios realizados sobre rehabilitación energética de edificios residenciales plurifamiliares y unifamiliares, presentamos ahora un nuevo estudio, basándonos en la actualización del **Documento Básico sobre Ahorro de Energía DB HE, del Código Técnico de La Edificación**, que fue publicada en el BOE de 12 de septiembre de 2013, según Orden Ministerial FOM/1635/2013, de 10 de septiembre de 2013.



El edificio tipo que tomamos como objeto de este nuevo estudio es el mismo que fue considerado en el documento de septiembre de 2009 (posteriormente modificado en enero de 2010 y en junio de 2011), es decir, un bloque de viviendas entre medianeras de PB + 2PP construido antes de 1979, año de entrada en vigor de la primera normativa térmica aplicable a los edificios en España, la NBE CT 79.

El objetivo de este estudio es nuevamente la **cuantificación y valoración de los ahorros relativos a demanda energética de climatización y a emisiones de CO₂**, que se obtienen gracias a la implementación de aislamiento térmico en la envolvente del edificio.

1.2. Criterios y metodología

El edificio objeto pretende ser representativo del parque actual de viviendas en España, y debido a las nulas exigencias térmicas anteriores a la década de los años 80, no presenta ningún tipo de aislamiento térmico propiamente dicho en su envolvente.

El actual DB HE 1 del CTE plantea exigencias sobre limitación de la demanda energética diferentes para edificios de nueva construcción con respecto a los edificios existentes a ser rehabilitados en más de un 25% de su envolvente, siendo las de estos últimos las mismas que planteaba el anterior DB HE 1 de 2006 tanto para edificios de nueva construcción como para rehabilitaciones en edificios de más de 1.000 m² de superficie útil donde se renovara más del 25% de sus cerramientos.

Considerando escaso el incremento de exigencias del actual DB HE 1 para rehabilitaciones de edificios existentes, en este estudio hemos querido avanzar un peldaño más de cara al objetivo de la directiva europea 2010/31/UE para el horizonte 2020, de conseguir edificios con consumo de energía casi nula, y **hemos considerado para la rehabilitación del edificio objeto las exigencias planteadas para edificios de nueva construcción**. En este sentido, nos hemos basado en la tabla de transmitancias térmicas máximas orientativas que se indican en el anexo E del DB HE 1, en función de la parte de la envolvente, ya sea en este caso fachadas y cubierta, y de la zona climática donde se ubique el edificio.

Utilizando un software oficial para el cálculo de la calificación energética de edificios, hemos obtenido los valores de demanda energética y de consumo energético, del edificio original y del mismo edificio rehabilitado con soluciones constructivas que incorporan aislamiento Knauf Insulation, comparándolos y deduciendo los ahorros energéticos en demanda y en consumo que se consiguen con estas intervenciones.

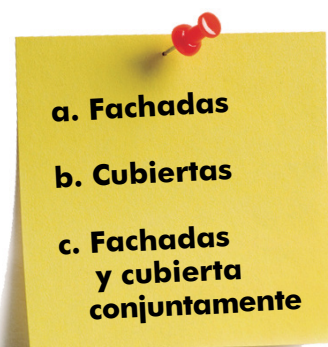
Finalmente se han planteado otras medidas de eficiencia energética, tanto en la envolvente térmica (sustitución de ventanas) como en las instalaciones térmicas (aportación de energía térmica solar y cambio de caldera) y se ha creado una secuencia acumulativa de intervenciones eficientes, obteniendo la calificación energética resultante del edificio tipo intervenido y los valores de demanda y de consumo energéticos. En algunas de esas intervenciones, como las que presentan aporte de energía solar térmica y cambio de caldera, se presentan también las emisiones de CO₂.

1.3. Resultados y conclusiones

De los resultados obtenidos podemos concluir que, **en todos los casos estudiados, la incorporación de aislamiento térmico disminuye significativamente la demanda y el consumo**, proporcionando un importante ahorro en la factura energética, como se observará en algún ejemplo concreto.

La tabla siguiente muestra el rango de valores (mínimo-máximo) del ahorro energético del edificio estudiado, teniendo en cuenta el criterio térmico anteriormente mencionado referido a la rehabilitación energética en:

- Fachadas
- Cubierta
- Fachadas y cubierta conjuntamente



Porcentajes mínimo-máximo de ahorro energético (%)							
Criterio térmico seleccionado para la rehabilitación del edificio: CTE DB HE 1 2013 - tabla anexo E	Fachadas			Cubierta	Fachadas y cubierta		
	Fachada Ventilada con LM Ultravent Black	Trasdosado autoportante con LM Panel Plus (TP 138)	Insuflación cámaras de aire con LM Supafil 034	Aislamiento Exterior Cubierta con XPS Polyfoam C 4 LJ 1250	F. Ventilada con Ultravent Black + Aisl. Ext. Cubierta con XPS Polyfoam C 4 LJ 1250	Trasdosado con Panel Plus + Aisl. Ext. Cubierta con Polyfoam C 4 LJ 1250	Insuflado cámaras con Supafil 034 + Aisl. Ext. Cubierta con Polyfoam C 4 LJ 1250
Ahorro Energético	43-61	43-62	42-71	5-9	51-70	52-71	50-76

Además de lo indicado anteriormente, podemos añadir las siguientes conclusiones:

- Se debe considerar como un desperdicio energético, “ambiental” y económico la rehabilitación de un edificio, cuando se decide proceder a una obra de reforma estructural y/o estética en el mismo, sin implementar aislamiento térmico en su envolvente.
- El ahorro energético y “ambiental” en un edificio se alcanza rehabilitando energéticamente tanto la cubierta como las fachadas, pero óptimamente interviniendo en ambas partes de la envolvente.
- La actual normativa térmica nacional, el DB HE 1 del CTE, con respecto a los valores orientativos de transmitancia térmica que se exponen en el anexo E, y considerados en este estudio, está basada en el criterio Óptimo Económico definido en el informe Ecofys VII desarrollado a encargo de Eurima (asociación europea de fabricantes de Lanas Minerales).

- El aislamiento térmico, por su capacidad de ahorro energético, y consecuentemente económico, puede considerarse una inversión amortizable a corto o medio plazo.
- Las soluciones que propone Knauf Insulation permiten implementar niveles de aislamiento térmico, en cumplimiento no solo del DB HE 1 del CTE, sino de criterios más exigentes, como puede ser el estándar alemán Passivhaus.



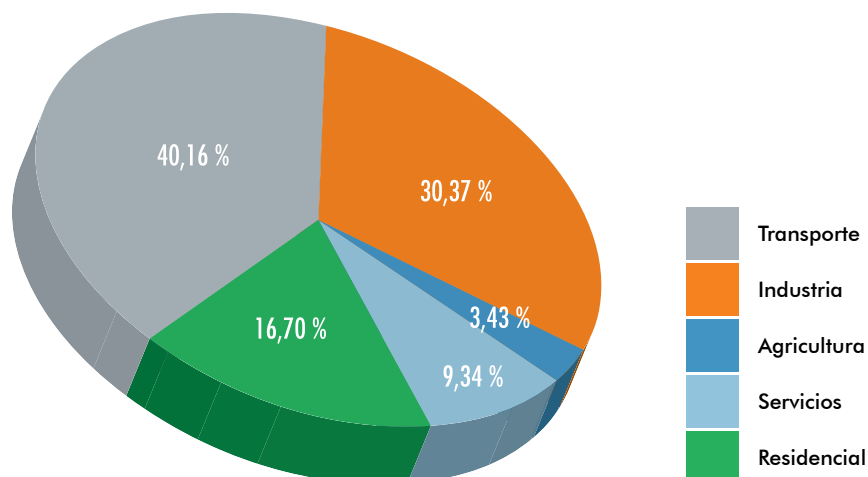
Figura 1. Edificio de viviendas.

2. Eficiencia energética de edificios en España

2.1. Escenario

El consumo de energía final del sector de la edificación en nuestro país, representa el 26% de la energía final nacional, correspondiendo un 17% aproximadamente al sector residencial y el 9% restante al sector terciario.

Distribución del consumo de energía final por sectores

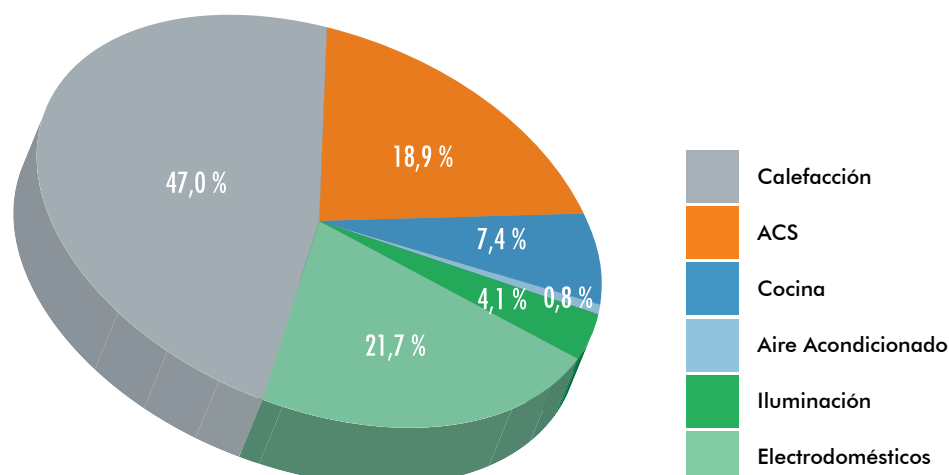


(Fuente: IDAE, año 2008)

Según WWF España¹, el parque edificatorio nacional cuenta con un total de 3.500 millones de m² construidos, de los cuales el 85% está destinado a usos residenciales y el 15% restante a usos terciarios, principalmente con fines administrativos y comerciales. Según estadísticas oficiales, el parque residencial en España en 2008 estaba formado por algo más de 25 millones de viviendas, de las cuales el 67% eran viviendas principales y el 33 % restante segundas residencias.

Con respecto a la distribución del consumo energético en el sector residencial español, según el IDAE², un 48% corresponde a la climatización de la vivienda o edificio, muy mayoritariamente a la calefacción.

Distribución del Consumo Energético en los Edificios Residenciales Españoles



¹ Potencial de ahorro energético y de reducción de emisiones de CO₂ del parque residencial existente en España en 2020 – Informe diciembre 2010

² Proyecto SECH-SPAHOUSEC – Análisis del consumo energético en el sector residencial en España – Informe final – Secretaría General – Departamento de Planificación y Estudios – 16 de julio de 2011

2.2. Marco reglamentario

Las edificaciones construidas en España antes de 1979 incorporan muy poco o ningún nivel de aislamiento, resultando energéticamente ineficientes. Asimismo, las construidas durante los 27 años que van desde la implementación en 1979 de la extinta Norma Básica de Condiciones Térmicas en los edificios (**NBE CT-79**) hasta la entrada en vigor en 2006 del Código Técnico de la Edificación (**CTE**) en su Documento Básico de Ahorro de Energía (**DB HE**), están construidas bajo unos escasos criterios de eficiencia energética, resultando “potenciales” consumidoras de energía en las próximas décadas.

En 16 de Diciembre de 2002, el Parlamento Europeo y del Consejo aprobó la **Directiva 2002/91/CE**, relativa al rendimiento energético de los edificios. Esta Directiva estaba articulada en torno a los siguientes cuatro elementos principales:

- Una metodología común de cálculo del rendimiento energético integrado de los edificios.
- Las normas mínimas relativas al rendimiento energético de los edificios nuevos y de los ya existentes cuando se procediera a una reforma importante de los mismos.
- Sistemas de certificación de edificios nuevos y existentes y exhibición de certificados y otras informaciones pertinentes en edificios públicos. Los certificados deberían datar de menos de cinco años.
- Control regular de las calderas y de los sistemas centrales de climatización en los edificios, y evaluación de las instalaciones de calefacción cuyas calderas tuvieran más de 15 años.

En 2006, la mencionada Directiva europea 2002/91/CE fue trasladada al ámbito español, desarrollándose un marco normativo nacional para el ahorro y la eficiencia energética en el sector de la edificación. En este contexto, se establecieron los requisitos mínimos de eficiencia energética que deben cumplir los edificios nuevos y los que se rehabiliten. El denominado Documento Básico de Ahorro de Energía - Limitación de la demanda energética, del Código Técnico de la Edificación (**CTE DB-HE 1**), fue publicado por el **Real Decreto 314/2006** de 17 de marzo de 2006.

Las exigencias relativas a la certificación energética de edificios establecidas en la Directiva europea 2002/91/CE, se traspusieron en el **Real Decreto 47/2007**, de 19 de enero, mediante el que se aprobó un **Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción**. Este procedimiento incluía la calificación de eficiencia energética que se debía asignar al edificio, expresada mediante una escala de siete letras y siete colores, que va desde la A (edificio más eficiente) a la G (edificio menos eficiente).

Posteriormente, la Directiva europea 2002/91/CE fue modificada mediante la Directiva **2010/31/UE** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios. La trasposición se realizó incorporando las novedades de la nueva directiva y ampliaba su ámbito a todos los edificios, incluidos los existentes.



Mediante esta trasposición de la Directiva 2010/31/UE, en lo relativo a la certificación de eficiencia energética de edificios, refundiendo el Real Decreto 47/2007, se incorporaba el **Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios existentes**. Ello fue publicado en el Real Decreto **235/2013**, de 5 de abril, por el que se aprobaba el **Procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios**, siendo voluntaria su

aplicación hasta el 1 de junio de 2013. A partir de ese momento, la presentación o puesta a disposición de los compradores o arrendatarios del certificado de eficiencia energética de la totalidad o parte de un edificio, según corresponda, era ya exigible para los contratos de compraventa o arrendamiento celebrados a partir de dicha fecha.

Registro general de documentos reconocidos para la certificación de eficiencia energética

De acuerdo con el artículo 3 del citado Real Decreto, se crea este Registro con el fin de facilitar el cumplimiento de este Procedimiento básico. Está adscrito a la Secretaría de Estado de Energía, del Ministerio de Industria, Energía y Turismo, teniendo carácter público e informativo.

En el citado Registro se encuentran todos aquellos documentos que han recibido el reconocimiento conjunto de los [Ministerios de Industria, Energía y Turismo y de Fomento](#), y ha sido estructurado en función de la aplicación que corresponde a cada documento reconocido.

Calificación de la eficiencia energética de un edificio

Cuando se utilicen componentes, estrategias, equipos y/o sistemas que no estén incluidos en los programas disponibles, para su consideración en la calificación energética se hará uso del procedimiento establecido en el documento informativo " Aceptación de soluciones singulares y capacidades adicionales a los programas de referencia y alternativos de calificación de eficiencia energética de edificios ", disponible en el Registro general.

Etiqueta de eficiencia energética

La obtención del certificado de eficiencia energética otorga el derecho de utilización, durante el periodo de validez del mismo, de la etiqueta de eficiencia energética. En este certificado se asigna a cada edificio una Clase Energética de eficiencia, que variará desde la clase A, para los energéticamente más eficientes, a la clase G, para los menos eficientes.

La etiqueta se debe incluir en toda oferta, promoción y publicidad dirigida a la venta o arrendamiento del edificio o unidad del edificio. Debe figurar siempre en la etiqueta, de forma clara e inequívoca, si se refiere al certificado de eficiencia energética del proyecto o al del edificio terminado.

Puede consultar los ["Procedimientos Simplificados para la Certificación Energética de edificios existentes"](#) en la página web del Ministerio de Industria, Energía y Turismo.



3. Cuantificación del ahorro energético con las soluciones KNAUF INSULATION

3.1. Rehabilitación energética

La vida de una vivienda puede superar los 50 años, por tanto al comprar, alquilar o acometer obras de reforma en la misma, es muy importante que la envolvente térmica del edificio y sus instalaciones sean de buena calidad y de alta eficiencia energética, con objeto de no estar lastrados por un gasto excesivo e innecesario de energía y dinero a lo largo del tiempo.

Anualmente, un gran número de edificaciones están sujetas a algún tipo de reforma de mayor o menor entidad, como la limpieza y el pintado de fachadas, la reparación de la cubierta, la sustitución de la carpintería, pero pocas veces se acometen trabajos de rehabilitación por razones energéticas, incluso cuando son significativos el valor global del ahorro económico en la factura energética y la cuantía de las ayudas y subvenciones por parte de las administraciones.



El estudio "A cost Curve for greenhouse gas reduction (2007)" (Curva de gastos para la reducción de gases de efecto invernadero) de la prestigiosa consultora estratégica McKinsey, concluía que, entre las políticas de ahorro y eficiencia energética, **la mejora del nivel de aislamiento térmico en los edificios es la de menor coste para un mismo objetivo de beneficio.**

Una vez conscientes económica y ambientalmente de la importancia de aislar térmicamente un edificio, una pregunta queda en el aire: ¿con qué nivel de espesor debemos aislar?

En este contexto, KNAUF INSULATION, yendo un paso por delante respecto a la actual normativa española para el aislamiento térmico de edificios (CTE DB-HE 1: Documento Básico sobre Limitación de la Demanda Energética de Edificios, del Código Técnico de la Edificación, actualizado en septiembre de 2013), adopta en el presente caso de estudio de un edificio existente, las exigencias térmicas de dicha normativa para edificios de nueva construcción, mucho más restrictivas que las impuestas para edificios existentes.

3.2. CTE DB-HE 1

El actual CTE, concretamente en la tabla E.1 del anexo E del DB-HE 1, define valores orientativos de transmitancia térmica U ($W/m^2 \cdot K$) en cada una de las 6 zonas climáticas de invierno (α , A, B, C, D y E), para cada elemento opaco de la envolvente de edificios residenciales de nueva construcción: muros exteriores, suelos y cubiertas.

Cuanto menor sea el valor U de cada elemento de de la envolvente del edificio, menores serán las demandas energéticas relativas a calefacción y refrigeración y, consecuentemente, menor será el coste económico relacionado. Tales demandas serán más o menos representativas según la zona climática.

En función de la zona climática de invierno y de la superficie útil de la vivienda, se determinará una demanda límite de calefacción que no deberá ser sobrepasada por la demanda del edificio. En el caso de la demanda de refrigeración, en función de la zona climática de verano (zonas 1, 2, 3 y 4) se establecen directamente unos valores de demanda límite que el edificio no deberá tampoco superar.

Siguiendo las transmitancias térmicas orientativas de la tabla E.1 citada anteriormente, muy posiblemente el edificio cumpla con esas demandas:

Transmitancia del elemento [W/m²K]	Zona Climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
U_{MUROS}	0,94	0,50	0,38	0,29	0,27	0,25
U_{SUELOS}	0,53	0,53	0,46	0,36	0,34	0,31
$U_{\text{CUBIERTAS}}$	0,50	0,47	0,33	0,23	0,22	0,19

En el caso de edificios existentes a rehabilitar, se deberán cumplir los valores de transmitancia límite que aparecían en la primera versión del DB-HE 1 del año 2006.

La implementación del CTE DB-HE 1 implica un ahorro energético significativo, cuando comparamos un edificio que cumple los valores mínimos de U con uno que no los cumple. No obstante, para alcanzar el nivel de eficiencia energética en las viviendas solicitado por los gobiernos europeos, y en particular por el español, donde, como vimos en el capítulo anterior, el sector de la edificación tiene un peso muy importante en el consumo energético, es fundamental dar un paso adelante, disminuyendo esos valores de transmitancia térmica de muros exteriores, suelos y cubiertas y por consiguiente, aumentando los niveles de aislamiento.

3.3. Edificio tipo

Los resultados de cuantificación del ahorro energético y “ambiental” en el edificio tipo que se presenta en este documento, han sido obtenidos utilizando un programa de cálculo oficial para la calificación de eficiencia energética de edificios de viviendas, reconocido por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo (MINETUR).

El edificio simulado tiene la premisa de haber sido construido antes de la entrada en vigor de la primera normativa térmica de edificios en España, por tanto lo consideramos sin aislamiento en su envolvente. Las características del mismo son las que se describen a continuación:

- Tipología de edificio: Residencial entre medianeras, construido antes de 1979.
- Orientación: 45° con respecto al Norte.
- Anchura de la calle: 12 m.
- Altura del edificio: PB (local comercial) + 3PP (viviendas); 4 plantas x 2,5 m/planta = 10 m.

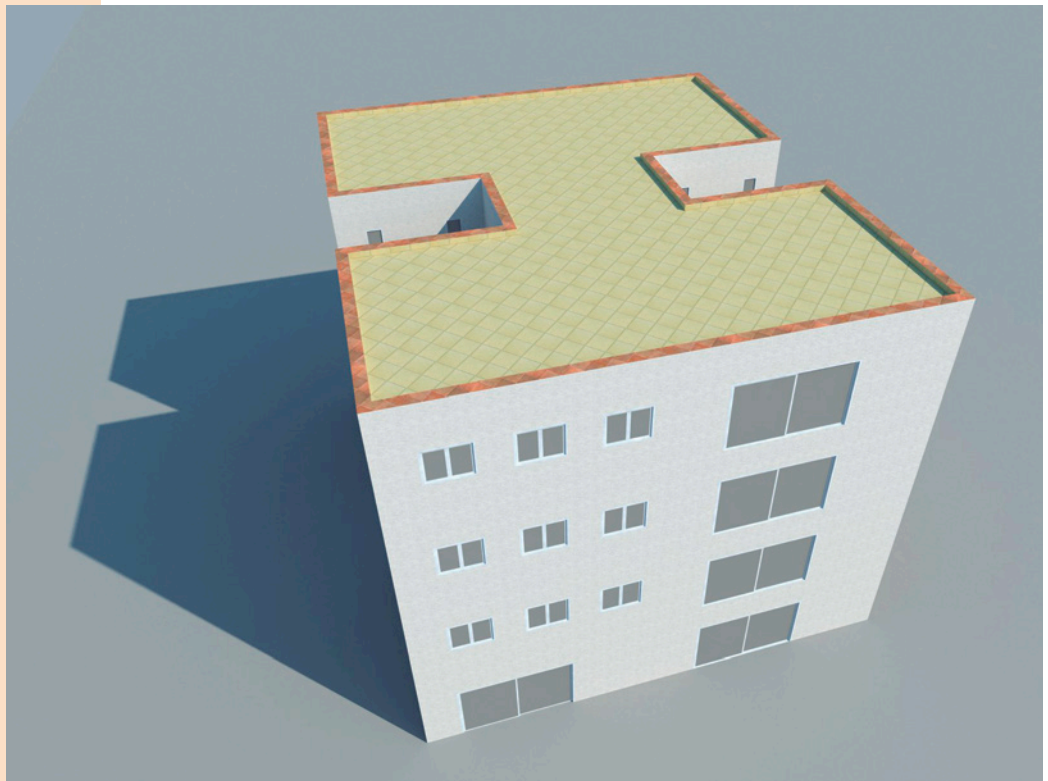


Figura 2. Edificio tipo objeto de estudio.

- Distribución por planta: 2 viviendas + escalera.
- Tipología de cubierta: Plana.
- Superficies:
 - Vivienda: 92 m².
 - Planta: $(2 \times 92) + 16 = 200$ m².
 - Edificio: 4 plantas x 200 m²/planta = 800 m².
 - Cubierta: 174 m².
 - Muros de fachadas: 440 m².
- Instalaciones térmicas:
 - Calefacción y ACS mediante equipo individual por planta (caldera mixta de gas natural, de rendimiento $\eta=0,85$).
 - Sin refrigeración.
 - Porcentaje de ACS por aportación solar: 0%.

Se han calculado la demanda y el consumo de calefacción (kWh/m².a) del edificio tipo sin aislamiento, antes de ser rehabilitada su envolvente térmica, y del edificio tipo con aislamiento, una vez rehabilitada su envolvente térmica en base al criterio CTE - DB-HE 1 - anexo E - tabla E.1, comparando ambas situaciones y obteniendo los porcentajes de ahorro energético.

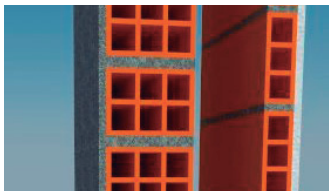
En los siguientes apartados presentamos los resultados obtenidos.

3.4. Actuación en fachadas

En este apartado se presentan tres soluciones Knauf Insulation de rehabilitación energética de fachadas, en base a tres tipologías constructivas distintas:

- Fachada ventilada con aislamiento de Lana Mineral **Ultravent Black**
- Trasdoso autoportante con aislamiento de Lana Mineral **Panel Plus (TP 138)**
- Insuflación de cámara de aire con aislamiento de Lana Mineral **Supafil 034**

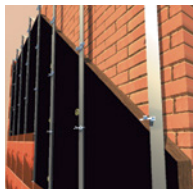
Cualquiera de estas tres soluciones constructivas podrían aplicar sobre las fachadas originales del edificio, las cuales están constituidas inicialmente por las siguientes capas:

Parte de la envolvente	Capa	Espesor (m)	Conductividad térmica λ (W/m·K)	Resistencia térmica R (m²·K/W)
Fachadas originales	Revoco exterior de mortero	0,010	1,800	0,006
	Muro de ladrillo hueco doble	0,130	1,020	0,127
	Cámara de aire ligeramente ventilada	0,100	-	0,095
	Tabique de ladrillo hueco sencillo	0,040	0,556	0,072
	Enlucido interior de yeso	0,011	0,400	0,028
			Rglobal (1)	0,328
			Rint+ext (2)	0,170
			Rtotal (1+2)	0,498
Transmitancia térmica U fachadas originales (W/m².K)			U=1/Rtotal	2,01

A partir de dichas fachadas originales, se presentan individualmente los resultados energéticos de cada solución alternativa para su rehabilitación.

3.4.1. Rehabilitación energética con fachada ventilada y aislamiento de LM Ultravent Black

En esta opción, se implementa una fachada ventilada con aislamiento de Lana Mineral **Ultravent Black** de Knauf Insulation (se considera a modo de ejemplo el espesor necesario para cumplir con la transmitancia térmica orientativa de zona climática D), sobre los muros originales de doble hoja de fábrica de ladrillo, quedando las fachadas resultantes constituidas por las siguientes capas:

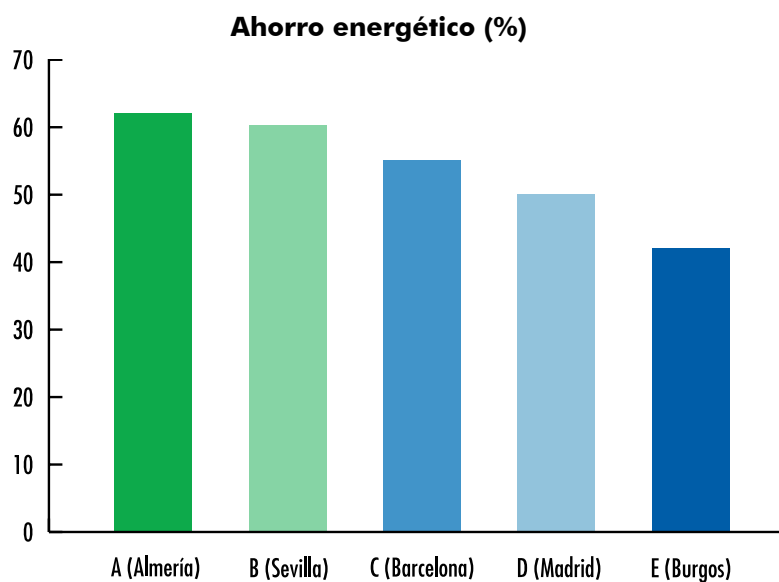
Fachadas rehabilitadas con LM Ultravent Black	Acabado de piedra artificial	0,020	-	-
	Cámara de aire ventilada de flujo ascendente	0,050	-	-
	Lana Mineral Ultravent Black	0,120	0,035	3,429
	Revoco exterior de mortero	0,010	1,800	0,006
	Muro de ladrillo hueco doble	0,130	1,020	0,127
	Cámara de aire ligeramente ventilada	0,100	-	0,095
	Tabique de ladrillo hueco sencillo	0,040	0,556	0,072
	Enlucido interior de yeso	0,011	0,400	0,028
		Rglobal (1)		3,757
		Rint+ext (2)		0,26
Rtotal (1+2)		4,017		
Transmitancia térmica U de fachadas rehabilitadas con LM Ultravent Black (W/m².K)			U=1/Rtotal	0,25

El DB HE 1 especifica que, en el caso de fachadas ventiladas, se despreciarán para el cálculo del valor U todas las capas exteriores a partir de la cámara de aire, incluyendo la misma, y se considerará el mismo valor de resistencia superficial exterior que el de resistencia superficial interior, en este caso 0,13.

A partir de la incorporación de LM **Ultravent Black** en el espesor necesario para cumplir con la transmitancia térmica orientativa de zona climática D, se puede observar una drástica reducción del valor U de las nuevas fachadas: 2.01 vs 0.25.

En la tabla y gráfica siguientes, se presentan los porcentajes de ahorro en demanda y consumo energéticos para calefacción, a partir de la rehabilitación de las fachadas con esta solución de aislamiento por el exterior:

Porcentajes de ahorro energético	Zona Climática				
	A (Almería)	B (Sevilla)	C (Barcelona)	D (Madrid)	E (Burgos)
Espesor aislamiento de LM Ultravent Black	50 mm	80 mm	100 mm	120 mm	120 mm
Ahorro energético	61 %	60 %	55 %	50 %	43 %



La selección de otro sistema de aislamiento térmico por el exterior, como es el **SATE / ETICS**, implementando un producto de Lana Mineral, el **Panel ETICS FKD-S-C1** de Knauf insulation, proporcionaría resultados mínimamente inferiores, pero muy similares en ahorro energético a los obtenidos con **Ultravent Black** en fachada ventilada.

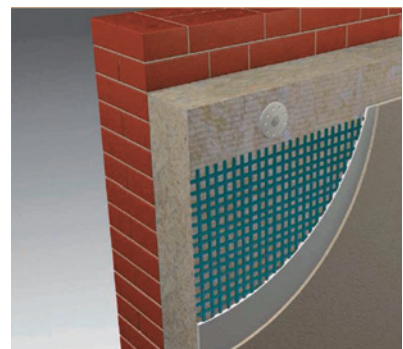
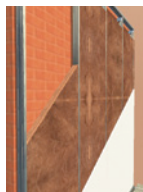


Figura 3. Sistema SATE.

3.4.2. Rehabilitación energética de fachadas con trasdosado autoportante y aislamiento de LM Panel Plus (TP 138)

En esta opción, se instala un trasdosado autoportante constituido por un entramado metálico con aislamiento de Lana Mineral **Panel Plus (TP 138)** de Knauf Insulation (se considera a modo de ejemplo el espesor necesario para cumplir con la transmitancia térmica orientativa de zona climática D) y placa de yeso laminado, sobre los muros originales de doble hoja de fábrica de ladrillo, quedando las fachadas resultantes constituidas por las siguientes capas:

Parte de la envolvente	Capa	Espesor (m)	Conductividad térmica λ (W/m·K)	Resistencia térmica R (m²·K/W)
Fachadas rehabilitadas con LM Panel Plus (TP 138)	Revoco exterior de mortero	0,010	1,800	0,006
	Muro de ladrillo hueco doble	0,130	1,020	0,127
	Cámara de aire ligeramente ventilada	0,100		0,095
	Tabique de ladrillo hueco sencillo	0,040	0,556	0,072
	Enlucido interior de yeso	0,011	0,400	0,028
	Lana Mineral Panel Plus (TP 138)	0,100	0,032	3,125
	Placa de yeso laminado	0,015	0,250	0,060
		Rglobal (1)		3,513
		Rint+ext (2)		0,170
		Rtotal (1+2)		3,683
Transmitancia térmica U de fachadas rehabilitadas con Panel Plus (TP 138) (W/m².K)			U=1/Rtotal	0,27

A partir de la incorporación de LM **Panel Plus (TP 138)** en el espesor necesario para cumplir con la transmitancia térmica orientativa de zona climática D, se puede observar una drástica reducción del valor U de las nuevas fachadas: 2.01 vs 0.27.

En la tabla y gráfica siguientes, se presentan los porcentajes de ahorro en demanda y consumo energéticos para calefacción, a partir de la rehabilitación de las fachadas con esta solución de aislamiento por el interior:

Porcentajes de ahorro energético	Zona Climática				
	A (Almería)	B (Sevilla)	C (Barcelona)	D (Madrid)	E (Burgos)
Espesor aislamiento de LM Panel Plus (TP 138)	50 mm	85 mm	100 mm	100 mm	120 mm
Ahorro energético	61 %	62 %	55 %	50 %	43 %

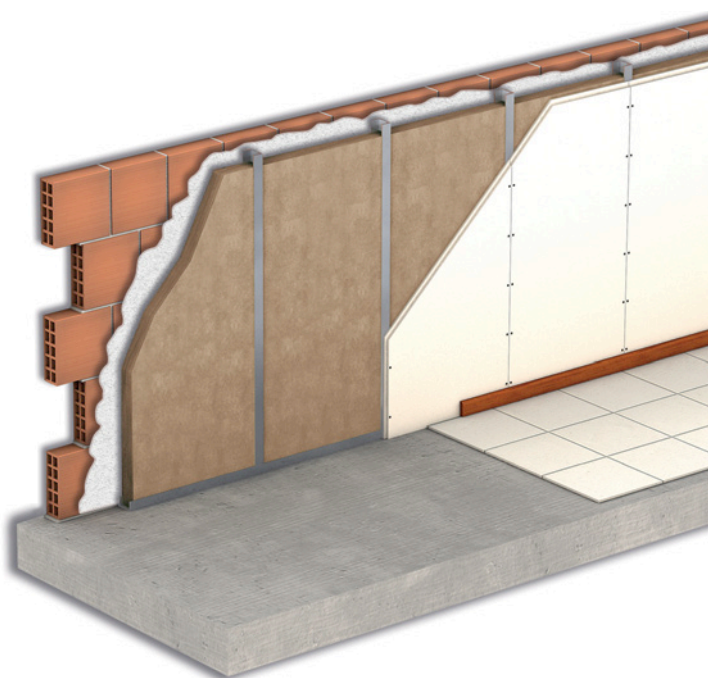
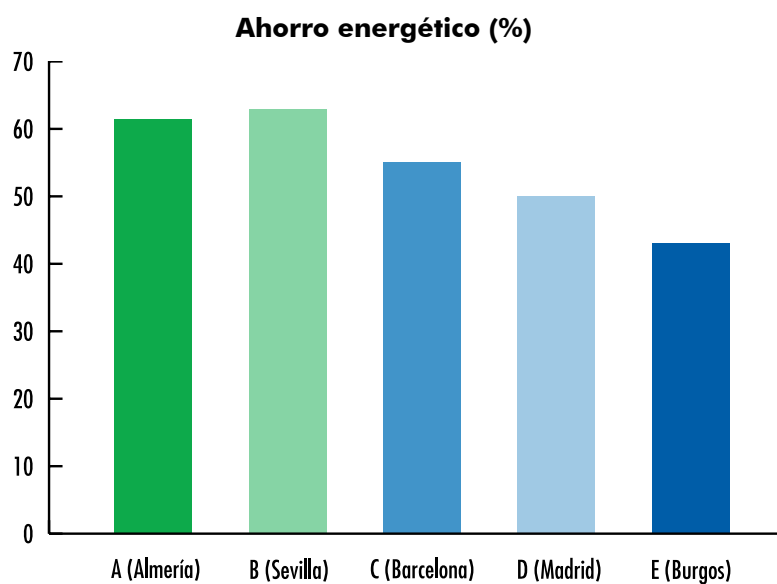


Figura 4. Trasdoso autoportante.

3.4.3. Rehabilitación energética de fachadas mediante insuflación con aislamiento de LM Supafil 034

En esta opción, se inyecta la cámara de aire de 10 cm existente entre las dos hojas de fábrica de ladrillo con Lana Mineral sin ligante **Supafil 034**, solución que mantiene intacta la estética del cerramiento de fachadas:

Parte de la envolvente	Capa	Espesor (m)	Conductividad térmica λ (W/m·K)	Resistencia térmica R (m²·K/W)	
Fachadas rehabilitadas con LM sin ligante Supafil 034	Revoco exterior de mortero	0,010	1,800	0,006	
	Muro de ladrillo hueco doble	0,13	1,020	0,127	
	Lana Mineral sin ligante Supafil 034	0,10	0.034	2.941	
	Tabique de ladrillo hueco sencillo	0,040	0,556	0,072	
	Enlucido interior de yeso	0,011	0,400	0,027	
				Rglobal (1)	3,173
				Rint+ext (2)	0,170
				Rtotal (1+2)	3,343
Transmitancia térmica U de fachadas rehabilitadas con LM sin ligante Supafil 034 (W/m².K)			U=1/Rtotal	0,30	

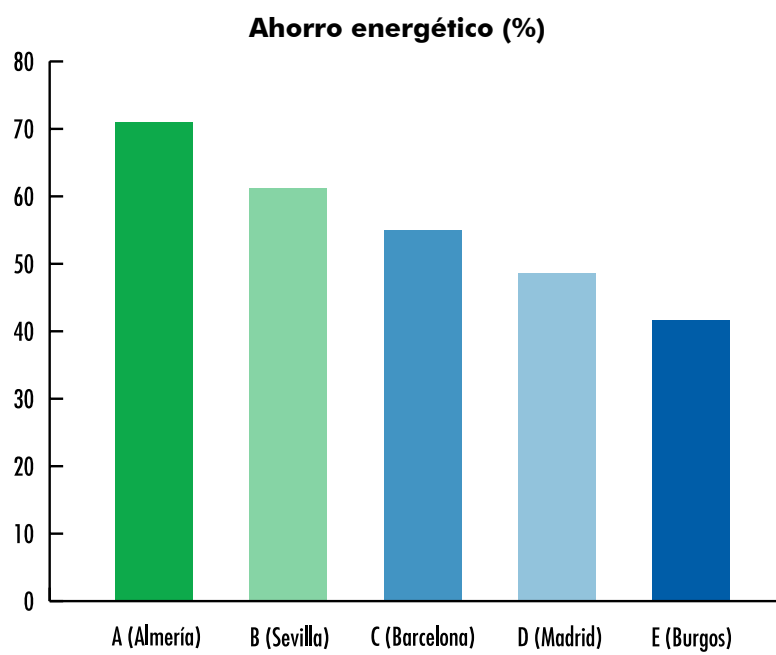
A partir de la insuflación de LM sin ligante **Supafil 034** en la cámara de aire existente, se puede observar una drástica reducción de la transmitancia térmica U de las nuevas fachadas: 2.01 vs 0.30.

En la tabla y gráfica siguientes, se presentan los porcentajes de ahorro en demanda y consumo energéticos para calefacción, a partir de la rehabilitación de las fachadas con esta solución de aislamiento insuflado en la cavidad existente:

Porcentajes de ahorro energético	Zona Climática				
	A (Almería)	B (Sevilla)	C (Barcelona)	D (Madrid)	E (Burgos)
Espesor aislamiento de LM Supafil 034	100 mm	100 mm	100 mm	100 mm	100 mm
Ahorro energético	71 %	62 %	55 %	49 %	42 %



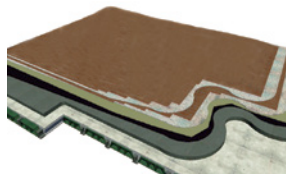
Figura 5. Inspección de la cámara de aire por el interior.



3.5. Actuación en cubierta

Siguiendo con la misma metodología aplicada en el estudio de rehabilitación energética de las fachadas del edificio tipo existente, se presentan en este apartado los resultados para la rehabilitación energética de la cubierta, aplicando en este caso una cubierta invertida con aislamiento a base de paneles de Poliestireno Extruido **Polyfoam C 4 LJ 1250** de Knauf Insulation.

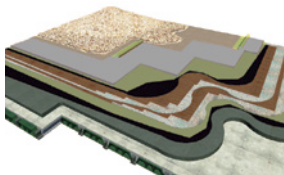
Esta solución constructiva se aplicará sobre una cubierta inicialmente constituida por las siguientes capas:

Parte de la envolvente	Capa	Espesor (m)	Conductividad térmica λ (W/m·K)	Resistencia térmica R (m²·K/W)
Cubierta original	Baldosa exterior cerámica	0,040	2,300	0,017
	Lámina asfáltica	0,005	0,700	0,007
	Capa de mortero	0,100	0,550	0,182
	Forjado unidireccional con entrevigado cerámico de canto 250 mm	0,250	0,893	0,280
	Enlucido interior de yeso	0,010	0,180	0,056
			Rglobal (1)	0,542
			Rint+ext (2)	0,140
			Rtotal (1+2)	0,682
Transmitancia térmica U de cubierta original (W/m².K)			U=1/Rtotal	1,47

A partir de esta cubierta original, se presenta la solución de rehabilitación energética de la misma.

3.5.1. Rehabilitación energética de cubierta con aislamiento de XPS Polyfoam C4 1250 LJ

Sobre la cubierta existente se instala una nueva cubierta invertida accesible para mantenimiento, incluyendo una membrana impermeable y aislamiento de Poliestireno Extruido **Polyfoam C 4 LJ 1250** de Knauf Insulation (se considera a modo de ejemplo el espesor necesario para cumplir con la transmitancia térmica orientativa en zona climática D), quedando la cubierta resultante constituida por las siguientes capas:

Parte de la envolvente	Capa	Espesor (m)	Conductividad térmica λ (W/m·K)	Resistencia térmica R (m²·K/W)
Cubierta rehabilitada con XPS Polyfoam C 4 LJ 1250	Grava	0,100	2,000	0,050
	Lámina geotextil	0,002	0,050	0,040
	XPS Polyfoam C4 1250 LJ	0,140	0,038	3,684
	Lámina geotextil	0,002	0,050	0.040
	Lámina bituminosa	0.010	0,230	0.043
	Baldosa exterior cerámica	0,040	2,300	0,017
	Lámina asfáltica	0,005	0,700	0,007
	Capa de mortero	0,100	0,550	0,182
	Forjado unidireccional con entrevigado cerámico de canto 250 mm	0,250	0,893	0,280
	Enlucido interior de yeso	0,010	0,180	0,056
			Rglobal (1)	4,399
			Rint+ext (2)	0,140
			Rtotal (1+2)	4,539
Transmitancia térmica U de cubierta rehabilitada con XPS Polyfoam C 4 LJ 1250 (W/m².K)			U=1/Rtotal	0.22

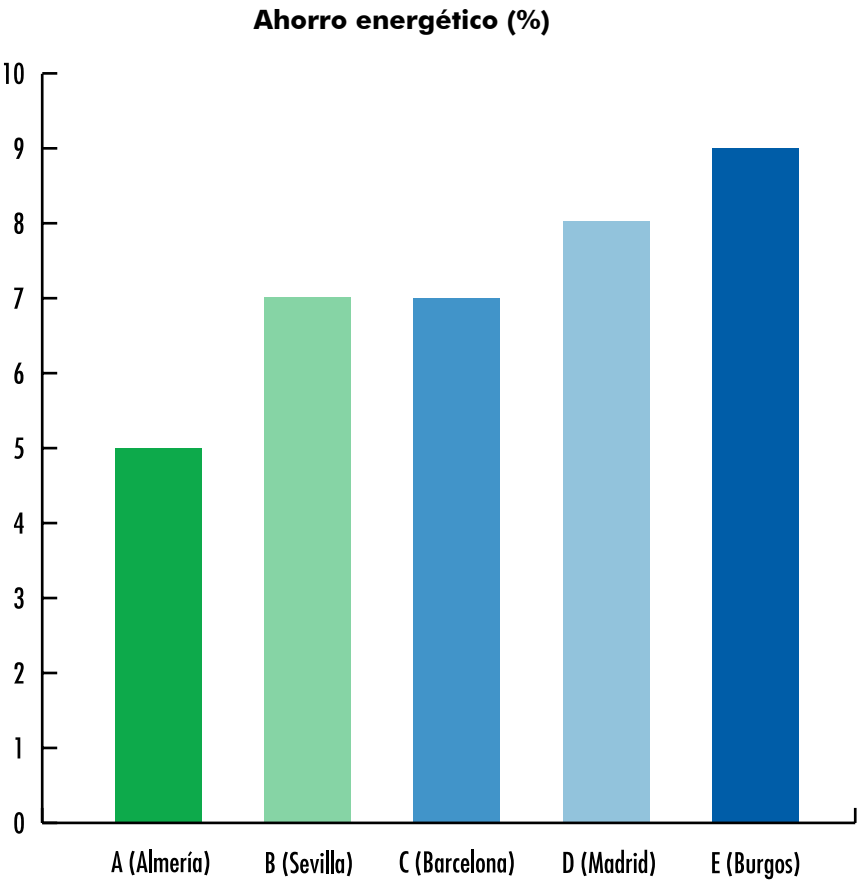
A partir de la incorporación de XPS **Polyfoam C 4 LJ 1250** en el espesor necesario para cumplir con la transmitancia térmica orientativa de zona climática D, se puede observar una drástica reducción del valor U de las nuevas fachadas: 1,47 vs 0.22.



Figura 6. Rehabilitación de cubierta plana con Polyfoam.

En la tabla y gráfica siguientes, se presentan los porcentajes de ahorro en demanda y consumo energéticos para calefacción, a partir de la rehabilitación de la cubierta con esta solución de aislamiento por el exterior:

Porcentajes de ahorro energético	Zona Climática				
	A (Almería)	B (Sevilla)	C (Barcelona)	D (Madrid)	E (Burgos)
Espesor aislamiento de XPS Polyfoam C 4 LJ 1250	50 mm	80 mm	140 mm	140 mm	180 mm
Ahorro energético	5 %	7 %	7 %	8 %	9 %



La selección de otro sistema de aislamiento térmico de cubiertas por el exterior, como es la colocación del aislante de Lana Mineral **Panel Cubierta** de Knauf Insulation, bajo membrana de estanqueidad autoprotegida (cubierta accesible para mantenimiento), o bien bajo nuevo pavimento de baldosas (cubierta

transitable) proporcionaría resultados minimamente inferiores, pero muy similares en ahorro energético a los obtenidos con **Polyfoam C 4 LJ 1250**.

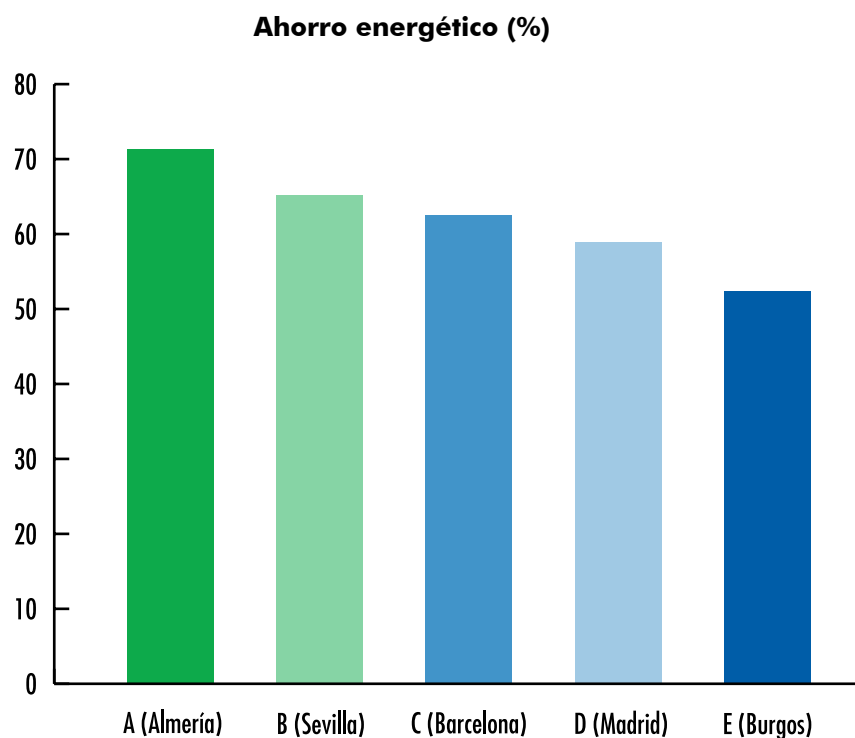
3.6. Actuación en fachadas y cubierta

La forma óptima de alcanzar el máximo ahorro energético y “ambiental” es la rehabilitación de la máxima superficie de la envolvente del edificio, en este caso las fachadas y la cubierta. Como etapa final de este estudio, se han calculado los porcentajes de ahorro de la demanda y del consumo energéticos por demanda y por calefacción (kWh/m²·a), utilizando la misma metodología que en los casos anteriores.

3.6.1. Rehabilitación energética de fachadas con LM Ultravent Black y de cubierta con XPS Polyfoam C 4 LJ 1250

En la tabla y gráfica siguientes, se presentan los porcentajes de ahorro en demanda y consumo energéticos para calefacción, a partir de la rehabilitación de las fachadas y la cubierta, interviniendo en ambos casos con soluciones de aislamiento por el exterior:

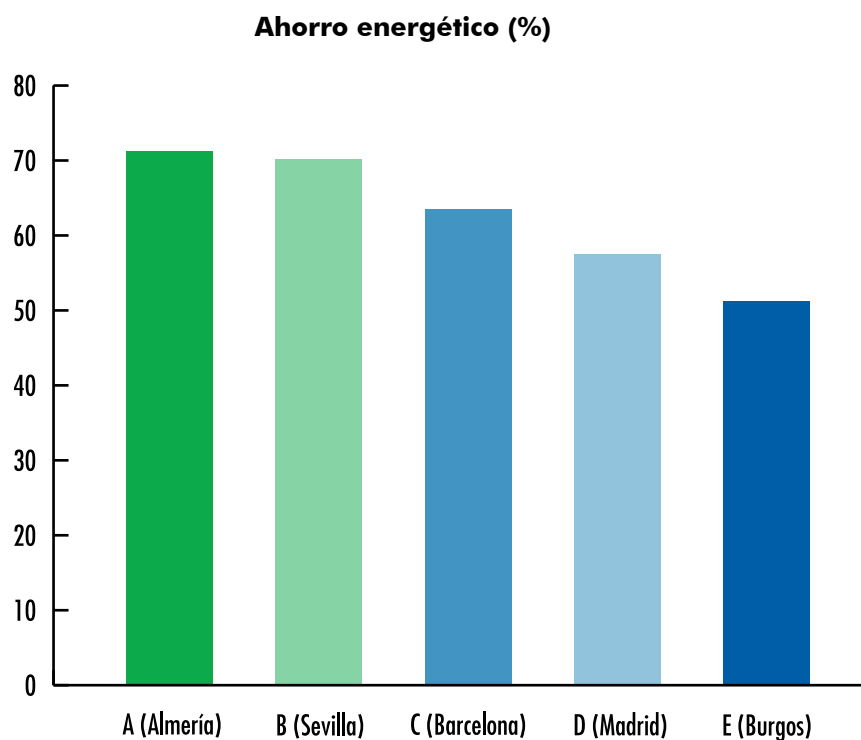
Porcentajes de ahorro energético	Zona Climática				
	A (Almería)	B (Sevilla)	C (Barcelona)	D (Madrid)	E (Burgos)
Espesor aislamiento Ultravent Black	50 mm	80 mm	100 mm	120 mm	120 mm
Espesor aislam. Polyfoam C 4 LJ 1250	50 mm	80 mm	140 mm	140 mm	180 mm
Ahorro energético	70 %	67 %	62 %	58 %	51 %



3.6.2. Rehabilitación energética de fachadas con LM Panel Plus (TP 138) y de cubierta con XPS Polyfoam C 4 LJ 1250

En la tabla y gráfica siguientes, se presentan los porcentajes de ahorro en demanda y consumo energéticos para calefacción, a partir de la rehabilitación de las fachadas y de la cubierta, interviniendo en las fachadas con solución de aislamiento por el interior y en la cubierta con solución de aislamiento por el exterior:

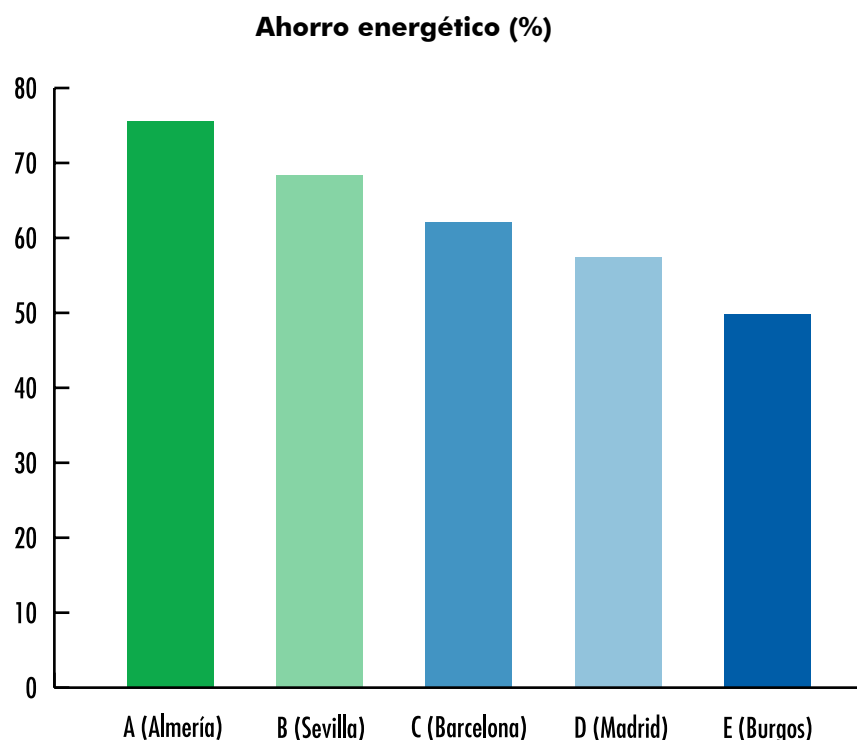
Porcentajes de ahorro energético	Zona Climática				
	A (Almería)	B (Sevilla)	C (Barcelona)	D (Madrid)	E (Burgos)
Espesor aislamiento Panel Plus (TP 138)	50 mm	85 mm	100 mm	100 mm	120 mm
Espesor aislam. Polyfoam C 4 LJ 1250	50 mm	80 mm	140 mm	140 mm	180 mm
Ahorro energético	71 %	68 %	63 %	58 %	52 %



3.6.3. Rehabilitación energética de fachadas con LM Supafil 034 y de cubierta con XPS Polyfoam C 4 LJ 1250

En la tabla y gráfica siguientes, se presentan los porcentajes de ahorro en demanda y consumo energéticos para calefacción, a partir de la rehabilitación de las fachadas y la cubierta, interviniendo en las fachadas con insuflación de aislamiento en la cámara de aire y en la cubierta con solución de aislamiento por el exterior:

Porcentajes de ahorro energético	Zona Climática				
	A (Almería)	B (Sevilla)	C (Barcelona)	D (Madrid)	E (Burgos)
Espesor aislamiento Supafil 034	100 mm	100 mm	100 mm	100 mm	100 mm
Espesor aislam. Polyfoam C 4 LJ 1250	50 mm	80 mm	140 mm	140 mm	180 mm
Ahorro energético (%)	76	69	62	57	50



A modo de conclusión de este apartado, cabe decir que en el caso de utilizar los criterios térmicos establecidos por el estándar **Passivhaus**, en la mayoría de los casos estudiados anteriormente se incrementarían los porcentajes de ahorro energético entre un 3 y un 5%.

3.7. Mejora en la calificación energética final

La incorporación de aislamiento en la rehabilitación de fachadas y cubierta, dota al edificio de una envolvente térmica que disminuye la pérdida de calor en invierno y la ganancia en verano, reduciendo en consecuencia el gasto energético correspondiente a calefacción y refrigeración respectivamente.

No obstante, la mejora en la “letra” de la calificación energética en edificios antiguos sometidos a rehabilitación energética, muy probablemente no será alcanzada mediante la medida singular de incorporar aislamiento térmico en su envolvente. Esto es debido a que **la eficiencia global del edificio, viene dada por la suma de las eficiencias relacionadas con las demandas y con los sistemas de:**

- **Calefacción**
- **Refrigeración**
- **Agua Caliente Sanitaria (ACS)**

Para cada tipología de edificio y zona climática, la influencia de los tres elementos anteriores (medidas activas) varía en el cómputo de la eficiencia global del edificio.

Podríamos decir, en líneas generales, que el parque edificatorio existente en España, no ha sido construido bajo criterios arquitectónicos en los que primara la eficiencia energética, tales como la orientación al sol, el

porcentaje de huecos en fachadas, la tipología de los materiales incluidos en los elementos constructivos de la envolvente, la tipología de ventanas, la tipología de sistemas de calefacción y refrigeración; todos ellos factores que influyen de una manera decisiva en el índice global de eficiencia energética.

A modo ilustrativo, presentamos a continuación resultados de simulación referidos a calificación energética (letra) y a demanda y consumo energéticos (kWh/m².a), además de los resultados de emisiones de CO₂ (kgCO₂/m².a) en algunos de los casos que se presentan, obtenidos para el mismo edificio tipo estudiado en este documento, aplicando medidas activas y pasivas de rehabilitación energética.

3.7.1. Medida 1: Aislamiento en fachadas y cubierta

Opción A – Fachada ventilada con LM Ultravent Black:

Tipo de intervención		Zona Climática				
		A (Almería)	B (Sevilla)	C (Barcelona)	D (Madrid)	E (Burgos)
Edificio tipo existente	Calificación energética	E	E	E	E	E
	Demanda energética (kWh/m ² .a)	73,24	100,37	147,86	184,74	270,46
	Consumo energético (kWh/m ² .a)	88,63	121,94	179,19	224,21	328,91
Medida 1 de rehabilitación, opción A:						
Implementación de aislamiento Ultravent Black en fachadas y Polyfoam C 4 LJ 1250 en cubierta	Esp. fachadas	50 mm	80 mm	100 mm	120 mm	120 mm
	Esp. cubierta	50 mm	80 mm	140 mm	140 mm	180 mm
	Calificación energética	E	E	D	D	D
	Demanda energética (kWh/m ² .a)	21,75	33,22	55,53	76,76	131,44
	Consumo energético (kWh/m ² .a)	26,3	40,15	67,15	92,83	159,16



Figura 7. Fachada ventilada con LMN Ultravent Black.

Opción B – Trasdosado autoportante con LM Panel Plus (TP 138):

Tipo de intervención		Zona Climática				
		A (Almería)	B (Sevilla)	C (Barcelona)	D (Madrid)	E (Burgos)
Edificio tipo existente	Calificación energética	E	E	E	E	E
	Demanda energética (kWh/m²·a)	73,24	100,37	147,86	184,74	270,46
	Consumo energético (kWh/m²·a)	88,63	121,94	179,19	224,21	328,91
Medida 1 de rehabilitación, opción B:						
Implementación de aislamiento Panel Plus (TP 138) en fachadas y Polyfoam C 4 LJ 1250 en cubierta	Esp. fachadas	50 mm	85 mm	100 mm	100 mm	120 mm
	Esp. cubierta	50 mm	80 mm	140 mm	140 mm	180 mm
	Calificación energética	E	E	D	D	D
	Demanda energética (kWh/m²·a)	21,51	31,89	54,69	77,88	129,92
	Consumo energético (kWh/m²·a)	26,01	38,53	66,14	94,18	157,32

Opción C – Insuflación cámara de aire con Supafil 034:

Tipo de intervención		Zona Climática				
		A (Almería)	B (Sevilla)	C (Barcelona)	D (Madrid)	E (Burgos)
Edificio tipo existente	Calificación energética	E	E	E	E	E
	Demanda energética (kWh/m²·a)	73,24	100,37	147,86	184,74	270,46
	Consumo energético (kWh/m²·a)	88,63	121,94	179,19	224,21	328,91
Medida 1 de rehabilitación, opción C:						
Insuflación de aislamiento Supafil 034 en fachadas y Polyfoam C 4 LJ 1250 en cubierta	Esp. fachadas	100 mm	100 mm	100 mm	100 mm	100 mm
	Esp. cubierta	50 mm	80 mm	140 mm	140 mm	180 mm
	Calificación energética	E	E	D	D	D
	Demanda energética (kWh/m²·a)	17,35	31,55	56,08	79,55	135,24
	Consumo energético (kWh/m²·a)	20,99	38,13	67,82	96,21	163,78

3.7.2. Medida 2: Medida 1 + sustitución de ventanas

Opción A – Fachada ventilada con LM Ultravent Black:

Tipo de intervención		Zona Climática				
		A (Almería)	B (Sevilla)	C (Barcelona)	D (Madrid)	E (Burgos)
Edificio tipo existente	Calificación energética	E	E	E	E	E
	Demanda energética (kWh/m²·a)	73,24	100,37	147,86	184,74	270,46
	Consumo energético (kWh/m²·a)	88,63	121,94	179,19	224,21	328,91
Medida 2 de rehabilitación, opción A:						
Implementación de aislamiento Ultravent Black en fachadas y Polyfoam C 4 LJ 1250 en cubierta + Sustitución de ventanas por otras más eficientes (U = 1,8)	Esp. fachadas	50 mm	80 mm	100 mm	120 mm	120 mm
	Esp. cubierta	50 mm	80 mm	140 mm	140 mm	180 mm
	Calificación energética	D	D	C	C	C
	Demanda energética (kWh/m²·a)	12,30	17,28	33,84	47,29	86,60
	Consumo energético (kWh/m²·a)	14,90	20,88	40,96	57,21	104,66

Opción B – Trasdoso autoportante con LM Panel Plus (TP 138):

Tipo de intervención		Zona Climática				
		A (Almería)	B (Sevilla)	C (Barcelona)	D (Madrid)	E (Burgos)
Edificio tipo existente	Calificación energética	E	E	E	E	E
	Demanda energética (kWh/m²·a)	73,24	100,37	147,86	184,74	270,46
	Consumo energético (kWh/m²·a)	88,63	121,94	179,19	224,21	328,91
Medida 2 de rehabilitación, opción B:						
Implementación de aislamiento Panel Plus (TP 138) en fachadas y Polyfoam C 4 LJ 1250 en cubierta + Sustitución de ventanas por otras más eficientes (U = 1,8)	Esp. fachadas	50 mm	85 mm	100 mm	100 mm	120 mm
	Esp. cubierta	50 mm	80 mm	140 mm	140 mm	180 mm
	Calificación energética	D	D	C	C	C
	Demanda energética (kWh/m²·a)	12,08	16,75	31,78	48,44	85,10
	Consumo energético (kWh/m²·a)	14,64	20,24	38,74	58,55	102,85

Opción C – Insuflación cámara de aire con Supafil 034:

Tipo de intervención		Zona Climática				
		A (Almería)	B (Sevilla)	C (Barcelona)	D (Madrid)	E (Burgos)
Edificio tipo existente	Calificación energética	E	E	E	E	E
	Demanda energética (kWh/m ² ·a)	73,24	100,37	147,86	184,74	270,46
	Consumo energético (kWh/m ² ·a)	88,63	121,94	179,19	224,21	328,91
Medida 2 de rehabilitación, opción C:						
Implementación de aislamiento Supafil 034 en fachadas y Polyfoam C 4 LJ 1250 en cubierta + Sustitución de ventanas por otras más eficientes (U = 1,8)	Esp. fachadas	100 mm	100 mm	100 mm	100 mm	100 mm
	Esp. cubierta	50 mm	80 mm	140 mm	140 mm	180 mm
	Calificación energética	D	D	C	D	C
	Demanda energética (kWh/m ² ·a)	7,29	16,49	34,38	49,8	90,36
	Consumo energético (kWh/m ² ·a)	8,83	19,93	41,62	60,26	109,2

3.7.3. Medida 3: Medida 2 + aporte de energía solar

Tipo de intervención		Zona Climática				
		A (Almería)	B (Sevilla)	C (Barcelona)	D (Madrid)	E (Burgos)
Edificio tipo existente	Calificación energética	E	E	E	E	E
	Demanda energética (kWh/m ² ·a)	73,24	100,37	147,86	184,74	270,46
	Consumo energético (kWh/m ² ·a)	88,63	121,94	179,19	224,21	328,91
	Emissiones (kgCO ₂ /m ² ·a)	23,30	32,03	39,85	49,34	71,63
Medida 3 de rehabilitación:						
Implementación de aislamiento Ultravent Black en fachadas y Polyfoam C 4 LJ 1250 en cubierta + Sustitución de ventanas por otras más eficientes (U = 1,8) + Aportación 70% energía solar	Esp. fachadas	50 mm	80 mm	100 mm	120 mm	120 mm
	Esp. cubierta	50 mm	80 mm	140 mm	140 mm	180 mm
	Calificación energética	D	D	C	C	C
	Demanda energética (kWh/m ² ·a)	12,30	17,28	33,84	47,29	86,60
	Consumo energético (kWh/m ² ·a)	14,90	20,88	40,96	57,21	104,66
	Emissiones (kgCO ₂ /m ² ·a)	9,80	13,41	11,10	15,88	22,22

3.7.4. Medida 4: Medida 3 + cambio de caldera

Tipo de intervención		Zona Climática				
		A (Almería)	B (Sevilla)	C (Barcelona)	D (Madrid)	E (Burgos)
Edificio tipo existente	Calificación energética	E	E	E	E	E
	Demanda energética (kWh/m²·a)	73,24	100,37	147,86	184,74	270,46
	Consumo energético (kWh/m²·a)	88,63	121,94	179,19	224,21	328,91
	Emisiones (kgCO ₂ /m²·a)	23,30	32,03	39,85	49,34	71,63
Medida 4 de rehabilitación:						
Implementación de aislamiento Ultravent Black en fachadas y Polyfoam C 4 LJ 1250 en cubierta + Sustitución de ventanas por otras más eficientes (U = 1,8) + Aportación 70% energía solar + Caldera de Gas Natural $\eta = 0,95$	Esp. fachadas	50 mm	80 mm	100 mm	120 mm	120 mm
	Esp. cubierta	50 mm	80 mm	140 mm	140 mm	180 mm
	Calificación energética	D	D	C	C	C
	Demanda energética (kWh/m²·a)	12,30	17,28	33,84	47,29	86,60
	Consumo energético (kWh/m²·a)	14,90	20,88	40,96	57,21	104,66
	Emisiones (kgCO ₂ /m²·a)	9,10	12,24	9,52	13,79	18,73

Se puede comprobar, comparando las tablas anteriores, que la rehabilitación energética mediante la incorporación de aislamiento térmico en fachadas y cubierta, es la solución que con diferencia aporta la mayor reducción energética. No obstante, el objetivo de conseguir una importante mejora en la calificación energética final (letra) del edificio, tal como dicha calificación está establecida, obliga en ocasiones a implementar otras medidas eficientes encaminadas fundamentalmente a reducir las emisiones de CO₂, sin que dichas medidas necesariamente consigan la reducción energética, como por ejemplo la mejora de las instalaciones de climatización y de ACS.

3.8. Ejemplo de ahorro económico y período de retorno de la inversión

En la tabla siguiente se presenta un ejemplo de ahorro económico, incluyendo el período de retorno de la inversión resultante de aislar las fachadas del edificio tipo objeto de este estudio, ubicándolo en la zona climática D, con la solución aislante de Lana Mineral insuflada **Supafil 034**. No se consideran en el cálculo posibles subvenciones. **Dicha tabla también incluye el ahorro energético total en TEP (toneladas equivalentes de petróleo), considerando una vida útil estimada del edificio de 50 años.**

	Edificio sin rehabilitar	Edificio rehabilitado	Ahorro energético
Transmitancia térmica	2,01 W/m ² ·K	0,30 W/m ² ·K	-
Demanda energética	184,74 kWh/m ² ·a	94,79 kWh/m ² ·a	49 %
Ahorro energético anual	$(184,74 - 94,79) \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a} \times 552 \text{ m}^2 \text{ }^{(1)} = 49.652,4 \text{ kWh/a}$ $49.652,4 \text{ kWh/a} \times 8,6 \times 10^{-5} \text{ TEP/kWh} = 4,27 \text{ TEP/a}$		
Ahorro energético total	$49.652,4 \text{ kWh/a} \times 50 \text{ a} \times 1 \text{ MWh/1.000 kWh} = 2.482,62 \text{ MWh}$ $4,27 \text{ TEP/a} \times 50 \text{ a} = 213,5 \text{ TEP}$		
Coste aislamiento fachadas	$440 \text{ m}^2 \text{ }^{(2)} \times 22,5 \text{ €/m}^2 \text{ }^{(3)} = 9.900 \text{ €}$		
Ahorro energético inversión aislamiento	$9.900 \text{ €} \times 4,27 \text{ TEP/a} \rightarrow 2.318,5 \text{ €} \times \text{TEP/a}$		
Ahorro económico anual	$49.652,4 \text{ kWh/a} \times 0,13 \text{ €/kWh} \text{ }^{(4)} (+ \% \text{ incremento anual precio energía} - \% \text{ depreciación anual moneda} \text{ }^{(5)}) =$ 6.267 € el 1er. año 9.367 € a partir del año 15		
Período retorno inversión	1 ½ años		
Ahorro económico neto a 25 años	199.590 €		
Ahorro económico neto a 50 años	433.775 €		

(1) Superficie útil: 6 viviendas x 92 m²/vivienda = 552 m².

(2) Superficie muros de fachadas a insuflar con Supafil 034, descontados los huecos de ventanas.

(3) Coste unitario orientativo suministro e insuflación con Supafil 034 en cámara de aire de 10 cm.

(4) Coste unitario energía.

(5) Los porcentajes considerados de incremento anual del precio de la energía son del 6% durante los 15 primeros años y del 3% el resto de años hasta los 50 años de vida útil. El porcentaje considerado de depreciación anual de la moneda es del 3%.



En conclusión, podemos decir que 2.318,5 € de inversión en la mejora de la envolvente térmica del edificio representan un ahorro energético anual de 1 TEP.

4. Soluciones para rehabilitación energética

4.1. Fachadas

4.1.1. Fachada ventilada con Ultravent Black

La fachada ventilada es una solución constructiva válida tanto para obra nueva como para rehabilitación, con una excelente aceptación a nivel nacional y europeo.

Una fachada ventilada se caracteriza por disponer de una cámara de aire continua y ventilada entre el acabado o revestimiento exterior y el aislamiento de la misma. La cámara funciona por efecto chimenea, al crearse por convección una corriente continua ascendente de aire, calentado por la radiación solar que incide sobre el material de acabado de la fachada. Dicha cámara evita la condensación del vapor de agua y, por consiguiente, la posible aparición de humedades nocivas para las capas interiores del sistema constructivo, como son la estructura portante del revestimiento exterior, el material aislante y el muro portante.

Otra de las **ventajas de la fachada ventilada**, al ir colocado el aislante exteriormente al muro portante, es la de **proporcionar una envolvente térmica continua, con lo que se evitan puentes térmicos** en frentes de forjados y pilares de fachadas, que provocan también riesgo de condensaciones en el interior del edificio.

El sistema constructivo se compone de un muro soporte existente, generalmente de fábrica de ladrillo o de bloques o paneles de hormigón, sobre el cual se fijan los anclajes que servirán para la sustentación de la estructura portante del material de revestimiento y acabado de la fachada. Una vez colocados dichos anclajes, se instala el aislante, en este caso Lana Mineral Natural **Ultravent Black**, sobre la superficie exterior del muro soporte, fijándolo mecánicamente al mismo. El diseño de los anclajes de la estructura portante posibilitará la formación de una cámara de aire ventilada de 3 cm de espesor mínimo, y dejará el entramado de perfiles verticales y horizontales de la estructura portante separados del aislamiento. Una vez instalada esta estructura, sobre la misma se fijarán las placas ligeras de acabado de la fachada, que pueden ser cerámicas, de piedra natural, metálicas, de resina, de vidrio, etc.

Opcionalmente, pueden utilizarse, como aislamiento de la fachada ventilada, paneles de Lana Mineral **Ultravent 032 (TP 432 B)** y **Ultravent 034 (TP 435 B)**, de excelentes propiedades térmicas. Consultar sus características en las fichas técnicas de ambos productos.

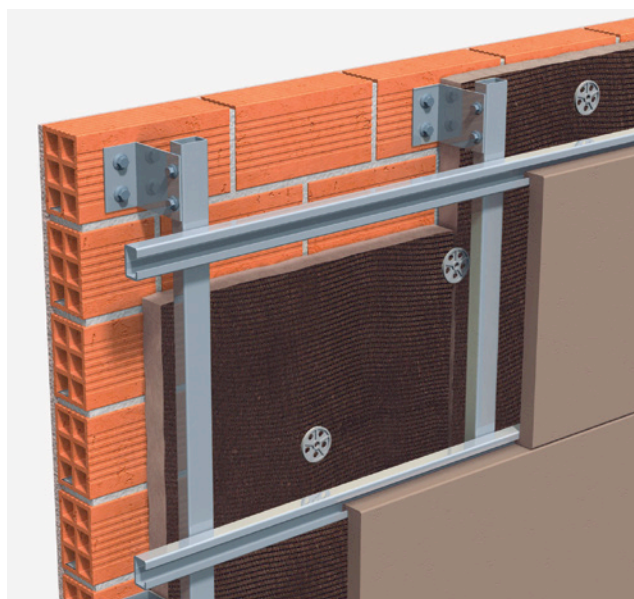


Figura 8. Sistema de fachada ventilada con aislamiento de LMN Ultravent Black.

Ventajas



- Las excelentes propiedades térmicas de Ultravent Black, como aislante del sistema, **disminuyen drásticamente la transmitancia térmica U de las fachadas**, aportando un importante **ahorro de energía** durante los ciclos de invierno (calefacción) y de verano (refrigeración).
- La aplicación del aislante por el exterior **elimina los puentes térmicos lineales** (frentes de forjado, pilares, vigas, formación de huecos de ventanas), evitando el efecto pared fría con el discomfort asociado al mismo, y el riesgo de condensaciones superficiales con las consecuentes patologías por humedades.
- Se mejora el aislamiento acústico de las fachadas, debido a las excelentes propiedades fonoabsorbentes de **Ultravent Black**.
- Como **material no combustible**, **Ultravent Black** presenta la mejor clasificación de reacción al fuego (Euroclase A1).
- **Se aprovecha toda la inercia térmica del muro soporte existente**, mejorando el confort térmico de la vivienda.
- **Permite la integración de paneles fotovoltaicos**, como solución sostenibilidad para el edificio dentro de los casos de superposición e integración arquitectónica que otorga el CTE DB-HE 5.
- **La cámara de aire ventilada exterior protege al aislante y al muro soporte de la intemperie** (agua, sol, viento,...), incrementando la vida útil de la fachada y del edificio.
- Estéticamente, posibilita un cambio importante de las fachadas, **“rejuveneciendo” su aspecto**, contribuyendo a la mejora del entorno y revalorizando económicamente el edificio.
- **Permite la realización** de los trabajos de rehabilitación **con los usuarios habitando en el interior del edificio**.
- **No se reduce la superficie útil** del edificio o vivienda, al intervenir exteriormente.
- **Sistema de construcción “seco”**. El proceso de instalación es rápido y sin tiempos de espera para secado de morteros o yesos.
- **Permite alojar instalaciones entre la cámara y el aislante**, tales como electricidad, telefonía, etc.
- Sistema **aplicable a cualquier tipo de fachada**, incluso con muros de mala planimetría.

Detalles de puesta en obra

Cuando se deban utilizar niveles elevados de aislamiento, se empleará Lana Mineral Natural **Ultravent Black** del espesor necesario, evitando la colocación en doble capa.

La fijación de **Ultravent Black** se realizará mediante anclajes mecánicos **Ultravent**, de longitud mínima

igual al espesor del aislante + 20/30 mm. El número mínimo de anclajes debe ser de 3 - 4 unidades por metro cuadrado de superficie, mientras que en las aristas de las fachadas se aumentará debido al superior flujo de aire en estas zonas.

Los rollos de **Ultravent Black** pueden colocarse tanto en posición vertical como horizontal, evitando que queden juntas abiertas entre paños, las cuales provocarían puentes térmicos en las fachadas. La cara revestida con el tejido de vidrio negro debe colocarse siempre hacia el exterior.

4.1.2. Trasdoso autoportante con Panel Plus (TP 138)

La rehabilitación energética de fachadas también puede realizarse mediante trasdosado interior con sistema de construcción en seco, a base de entramado metálico autoportante, aislamiento termo-acústico de Lana Mineral Natural **Panel Plus (TP 138)** y placas de yeso laminado como acabado interior.

El empleo de **Panel Plus (TP 138)**, aislante de muy baja conductividad térmica, permite incorporar espesores inferiores de aislamiento para cumplir con las exigencias térmicas necesarias y obtener el mejor nivel de eficiencia energética. Por tanto, consigue reducir el espesor total del sistema de trasdosado, con respecto a la mayoría de aislantes del mercado, los cuales presentan valores superiores de conductividad térmica.

Opcionalmente, puede utilizarse, como aislamiento del trasdosado, la gama **Ultracoustic** de Lana Mineral Natural, de excelentes propiedades termo-acústicas.

Ventajas

- Las excelentes propiedades térmicas de **Panel Plus (TP 138)**, como aislante del sistema, **disminuyen la transmitancia térmica U de las fachadas**, aportando un importante **ahorro de energía** durante los ciclos de invierno (calefacción) y de verano (refrigeración).

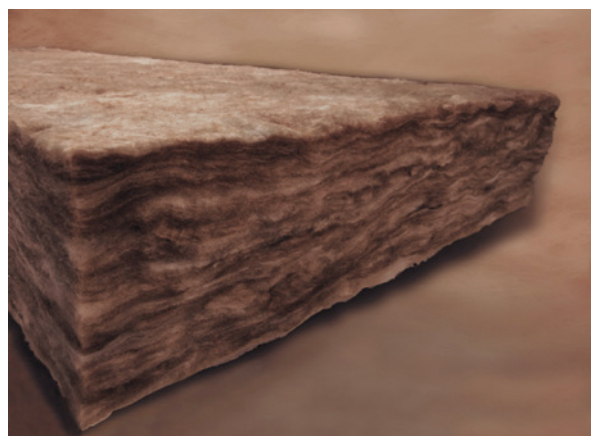


Figura 9. Panel Plus (TP 138) de Lana Mineral Natural con E Technology™

- **Se mejora el aislamiento acústico de las fachadas**, debido a las excelentes propiedades fonoabsorbentes de **Panel Plus (TP 138)**.
- Como **material no combustible**, **Panel Plus (TP 138)** presenta la mejor clasificación de reacción al fuego (Euroclase A1).
- **Permite sanear los muros de fábrica**, cuando éstos presentan defectos.
- **Permite corregir los defectos de planimetría**, desplome, etc., del muro soporte.
- **Es un sistema de construcción "seco"**. El proceso de instalación es rápido y sin tiempos de espera para secado de morteros o yesos.
- **Pueden efectuarse intervenciones "parciales"** en determinadas viviendas o locales, por lo que no es imprescindible el consentimiento de toda la comunidad de vecinos.
- Los trabajos se consideran "**obras menores**".
- **No se precisan sistemas de andamiaje** que invaden la vía pública.
- **Es aplicable a cualquier tipo de fachada** (incluso fachadas de ladrillo visto o histórico).
- **Permite alojar fácilmente instalaciones** entre la placa y el propio aislante.
- **Resuelve los puentes térmicos integrados en la fachada** (pilares, contornos de huecos, etc.).

Detalles de puesta en obra

Previamente al montaje del trasdosado, el muro soporte debe repararse si presenta defectos importantes de estanqueidad, grietas, desconchones, mohos, etc.

El sistema de trasdosado puede aplicarse a cualquier tipo de muro existente sin requerimientos especiales, ya que es autoportante y no utiliza el muro como soporte. Conviene dejar una cámara de aire entre el muro existente y el trasdosado. Si el espesor de aislamiento lo hace necesario, puede colocarse una capa adicional de aislante entre entramado metálico y muro existente.

El aislante se coloca entre los montantes del entramado simplemente retenido por las alas de los mismos. Es fundamental que la Lana Mineral Natural **Panel Plus (TP 138)** rellene totalmente la cavidad, para lo cual una ligera compresión de ésta (del orden de 10 mm) puede ser aconsejable.

Se pueden realizar los pasos de instalaciones que sean necesarios. La elasticidad de la Lana Mineral Natural **Panel Plus (TP 138)**, permite su paso sin necesidad de efectuar rozas que debilitan el aislamiento.

4.1.3. Insuflación en cámaras de aire con Supafil 034

Un sistema de gran eficacia y elevada relación calidad/precio para la rehabilitación energética de fachadas es el relleno de las cámaras de aire existentes en los muros de doble hoja de fábrica, con Lana Mineral sin ligante **Supafil 034**.

Supafil 034 es un aislante de muy baja conductividad térmica ($\lambda_D = 0,034 \text{ W/m.K}$), desarrollado especialmente para el aislamiento termo-acústico de cavidades mediante insuflado mecánico.



Figura 10. Insuflación con Supafil.

Ventajas

- Las excelentes propiedades térmicas de Supafil 034, como aislante del sistema, disminuyen la transmitancia U de las fachadas, aportando un elevado ahorro energético y “ambiental”.
- Se mejora el aislamiento acústico de la fachada, al tratarse de un material de estructura fibrosa con propiedades fonoabsorbentes.
- Se trata de una solución incombustible, clasificada en su reacción al fuego con Euroclase A1, no combustible.
- Al tratarse de un material no hidrófilo, **Supafil 034** no transmite agua a la hoja interior, ni propaga humedad por capilaridad a través de la cámara de aire.
- No ofrece resistencia al paso del vapor de agua, minimizando el riesgo de condensaciones intersticiales.
- Reduce la demanda energética de calefacción y refrigeración, y por tanto las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

Campos de aplicación y puesta en obra

- Rehabilitación energética y acústica. Relleno de cámaras de aire en muros de doble hoja de edificios residenciales existentes, unifamiliares y plurifamiliares.
- Sistema aplicable también en obra nueva.
- Aplicación recomendable desde el exterior, aunque en edificios plurifamiliares puede estudiarse la intervención desde el interior de las viviendas.
- El procedimiento de aplicación mediante insuflado requiere el empleo de equipos mecánicos especiales por parte de aplicadores profesionales formados y homologados por KNAUF INSULATION.
- La puesta en obra es rápida, limpia y eficiente.

4.1.4. Sistema de Aislamiento Térmico Exterior (SATE / ETICS) con Panel ETICS FKD-S-C1

El sistema ETICS (External Thermal Insulation Composites Systems), también conocido en España como SATE, es una solución de aislamiento térmico exterior de fachadas, que nació como un recurso de rehabilitación energética, y actualmente se aplica también en obra nueva. Tiene su origen en Centro-Europa, en torno al año 1950, como protección térmica de invierno, y actualmente se emplea en todo el mundo, también en zonas cálidas como protección frente al calor.

Básicamente, el sistema está compuesto de los siguientes elementos:

- Muro existente
- Mortero para la fijación del aislante al muro existente
- Aislante de Lana Mineral **Panel ETICS FKD-S-C1**
- Fijación mecánica opcional, para reforzar la fijación del aislante sobre el muro soporte existente
- Capa de mortero, armada con malla de fibra de vidrio
- Revestimiento decorativo con material orgánico o de origen mineral como acabado final exterior

Ventajas

- Las excelentes propiedades térmicas de **Panel ETICS FKD-S-C1**, como aislante del sistema, **disminuyen la transmitancia térmica U de las fachadas**, aportando un importante **ahorro de energía** durante los ciclos de invierno (calefacción) y de verano (refrigeración).
- La aplicación del aislante por el exterior elimina los puentes térmicos lineales (frentes de forjado, pilares, vigas, formación de huecos de ventanas), evitando el efecto pared fría con el discomfort asociado al mismo, y el riesgo de condensaciones superficiales con las consecuentes patologías por humedades.
- **Se mejora el aislamiento acústico de las fachadas**, debido a las excelentes propiedades fonoabsorbentes de **Panel ETICS FKD-S-C1**.

- Como **material no combustible**, **Panel ETICS FKD-S-C1** presenta la mejor clasificación de reacción al fuego (Euroclase A1).
- La **elevada temperatura máxima de trabajo** (250 °C) de **Panel ETICS FKD-S-C1**, permite su aplicación con toda la gama cromática de acabados exteriores, incluidos colores con índice de luminosidad comprometidos, en obras ubicadas en zonas sometidas a altas cargas térmicas por radiación solar, lo que no está recomendado cuando se utilizan aislamientos de naturaleza plástica.
- Es especialmente conveniente aislar por el exterior cuando la vivienda o edificio son de ocupación permanente. De este modo, se aprovecha con **inercia térmica del muro soporte existente**, mejorando el confort térmico en el interior de la vivienda.
- El sistema de rehabilitación energética de fachadas mediante ETICS/SATE con Lana Mineral, resulta **más económico que otros sistemas constructivos**, como por ejemplo la fachada ventilada.
- La estructura permeable de **Panel ETICS FKD-S-C1**, garantiza la máxima transpirabilidad y permite el flujo del vapor de agua a través del sistema constructivo hacia el exterior, evitándose el riesgo de condensaciones superficiales, y la posibilidad de patologías por humedad.
- Los costes de mantenimiento de los ETICS con **Panel ETICS FKD-S-C1** son más bajos que con otros aislantes. La Lana Mineral es más resistente a climatologías extremas y al envejecimiento al tratarse de materiales de origen natural.
- Estéticamente, posibilita un cambio importante de las fachadas, “rejuveneciendo” su aspecto, contribuyendo a la mejora del entorno y revalorizando económicamente el edificio.
- Ejecución de la obra de rehabilitación con la mínima interferencia para los usuarios del edificio.
- No se reduce la superficie útil del edificio o vivienda, al intervenir exteriormente.

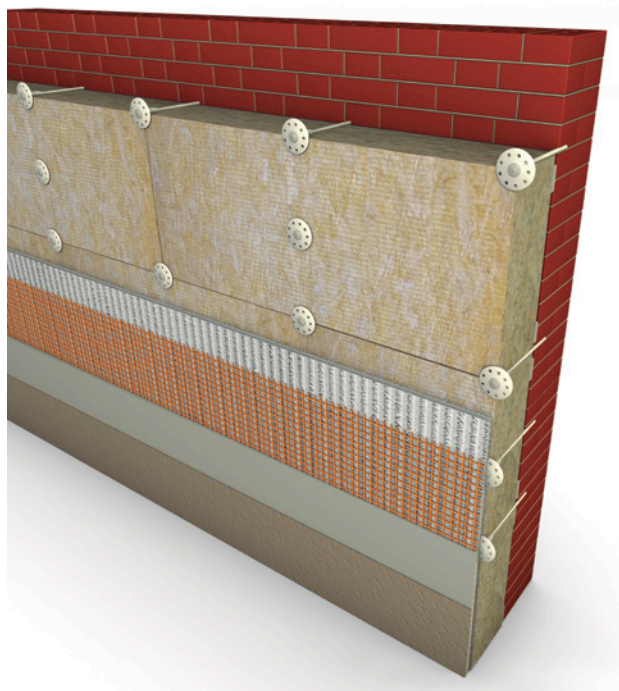


Figura 11. Sistema de Aislamiento Térmico Exterior (SATE / ETICS) con Panel ETICS FKD-S-C1.

Detalles de puesta en obra

El sistema de aislamiento térmico por el exterior con **Panel ETICS FKD-S-C1**, tiene características similares desde el punto de vista de aplicación en obra que un ETICS con aislamiento de EPS (poliestireno expandido), tradicionalmente utilizado en España.

La fijación de **Panel ETICS FKD-S-C1** al muro soporte existente, se realiza mediante la aplicación de un cordón perimetral de mortero adhesivo en cada panel, así como de varias pelladas repartidas en la zona central del mismo, cubriendo como mínimo el 40% de superficie del panel. Resulta conveniente apretar los paneles contra el muro soporte, pudiendo emplear para ello rodillos o herramientas similares, con objeto de garantizar una adecuada fijación entre el aislamiento y la fachada existente.

Cuando se deban utilizar niveles elevados de aislamiento, se empleará **Panel ETICS FKD-S-C1** del espesor necesario, evitando la colocación en doble capa.

La fijación de **Panel ETICS FKD-S-C1** mediante mortero adhesivo se complementará mediante anclajes mecánicos de longitud mínima igual al espesor del aislante + 30 mm (o según especificación del fabricante del anclaje). El número mínimo de anclajes debe ser de 3 - 4 unidades por metro cuadrado de superficie, mientras que en las aristas de las fachadas se aumentará debido al superior flujo de aire en estas zonas.

Panel ETICS FKD-S-C1 debe colocarse en sentido ascendente (de abajo hacia arriba), con juntas verticales discontinuas (colocación a rompejuntas), evitando que queden juntas abiertas entre paneles, las cuales provocarían puentes térmicos en las fachadas. En las aristas de las fachadas se deben contrapear los paneles de aislamiento. No debe coincidir el vértice de un **Panel ETICS FKD-S-C1** con la esquina de un hueco de ventana.

4.2. Cubiertas

4.2.1. Aislamiento exterior de cubiertas planas. Opción A: con Polyfoam C 4 LJ 1250

Realizar una cubierta invertida sobre una cubierta plana convencional existente, que cuente con una membrana impermeable en buenas condiciones, constituye una solución eficaz y bastante sencilla para aumentar el nivel de aislamiento térmico y, consecuentemente, el ahorro energético del edificio, ya que, como se ha visto en el apartado 3.5.1, la rehabilitación energética de la cubierta de un bloque de viviendas puede llegar, en el peor de los casos, a una reducción del orden de un 5 a un 9% en la demanda energética.

Este sistema de rehabilitación, a base de incorporar aislamiento térmico con paneles rígidos de Poliestireno Extruido **Polyfoam C 4 LJ 1250**, lastrados con una capa de grava de canto rodado o implementados con un nuevo pavimento cerámico o pétreo, implica un aumento de peso sobre la estructura, por lo que es necesario verificar que la misma puede soportar este incremento.

La membrana impermeabilizante existente, debe ser revisada para confirmar su buen estado y, si existen anomalías, proceder a su reparación parcial o a la sustitución por una nueva membrana, antes de colocar las planchas rígidas aislantes de **Polyfoam C 4 LJ 1250**.

Otra opción consiste en colocar directamente una nueva membrana impermeable sobre el viejo pavimento de la cubierta, para lo cual éste, si presentara anomalías (baldosas levantadas, rotas, etc.), deberá sanearse y regularizarse previamente con mortero, para poder ser utilizado como soporte de adhesión de la membrana.

A partir de aquí, se procederá de la misma manera comentada anteriormente: colocación de **Polyfoam C 4 LJ 1250** y extendido de grava, o bien colocación de **Polyfoam C 4 LJ 1250** e instalación del nuevo pavimento de la cubierta.

Es recomendable instalar sobre **Polyfoam C 4 LJ 1250** una capa separadora geotextil antes de extender la grava, o una capa difusora, que favorezca la transpirabilidad de la cubierta, antes de colocar el pavimento.

Los paneles rígidos de **Polyfoam C 4 LJ 1250** permiten, tanto la rehabilitación energética en los términos que se acaban de indicar, como el aumento del nivel de aislamiento térmico de una antigua cubierta invertida, añadiendo nuevos paneles sobre los existentes.

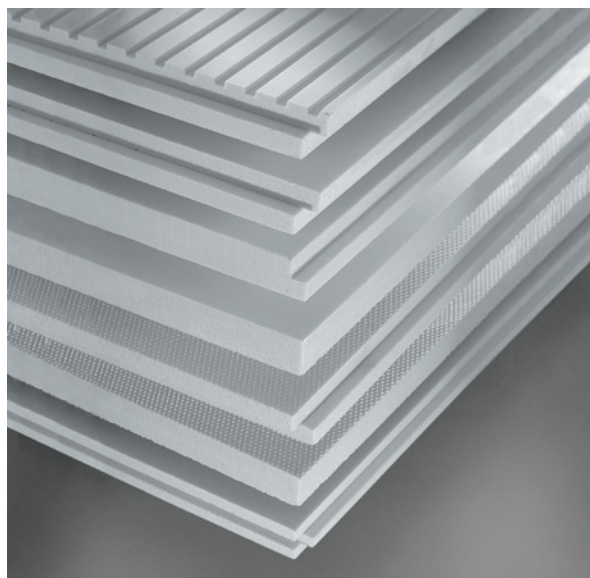


Figura 12. Paneles de XPS Polyfoam.

Ventajas

- Las excelentes propiedades térmicas de **Polyfoam disminuyen la transmitancia térmica U de la cubierta**, aportando un importante ahorro de energía durante los ciclos de invierno (calefacción) y de verano (refrigeración).
- Ejecución de la obra de rehabilitación con la **mínima interferencia para los usuarios del edificio**.
- **No se reduce la altura libre** de las estancias del último piso.
- Es especialmente conveniente aislar por el exterior cuando la vivienda o edificio son de ocupación permanente. De este modo, **se cuenta con la inercia térmica de la cubierta existente**, mejorando el confort térmico en el interior de la vivienda.



- La protección que realiza el aislante **Polyfoam** sobre la **membrana impermeable**, **reduce el envejecimiento** por radiación solar, impide el cuarteamiento por saltos térmicos, **reduce el riesgo de roturas** por agresiones mecánicas, tanto durante la ejecución de la cubierta como durante el uso de la misma.
- En cubiertas invertidas con grava, el fácil acceso a la membrana impermeable posibilita trabajos de reparación o mantenimiento con un reducido coste económico. Y permite añadir nuevos paneles de **Polyfoam** sobre los existentes con suma facilidad y mínimo gasto, **reduciendo la transmitancia térmica de la cubierta y, por consiguiente, la demanda energética, así como las emisiones de CO₂**.

Detalles de puesta en obra

Cuando se deban utilizar niveles elevados de aislamiento, se empleará **Polyfoam C 4 LJ 1250** del espesor necesario, incluso en doble capa si hiciera falta.

Los paneles aislantes de **Polyfoam C 4 LJ 1250** se colocan directamente encima de la impermeabilización, sueltos, con total independencia, sin adherirlos (eventualmente, cuando haya riesgo de flotación por inundación de la cubierta, podrán fijarse por puntos situados en la zona central de las planchas). Los paneles deben colocarse a tope entre ellos y con juntas al tresbolillo, contrapeando las filas sucesivas.

Dada la ligereza de los paneles **Polyfoam C 4 LJ 1250** se debe proceder inmediatamente, tras su colocación, al lastrado con la protección pesada de grava, en un espesor de unos 5 cm, para conseguir como mínimo 80 kg/m² de lastre.

Se recomienda el empleo de un geotextil entre la protección pesada y **Polyfoam C 4 LJ 1250**, para evitar la formación de depósitos de carácter biológico sobre la membrana impermeable.

En la solución transitable se dispondrá un pavimento, formado bien por baldosas hidráulicas apoyadas sobre distanciadores, a su vez apoyados sobre los paneles de **Polyfoam C 4 LJ 1250**, o bien por una capa continua de embaldosado tomado con mortero. En este caso se recomienda armar la capa de mortero con un mallazo e interponer, entre paneles de **Polyfoam C 4 LJ 1250** y mortero, una capa de difusión para favorecer la transpirabilidad del sistema de cubierta y evitar un exceso indebido de agua estancada entre **Polyfoam C 4 LJ 1250** y el mortero.

4.2.2. Aislamiento exterior de cubiertas planas. Opción B: con Panel Cubierta

Podemos acometer la reparación de la cubierta plana de un edificio, generalmente prevista por fallos en el sistema de impermeabilización de la misma que ocasionan filtraciones de agua hacia el interior y las consecuentes patologías por humedades, y plantearla como una rehabilitación energética. La implementación del coste económico debida a la incorporación de un aislamiento térmico va a ser mínima si la comparamos con el ahorro energético y ambiental que vamos a tener a medio y largo plazo.

En este apartado se describen algunos ejemplos de soluciones constructivas para este tipo de rehabilitación energética, a partir de **Panel Cubierta** de Lana Mineral, solución ideal de KNAUF INSULATION como aislamiento térmico y acústico de la cubierta a rehabilitar.

Es importante que el soporte a partir del cual vamos a actuar, normalmente un pavimento a base de baldosas cerámicas o similar, se encuentre seco, estable y plano (exento de irregularidades). Se levantarán, eliminarán y repondrán con capa de mortero de nivelación todos aquellos puntos de irregularidad manifiesta. Sobre dicho soporte colocaremos **Panel Cubierta** fijado mecánicamente.

Sobre **Panel Cubierta** se extenderá una capa de oxiasfalto in situ, para la implementación de una membrana de estanquidad asfáltica, autoarmada y autoprotegida con gránulo mineral, que posibilitará un acabado eventualmente pisable para el acceso de operarios en futuras operaciones de mantenimiento de la cubierta.

Como solución alternativa a la descrita, podemos obtener una nueva cubierta totalmente transitable, que se realizará igualmente aislando con **Panel Cubierta** fijado mecánicamente y reimpermeabilizando con una membrana de estanquidad asfáltica, autoarmada y sin autoprotección, para recibir posteriormente un nuevo pavimento a base de baldosa cerámica o similar. Entre la impermeabilización y el acabado transitable debe situarse una capa separadora geotextil. Para esta solución, en la que se incrementa la carga mecánica sobre la estructura existente, debe comprobarse previamente, antes de decidir la ejecución, que el sobrepeso incorporado es soportable por dicha estructura portante.

Ventajas

- Las excelentes propiedades térmicas de **Panel Cubierta**, como aislante del sistema, **disminuyen la transmitancia térmica U de la cubierta**, aportando un importante **ahorro de energía** durante los ciclos de invierno (calefacción) y de verano (refrigeración).
- **Se mejora el aislamiento acústico de la cubierta**, debido a las excelentes propiedades fonoabsorbentes de **Panel Cubierta**.
- Como **material no combustible**, **Panel Cubierta** presenta la mejor clasificación de reacción al fuego (Euroclase A1).
- Ejecución de la obra de rehabilitación con la **mínima interferencia por los usuarios del edificio**.
- **No se reduce la altura libre** de las estancias del último piso.
- Es especialmente conveniente aislar por el exterior cuando la vivienda o edificio son de ocupación permanente. De este modo, **se cuenta con la inercia térmica de la cubierta existente**, mejorando el confort térmico en el interior de la vivienda.



Figura 13. Panel de LM Panel Cubierta.

Detalles de puesta en obra

Cuando se deban utilizar niveles elevados de aislamiento, se empleará **Panel Cubierta** del espesor necesario, evitando la colocación en doble capa.

La fijación de **Panel Cubierta** se realizará mediante anclajes mecánicos de longitud mínima igual al espesor del aislante + 30 mm (o según especificación del fabricante del anclaje). El número mínimo de anclajes debe ser de 3 - 4 unidades por metro cuadrado de superficie, aumentando la cantidad al doble en el perímetro de la cubierta.

Panel Cubierta debe colocarse a rompejuntas, evitando que queden juntas abiertas entre paneles, las cuales provocarían puentes térmicos en cubierta.

4.2.3. Aislamiento exterior de cubiertas inclinadas con Panel Plus (TP 138)

La rehabilitación energética de una cubierta inclinada con incorporación de aislamiento exterior, se recomienda en los casos en que no es accesible el bajo cubierta, o cuando se pretende sustituir las viejas tejas por nuevas.

La rehabilitación consiste normalmente en:

- 1- Desmontar el tejado existente.
- 2- Sanear y reparar la capa de compresión de mortero o tablero cerámico machihembrado de soporte.
- 3- Colocar una barrera de vapor adherida sobre la capa de compresión o tablero soporte.
- 4- Clavar una primera hilera de listones de madera paralelos a las líneas de pendiente de la cubierta.
- 5- Fijar mecánicamente el aislamiento, en este caso **Panel Plus (TP 138)** de Lana Mineral Natural, situándolo entre los listones de madera, y clavándolo sobre la capa de compresión o tablero soporte.
- 6- Colocar una membrana impermeable y transpirable sobre el aislamiento.
- 7- Clavar una segunda hilera de listones de madera, coincidiendo con la posición de los listones de la primera hilera.
- 8- Clavar una tercera hilera de listoncillos de madera, perpendicular a los listones anteriores.
- 9- Colocar las nuevas tejas por fijación mecánica, clavándolas a los listoncillos de madera.

Opcionalmente, puede utilizarse como aislamiento de la cubierta **Manta Sin Revestir (Classic 044)** de Lana Mineral Natural, aislante termo-acústico de gran relación calidad / precio.

Ventajas

- Las excelentes propiedades térmicas de **Panel Plus (TP 138)**, con la más baja conductividad térmica de los productos de su tipología existentes en el mercado, disminuyen muy significativamente la transmitancia térmica **U** de la cubierta, aportando un importante ahorro de energía durante los ciclos de invierno (calefacción) y de verano (refrigeración).

- La cámara de aire ventilada resultante por encima del aislamiento, **reduce los riesgos de condensación de vapor de agua y sus consecuentes patologías** por humedades.
- Como **material no combustible Panel Plus (TP 138)** presenta la mejor clasificación de reacción al fuego (Euroclase A1).
- **Se mejora el aislamiento acústico de la cubierta**, debido a las excelentes propiedades fonoabsorbentes de **Panel Plus (TP 138)**.
- Ejecución de la obra de rehabilitación con la **mínima interferencia para los usuarios** del edificio.
- El **bajo cubierta** puede seguir siendo **habitable**.
- **No se reduce la altura libre** de las estancias del último piso.
- Es especialmente conveniente aislar por el exterior cuando la vivienda o edificio son de ocupación permanente. De este modo, se cuenta con la **inercia térmica** de la cubierta existente, mejorando el confort térmico en el interior de la vivienda.
- Estéticamente, posibilita un cambio importante de la cubierta, **“rejuveneciendo” su aspecto**, contribuyendo a la mejora del entorno y revalorizando económicamente el edificio.

Detalles de puesta en obra

Cuando se deban utilizar niveles elevados de aislamiento, se empleará Lana Mineral Natural **Panel Plus (TP 138)** del espesor necesario, evitando la colocación en doble capa.

La fijación del aislante se realizará mediante anclajes mecánicos de longitud mínima igual al espesor del aislante + 30 mm (o según especificación del fabricante del anclaje). El número mínimo de anclajes debe ser de 3 - 4 unidades por metro cuadrado de superficie, aumentando la cantidad al doble en el perímetro de la cubierta y encuentros con chimeneas u otros elementos de la misma.

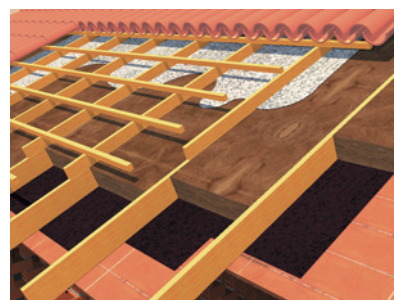


Figura 14. Aplicación de Panel Plus (TP 138) en rehabilitación exterior de cubierta inclinada.

Se formará un cajeadado en los encuentros del faldón con aleros y hastiales, de modo que **Panel Plus (TP 138)** quede retenido por los topes que forman el cajeadado. El tope en alero estará dimensionado para retener el posible deslizamiento de **Panel Plus (TP 138)** y la teja montada sobre él.

Se evitará que queden juntas abiertas entre paneles aislantes, las cuales provocarían puentes térmicos en la cubierta.

4.2.4. Aislamiento interior bajo último forjado con Panel Plus (TP 138)

Se trata de un sistema de aislamiento por el interior mediante un falso techo de placas de yeso laminado, para la mejora del aislamiento térmico y acústico de la cubierta.

Las placas de yeso laminado se fijan sobre maestras metálicas y éstas, a su vez, se suspenden del último forjado bajo cubierta, situándose en la cavidad o cámara intermedia el aislante **Panel Plus (TP 138)** de Lana Mineral Natural.

El último forjado puede ser horizontal o inclinado, dependiendo de la tipología de la cubierta a rehabilitar (cubierta inclinada sobre forjado inclinado, cubierta inclinada sobre tablero y tabiquillos y forjado horizontal, cubierta plana sobre tablero y tabiquillos y forjado horizontal, cubierta plana sobre formación de pendientes y forjado horizontal).

Debe disponerse de un altura mínima de aproximadamente 10 cm para facilitar el montaje de los sistemas de anclaje y su nivelación.

Ventajas

- Las excelentes propiedades térmicas de **Panel Plus (TP 138)**, con la más baja conductividad térmica de los productos de su tipología existentes en el mercado, disminuyen muy significativamente la transmitancia térmica **U** de la cubierta, aportando un importante ahorro de energía durante los ciclos de invierno (calefacción) y de verano (refrigeración).
- Debido a las excelentes propiedades fonoabsorbentes de **Panel Plus (TP 138)**, se mejora el aislamiento acústico de la cubierta a ruido aéreo, y se reduce el nivel de ruido de impacto, dato a considerar en el caso de las azoteas o cubiertas planas transitables.
- Como **material no combustible**, **Panel Plus (TP 138)** presenta la mejor clasificación de reacción al fuego (Euroclase A1).
- Al aplicarse el sistema constructivo por el interior, se evita el levantamiento de la cubrición exterior (tejas o pavimento), impermeabilización, etc.
- Posibilita la rehabilitación desde el punto de vista estético del interior del edificio, conformando una superficie plana y lisa, que permite un acabado de pintura (eliminando el riesgo de fisuras) y la instalación de nuevos sistemas de iluminación y/o climatización (en función de las disponibilidades de altura).
- **Montaje rápido y “seco”**, permitiendo la habitabilidad durante los trabajos.
- Especialmente adecuado cuando no es necesario efectuar trabajos de impermeabilización o modificación de la cubierta del edificio.

Detalles de puesta en obra

Este sistema de rehabilitación energética consiste en la aplicación de paneles semirrígidos de Lana Mineral Natural **Panel Plus (TP 138)** apoyados directamente sobre el falso techo.

Cuando se deban utilizar niveles elevados de aislamiento, se empleará **Panel Plus (TP 138)** del espesor necesario, evitando la colocación en doble capa.

Se evitará que queden juntas abiertas entre paneles, las cuales provocarían puentes térmicos en cubierta.

Las placas de yeso laminado se fijan a maestras distanciadas 600 mm entre ejes. Las maestras se suspenden del forjado o faldón mediante horquillas de presión, varillas roscadas y tacos de expansión metálicos con rosca interior (viguetas) o tacos tipo "paraguas" o de balancín para materiales huecos (bovedillas).

El montaje de **Panel Plus (TP 138)**, el falso techo de placas de yeso laminado, la estructura soporte y el sistema de anclaje al forjado horizontal (que permite la nivelación) o al faldón, conforman una cavidad o cámara de espesor variable, con un espesor mínimo de 10 cm.



Figura 14. Panel Plus (TP 138).

Todos los derechos reservados, incluida la reproducción fotomecánica y el almacenamiento en medios electrónicos. Está prohibida la utilización de los procesos y actividades de trabajo presentados en el presente documento. Se ha actuado con una precaución extrema a la hora de recopilar la información, textos e imágenes del presente documento. No obstante, no se puede descartar la presencia de errores. La editorial y los editores no asumen ninguna responsabilidad jurídica o cualquier tipo de obligación por los errores en la información y sus posibles consecuencias. La editorial y los editores agradecerían las sugerencias y la indicación de los errores localizados.

REHENERPT/11.14/EO/ALFD/1500/



Línea Directa con las Soluciones

Dpt. Atención al Cliente
Tel. : +34 93 379 65 08
Fax: +34 93 379 65 28
hola@knaufinsulation.com

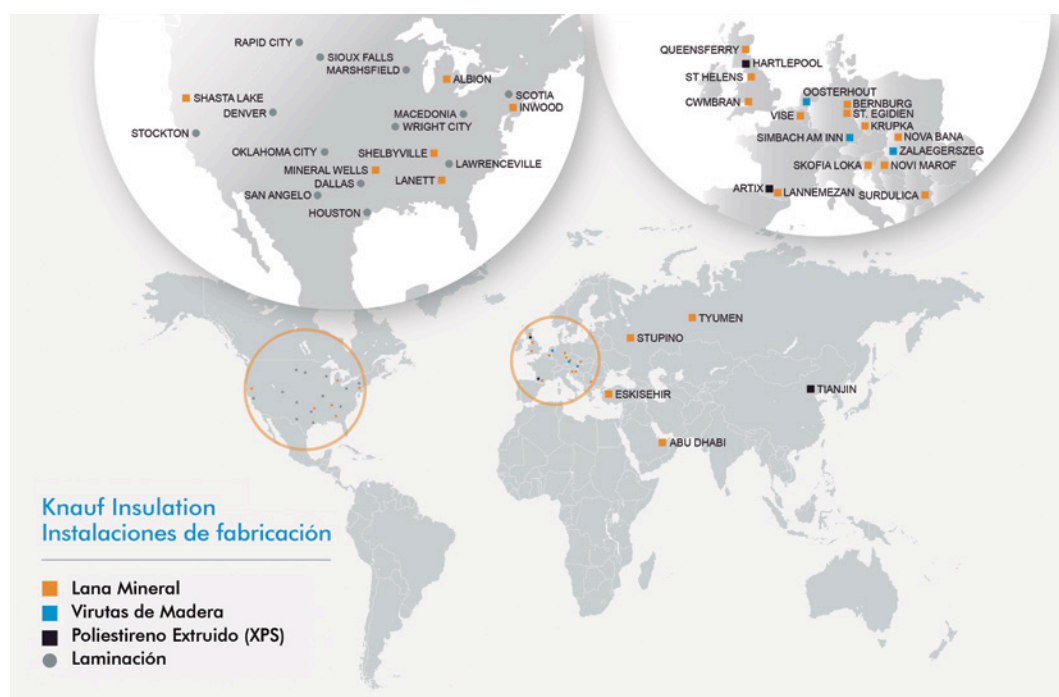
Servicio de Asistencia Técnica
tecnico@knaufinsulation.com



www.knaufinsulation.es

Acerca de Knauf Insulation

Knauf Insulation está presente en más de 35 países a través de 30 plantas de producción y cuenta con casi 5.000 empleados en todo el mundo. La empresa, que forma parte del grupo familiar alemán Knauf, prosigue su sólido y continuado crecimiento financiero y operativo, tras haber registrado una facturación superior a los 1.300 millones de € en 2013.



Knauf Insulation S.L.
Polígono Can Calderón
Avda. de la Marina, 54
08830 Sant Boi del Llobregat
(Barcelona)
Tel. : +34 93 379 65 08
Fax: +34 93 379 65 28

