

↓ kWh  
↓ CO<sub>2</sub>

↑ Ahorro  
(€)

Abril 2012

## Rehabilitación energética de vivienda unifamiliar

Soluciones de aislamiento térmico



# Índice

<b>1 - Introducción</b> .....	pág 4
<b>Criterios térmicos</b> .....	pág 4
<b>Análisis y objetivos</b> .....	pág 5
<b>Metodología</b> .....	pág 5
<b>Resultados</b> .....	pág 5
<b>Observaciones</b> .....	pág 6
<b>Datos de interés general</b> .....	pág 6
<b>2 - Cuantificación del ahorro energético</b> .....	pág 7
<b>Edificio tipo</b> .....	pág 7
<b>Actuaciones</b> .....	pág 7
<b>Resultados de la simulación</b> .....	pág 8
<b>Resultados para otras propuestas (variantes)</b> .....	pág 10
<b>Fachada muro doble hoja</b> .....	pág 10
<b>Cubierta inclinada sobre espacio no habitable</b> .....	pág 11
<b>Mejora de la calificación de eficiencia energética</b> .....	pág 11
<b>3 - Soluciones para la rehabilitación energética de la envolvente</b> .....	pág 13
<b>Rehabilitación energética de fachadas con PANEL ETICS FKD-S-C1</b> .....	pág 13
<b>Rehabilitación energética de fachadas con SUPAFIL 034</b> .....	pág 14
<b>Rehabilitación energética de cubiertas con PANEL PLUS (TP 138)</b> .....	pág 14

# 1 - Introducción

## Criterios térmicos

Alrededor de unas 25.000 viviendas en España se someten cada año a procesos de rehabilitación, de los cuales unos de los más demandados en la actualidad tienen como objetivo incrementar el ahorro energético y “ambiental”, actuando sobre la envolvente térmica.

**KNAUF INSULATION presenta en este documento una serie de soluciones idóneas para la rehabilitación de la envolvente térmica de las edificaciones, a partir de un estudio de ahorro energético y “ambiental”.**

Los cálculos de ahorro energético y “ambiental” se han realizado en cumplimiento de dos criterios de transmitancias térmicas límite  $U_{lim}$  ( $W/m^2.K$ ) –presentadas a continuación de menor a mayor nivel de exigencia–:

El primero de ellos lo denominamos **Óptimo económico**<sup>[1]</sup> y está basado en el estudio de la consultoría energética europea Ecofys para la Asociación de Fabricantes de Lanasy Minerales EURIMA, a partir de la mejor relación entre el coste del aislamiento y los ahorros energéticos y ambientales que puede llegar a producir.

El segundo criterio denominado **“Passivhaus”** se basa en las exigencias de las casas pasivas de bajo consumo energético, punto máximo de excelencia cuando se habla de ahorro energético en la vivienda. Este estándar constructivo limita la demanda energética para calefacción a 15  $kW.h/m^2.a$ , idéntica para refrigeración, y el consumo máximo total de energía primaria para climatización, A.C.S. y electricidad a 120  $kW.h/m^2.a$ .

- **Óptimo económico** (EURIMA / Ecofys VII). Nivel de aislamiento mejorado.



Mapa de zonas climáticas de España (CTE DB-HE 1)

Valores límite de U ( $W/m^2.K$ ) según Óptimo económico (EURIMA / Ecofys VII)			
Zona	Muros Exteriores	Suelos	Cubiertas
Zona A	0,32	1,06	0,24
Zona B	0,30	0,69	0,24
Zona C	0,30	0,59	0,22
Zona D	0,23	0,46	0,18
Zona E	0,20	0,31	0,16

- **“Passivhaus”**. Consumo de energía casi nulo.

Valores límite de U ( $W/m^2.K$ ) según “Passivhaus”			
Zona	Muros Exteriores	Suelos	Cubiertas
Zona A	<b>0,15</b>		
Zona B			
Zona C			
Zona D			
Zona E			

[1] La actual normativa técnica española, DB-HE 1 del C.T.E. está a punto de ser revisada y modificada, readaptando los actuales valores de transmitancias térmicas límite  $U_{lim}$  ( $W/m^2.K$ ) a un denominado Nivel de Aislamiento Mejorado, que puede estar en consecuencia con el criterio Óptimo económico.

## Análisis y objetivos

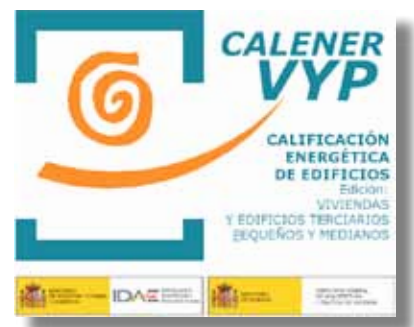
Debido a que más del 50%\* del parque actual de viviendas en España está compuesto por construcciones previas a la aplicación de la NBE-79 –primera Norma reguladora de las condiciones térmicas de los edificios en nuestro país– nos encontramos con que el único aislamiento proporcionado a los espacios interiores frente al exterior es el derivado de la resistencia térmica de los materiales que conforman sus estructuras y acabados.

El estudio de rehabilitación energética contenido en este documento se ha realizado a partir de una vivienda unifamiliar tipo, referente de las construidas antes de 1979, por tanto sujeta a las escasas exigencias térmicas de la época, sin presencia de aislamiento térmico en su envolvente.

Se presentan valores de ahorro de la demanda energética (kW.h/m<sup>2</sup>.a) y de las emisiones de CO<sub>2</sub> (kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.a), ubicando la vivienda en cada una de las doce zonas climáticas definidas en el Código Técnico de la Edificación DB-HE 1, rehabilitándola energéticamente con diferentes soluciones propuestas por KNAUF INSULATION.

## Metodología

Se ha utilizado el programa CALENER VYP –software informático impulsado por la Administración a través del IDAE– para realizar los cálculos de cuantificación y calificación energética de la vivienda unifamiliar frente a las distintas soluciones propuestas, de acuerdo a la opción general del DB-HE 1.



## Resultados

La tabla siguiente resume el rango de valores de ahorro energético y “ambiental” obtenido en la vivienda estudiada, teniendo en cuenta los criterios térmicos anteriormente mencionados, referidos a la rehabilitación energética en:

- Fachadas
- Cubierta
- Fachadas + cubierta

Criterio térmico	Fachadas		Cubierta		Fachadas + Cubierta	
	Ahorro Energético (%)	Ahorro “Ambiental” (%)	Ahorro Energético (%)	Ahorro “Ambiental” (%)	Ahorro Energético (%)	Ahorro “Ambiental” (%)
Óptimo económico	31-38	26-34	9-13	8-11	42-49	36-44
“Passivhaus”	36-42	29-37	10-13	8-12	46-54	40-48



\* INE - Instituto Nacional de Estadística



## Observaciones

- El mayor ahorro energético y “ambiental” al rehabilitar la vivienda, se alcanza evidentemente **interviniendo en las fachadas y en la cubierta** de la misma.
- Las soluciones que propone KNAUF INSULATION permiten implementar niveles de aislamiento térmico en cumplimiento de criterios más exigentes desde el punto de vista térmico que el actual CTE DB-HE 1, como son **Óptimo económico** (EURIMA/ Ecofys VII) y **“Passivhaus”**.

## Datos de interés general



- En edificaciones con más de 30 años o insuficientemente aisladas, se estima aconsejable una **rehabilitación térmica** con la que se podría llegar a alcanzar niveles de ahorro en torno al 50% de energía demandada en calefacción y/o refrigeración.
- Técnicamente, se considera como un desperdicio energético-económico la rehabilitación estructural y/o superficial de una edificación cuando, al realizarse la obra, no se aprovecha para **intervenir térmicamente en la envolvente**, ya que su aportación desde el punto de vista de ahorro energético, y consecuentemente económico, puede considerarse una inversión a corto o medio plazo.
- Las mejoras de eficiencia energética de edificios que supongan, al menos, una disminución del 15% de las emisiones de CO<sub>2</sub> pueden obtener una **subvención de hasta el \*25% de la inversión** con un máximo de 12.000 €/vivienda o local.<sup>[2]</sup>

\*Valores propuestos por la Comunidad de Madrid.

[2] Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2008-2012.

## Edificio tipo

Vivienda unifamiliar aislada. PB + 2PP

Construcción anterior a 1979 sin aislamiento en su envolvente.

H interior útil: 2,75 metros por planta.

Orientación: 90° con respecto al Norte.

Superficies:

- Planta: 91 m<sup>2</sup>
- Vivienda: 91 x 3= 273 m<sup>2</sup>
- Fachadas: 279 m<sup>2</sup> macizo + 63 m<sup>2</sup> huecos = 342 m<sup>2</sup>
- Cubierta: 134 m<sup>2</sup>

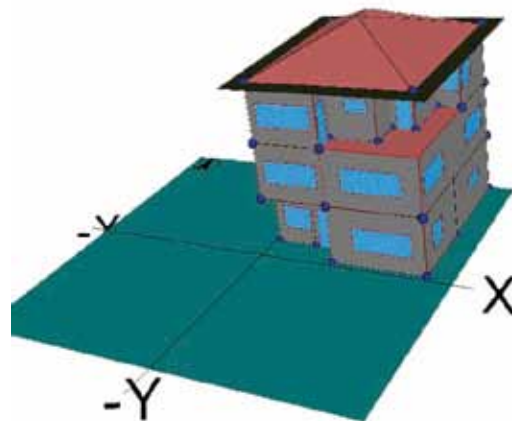
Transmitancia térmica ventanas= 5,4 W/m<sup>2</sup>.K

Instalaciones térmicas:

- Caldera mixta de gas natural (rendimiento  $\eta= 0,85$ ) para calefacción y ACS.
- Sin refrigeración.

A.C.S.:

- Consumo= 30 l/persona y día (CTE DB-HE 4)
- Porcentaje por aportación solar= 0%.



## Actuaciones

Las soluciones propuestas para la rehabilitación energética se han estudiado en cumplimiento de las exigencias para los dos criterios térmicos indicados en el capítulo anterior, ubicando la vivienda en cada una de las zonas climáticas que establece el CTE DB-HE 1.

Espesores de aislamiento   Transmitancias térmicas						
Zona climática	Fachadas estado original: <b>Muro hoja simple</b>		Rehabilitación energética: <b>PANEL ETICS FDK</b> ( $\lambda= 0,036$ W/m.K) en sistema ETICS/SATE			
			Óptimo económico (EURIMA/ Ecofys VII)		"Passivhaus"	
	e (mm)	U (W/m <sup>2</sup> .K)	e (mm)	U (W/m <sup>2</sup> .K)	e (mm)	U (W/m <sup>2</sup> .K)
A3	0	1,79	100	0,30	220	0,15
A4						
B3						
B4						
C1						
C2						
C3						
C4						
D1			140	0,23		
D2						
D3						
E	160	0,20				

Espesores de aislamiento   Transmitancias térmicas						
Zona climática	Cubierta estado original: <b>Inclinada de teja</b>		Rehabilitación energética: <b>PANEL PLUS</b> ( $\lambda= 0'032$ W/m.K) bajo teja			
			Óptimo económico (EURIMA/ Ecofys VII)		"Passivhaus"	
	e (mm)	U (W/m <sup>2</sup> .K)	e (mm)	U (W/m <sup>2</sup> .K)	e (mm)	U (W/m <sup>2</sup> .K)
A3	0	2,08	120	0,23	200	0,15
A4						
B3						
B4						
C1			140	0,20		
C2						
C3						
C4						
D1			160	0,18		
D2						
D3						
E			190	0,16		

### Resultados de la simulación

Las tablas siguientes presentan el porcentaje de ahorro energético y "ambiental", a partir de la rehabilitación energética sólo en fachadas o sólo en cubierta.



Rehabilitación de fachadas							
Espesores de aislamiento   Ahorros energéticos y "ambientales"							
Zona climática	Ciudad de referencia	PANEL ETICS FKD en sistema ETICS/SATE					
		Óptimo económico (EURIMA/Ecofys VII)			"Passivhaus"		
		e (mm)	% Ahorro energético	% Ahorro "ambiental"	e (mm)	% Ahorro energético	% Ahorro "ambiental"
A3	Málaga	100	33	27	220	38	30
A4	Almería	100	32	26	220	36	30
B3	Tarragona	100	33	28	220	37	32
B4	Sevilla	100	31	26	220	35	29
C1	Bilbao	100	34	31	220	38	35
C2	Bacelona	100	38	34	220	42	37
C3	Granada	100	37	33	220	41	37
C4	Badajoz	100	35	31	220	39	34
D1	Vitoria	140	35	32	220	39	35
D2	Segovia	140	36	33	220	39	36
D3	Madrid	140	36	33	220	40	36
E	Burgos	160	37	34	220	38	35



Rehabilitación de cubierta							
Espesores de aislamiento   Ahorros energéticos y "ambientales"							
Zona climática	Ciudad de referencia	PANEL PLUS bajo teja					
		Óptimo económico (EURIMA/Ecofys VII)			"Passivhaus"		
		e (mm)	% Ahorro energético	% Ahorro "ambiental"	e (mm)	% Ahorro energético	% Ahorro "ambiental"
A3	Málaga	120	11	9	200	11	9
A4	Almería	120	10	8	200	11	8
B3	Tarragona	120	10	8	200	10	9
B4	Sevilla	120	10	8	200	10	8
C1	Bilbao	140	9	8	200	10	9
C2	Bacelona	140	13	11	200	13	12
C3	Granada	140	13	11	200	13	12
C4	Badajoz	140	13	11	200	13	12
D1	Vitoria	160	12	10	200	12	10
D2	Segovia	160	12	10	200	12	11
D3	Madrid	160	12	11	200	12	11
E	Burgos	190	12	10	200	12	10



La forma óptima de alcanzar el máximo ahorro energético y "ambiental" es la rehabilitación de la máxima superficie de la envolvente de la vivienda, por tanto interviniendo tanto en fachadas como en cubierta.

Rehabilitación de fachadas + cubierta							
Espesores de aislamiento   Ahorros energéticos y "ambientales"							
Zona climática	Ciudad de referencia	PANEL ETICS FKD en sistema ETICS/SATE + PANEL PLUS por el exterior					
		Óptimo económico (EURIMA/Ecofys VII)			"Passivhaus"		
		e (mm)	% Ahorro energético	% Ahorro "ambiental"	e (mm)	% Ahorro energético	% Ahorro "ambiental"
A3	Málaga	100/120	45	37	220/200	50	41
A4	Almería	100/120	43	36	220/200	48	40
B3	Tarragona	100/120	44	38	220/200	49	43
B4	Sevilla	100/120	42	36	220/200	46	40
C1	Bilbao	100/140	45	41	220/200	49	45
C2	Bacelona	100/140	49	44	220/200	54	48
C3	Granada	100/140	47	43	220/200	52	47
C4	Badajoz	100/140	45	40	220/200	49	44
D1	Vitoria	140/160	44	41	220/200	49	45
D2	Segovia	140/160	46	43	220/200	50	46
D3	Madrid	140/160	47	43	220/200	50	46
E	Burgos	160/190	47	43	220/200	48	45



## Resultados para otras propuestas (variantes)

### Fachada muro doble hoja

Al disponer de un muro de doble hoja, la rehabilitación energética de las fachadas puede realizarse mediante la inyección de Lana Mineral **SUPAFIL 034** dentro de la cámara de aire. Podría darse el caso que, debido al escaso espacio en la cavidad, no se puedan alcanzar las exigencias de criterios térmicos más rigurosos respecto a valores límite; en este caso se puede implementar otra tipología de solución constructiva, por ejemplo un trasdosado con aislamiento de Lana Mineral **PANEL PLUS**.

Rehabilitación de fachadas				
Espesores de aislamiento   Ahorros energéticos y "ambientales"				
Zona climática	Ciudad de referencia	SUPAFIL 034 (zonas A - E) + trasdosado PANEL PLUS (zonas D - E)		
		e (mm)	% Ahorro energético	% Ahorro "ambiental"
A3	Málaga	100	24	19
A4	Almería	100	22	18
B3	Tarragona	100	24	21
B4	Sevilla	100	22	19
C1	Bilbao	100	25	23
C2	Bacelona	100	26	23
C3	Granada	100	25	23
C4	Badajoz	100	24	21
D1	Vitoria	100 + 50	31	29
D2	Segovia	100 + 50	26	23
D3	Madrid	100 + 50	26	23
E	Burgos	100 + 50	26	23

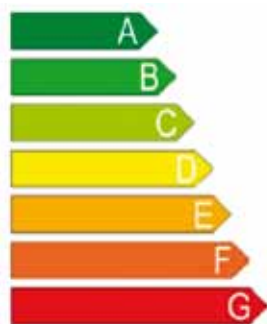


## Cubierta inclinada sobre espacio no habitable

Al rehabilitar energéticamente la cubierta inclinada por el interior, suspendiendo un falso techo aislado con **PANEL PLUS**, se crea un espacio no habitable que disminuye la transmitancia térmica del conjunto de dicha cubierta.

Rehabilitación de cubierta				
Espesores de aislamiento   Ahorros energéticos y "ambientales"				
Zona climática	Ciudad de referencia	PANEL PLUS (TP 138) s/falso techo		
		e (mm)	% Ahorro energético	% Ahorro "ambiental"
A3	Málaga	100	9	7
A4	Almería	100	9	7
B3	Tarragona	100	8	7
B4	Sevilla	100	8	7
C1	Bilbao	120	8	7
C2	Bacelona	120	8	8
C3	Granada	120	10	8
C4	Badajoz	120	8	8
D1	Vitoria	140	8	7
D2	Segovia	140	8	8
D3	Madrid	140	8	8
E	Burgos	150	8	7





La tabla siguiente presenta resultados de simulación referidos a la calificación energética [letra], la demanda energética [kWh/m<sup>2</sup>.a] y las emisiones de CO<sub>2</sub> [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.a], obtenidos con CALENER VYP para la vivienda tipo estudiada en este documento, aplicando progresivamente diferentes medidas pasivas y activas de rehabilitación energética.

La mejora en la **calificación energética** del edificio se puede obtener cuando se adoptan conjuntamente diferentes medidas de eficiencia. A través de la implementación progresiva de éstas, y de la ubicación del edificio en las diferentes zonas climáticas, la tabla expresa la evolución de la calificación energética de la vivienda.

De los resultados obtenidos, se concluye que la rehabilitación térmica de la envolvente es el primer y fundamental paso para alcanzar la mejora de la calificación energética en una edificación.

Zona climática		A3	A4	B3	B4	C1	C2	C3	C4	D1	D2	D3	E
Ciudad de referencia		Málaga	Almería	Tarragona	Sevilla	Bilbao	Barcelona	Granada	Badajoz	Vitoria	Segovia	Madrid	Burgos
Edificio original	letra	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
	(kWh/m <sup>2</sup> .a)	81	78	112	110	164	137	172	146	255	254	196	297
	(kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .a)	29	29	38	39	50	44	54	48	75	75	60	85
<b>Medida de rehabilitación</b>													
1	letra	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	(kWh/m <sup>2</sup> .a)	45	44	63	64	91	70	91	80	142	137	105	158
	(kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .a)	18	19	24	25	30	21	31	29	44	43	34	48
1+2	letra	D	D	C	D	C	C	D	D	C	C	C	C
	(kWh/m <sup>2</sup> .a)	35	36	44	48	58	45	60	57	95	91	68	104
	(kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .a)	16	16	18	20	21	18	23	22	31	30	24	34
1+2+3	letra	C	C	C	D	C	C	C	D	C	C	C	C
	(kWh/m <sup>2</sup> .a)	34	34	44	48	58	45	60	57	95	91	68	104
	(kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .a)	13	14	16	18	18	15	21	20	29	28	22	32
1+2+3+4	letra	C	C	C	D	C	C	C	C	C	C	C	C
	(kWh/m <sup>2</sup> .a)	33	33	44	48	58	45	60	57	95	91	68	104
	(kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .a)	13	13	16	18	17	15	20	20	27	26	21	30

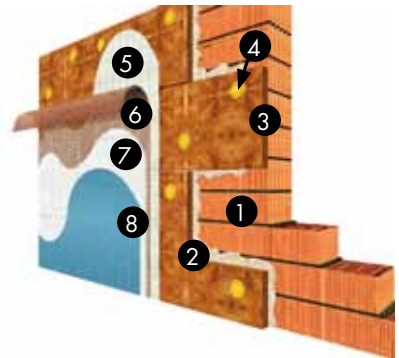
- 1 Colocación de aislamiento térmico en fachadas y cubierta en cumplimiento del criterio Óptimo económico (EURIMA/ Ecofys VII).
- 2 Sustitución de ventanas existentes ( $U = 5,4 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ ) por ventanas nuevas ( $U = 1,8 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ )
- 3 Obtención de ACS por aportación del 70% de energía solar térmica (porcentaje máximo indicado en el CTE DB-HE 4, apartado 2. 1)
- 4 Sustitución de la caldera existente ( $\eta = 0,85$ ) por una de mejor rendimiento ( $\eta = 0,95$ )

## Rehabilitación energética de fachadas 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 Europa central, 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.

Detalles de puesta en obra:

- El sistema de aislamiento térmico por el exterior con Lana Mineral **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 en cumplimiento del criterio Óptimo económico o de Passivhaus, 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 + 30mm (o según especificación del fabricante del anclaje). El número mínimo de anclajes debe ser de 3 a 4 unidades por m<sup>2</sup> 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 rompe juntas–, 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 con la esquina de un hueco de ventana.



Básicamente, el sistema está compuesto por los siguientes elementos:

- 1 Muro existente
- 2 Mortero para la fijación del aislante al muro existente
- 3 Panel aislante de Lana Mineral **PANEL ETICS FKD-S-C1**
- 4 Anclajes de fijación
- 5 Recubrimiento base
- 6 Armadura de refuerzo
- 7 Imprimación
- 8 Revestimiento decorativo final exterior

Ventajas:

- Disminuye la transmitancia térmica.
- Elimina los puentes térmicos lineales.
- Mejora el aislamiento acústico.
- Material no combustible.
- Elevada temperatura máxima de trabajo (250 °C). Permite colores en toda la gama cromática.
- Sistema totalmente transpirable.
- Revalorización estética y económica del inmueble.
- Ejecución sin molestias a los usuarios.
- No se reduce la superficie útil interior.

## Rehabilitación energética de fachadas con SUPAFIL 034

**SUPAFIL 034** es un aislante de Lana Mineral virgen, sin ligante, servido en sacos, no combustible y de muy baja conductividad térmica ( $\lambda = 0,034 \text{ W/m.K}$ ), desarrollado especialmente para el aislamiento termo-acústico de cavidades mediante insuflado mecánico.

Debido a la sencillez de su aplicación, reduce costes y tiempos de ejecución en las intervenciones de rehabilitación energética, ya que se trabaja sacándole el máximo provecho a la fachada en su estado original.



Se trata de una solución incombustible y no transmite agua a la hoja interior. Tampoco se propaga la humedad por capilaridad a través de la cámara de aire. Además, no ofrece resistencia al paso del vapor de agua.

La solución propuesta con **SUPAFIL 034** permite mantener la temperatura, por lo tanto, ayuda a reducir la demanda de energía necesaria para calefacción y refrigeración de edificios. Como resultado, se reducen las emisiones de  $\text{CO}_2$ . La energía y emisiones de  $\text{CO}_2$  ahorradas durante el uso del edificio, gracias a SUPAFIL 034, son muy superiores a las generadas en su fabricación.

### Campo 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 igualmente 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.

## Rehabilitación energética de cubiertas con PANEL PLUS (TP 138)

El empleo de Lana Mineral Natural **PANEL PLUS (TP 138)**, aislante de muy baja conductividad térmica ( $\lambda = 0,032 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ ), 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 con respecto a la mayoría de aislantes del mercado. Como material no combustible, presenta la mejor calificación de reacción frente al fuego –Euroclase A1–.

### Cubierta inclinada con aislamiento bajo teja

La rehabilitación energética de una cubierta inclinada con incorporación de aislamiento bajo teja, se recomienda en los casos en que el bajo cubierta no sea accesible, o cuando se pretenda sustituir las viejas tejas por nuevas. La ejecución de los trabajos no provoca molestias a los usuarios de la vivienda.

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. 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 a 4 unidades por  $\text{m}^2$  de superficie, aumentando la cantidad al doble en el perímetro de la cubierta y encuentros con chimeneas u otros elementos de la misma.

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 su posible deslizamiento y el de la teja montada sobre él.

Estéticamente, este sistema de rehabilitación energética posibilita un cambio importante de la cubierta, “rejuveneciendo” su aspecto, contribuyendo a la mejora del entorno y revalorizando económicamente el edificio. El bajo cubierta puede seguir siendo habitable y no reduce la altura útil de las estancias de la última planta.

### Cubierta inclinada con aislamiento interior sobre falso techo

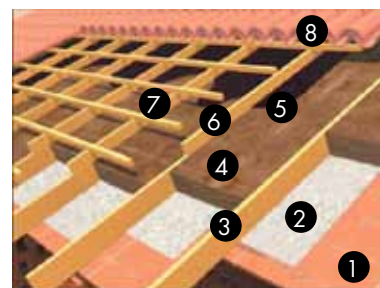
Se trata de un sistema de aislamiento interior mediante un falso techo de placas de yeso laminado bajo el último forjado, para la mejora del aislamiento térmico y acústico de la cubierta.

Las placas de yeso laminado se fijan a maestras metálicas distanciadas 60 cm. entre ejes y éstas, a su vez, se suspenden del último forjado bajo cubierta mediante horquillas de presión, varillas roscadas y tacos metálicos de expansión con rosca interior (viguetas) o tacos tipo “paraguas” o de balancín para materiales huecos (bovedillas), situándose **PANEL PLUS (TP 138)** en la cavidad o cámara intermedia.

Debe disponerse de un altura mínima de aproximadamente 10 cm para facilitar el montaje de los sistemas de anclaje y su nivelación. Desde el punto de vista estético del interior de la vivienda, este sistema conforma 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).

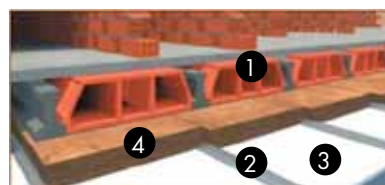
Ventajas:

- **PANEL PLUS (TP 138)** posee la más baja conductividad térmica entre los aislantes de Lana Mineral reduciendo significativamente la transmitancia térmica –mayor ahorro energético–.
- Mejora el aislamiento acústico de la cubierta a ruido aéreo.
- Material no combustible. Presenta la mejor clasificación de reacción al fuego –Euroclase A1–.



Básicamente, el sistema está compuesto por los siguientes elementos:

- 1 Soporte cerámico
- 2 Barrera de vapor
- 3 1<sup>er</sup> cabio de madera
- 4 **PANEL PLUS (TP 138)**
- 5 Membrana impermeable y transpirable
- 6 2<sup>o</sup> cabio de madera
- 7 Rastrel de madera
- 8 Teja



Básicamente, el sistema está compuesto por los siguientes elementos:

- 1 Forjado bajo cubierta
- 2 Estructura suspensión falso techo
- 3 Placas de yeso laminado
- 4 **PANEL PLUS (TP 138)**

# KNAUFINSULATION

*¡Ya es hora de ahorrar energía!*

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.



## Linea 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**

**REHNER/04.12/BC/CVG/2500**

## Acerca de Knauf Insulation

Knauf Insulation es uno de los fabricantes de materiales de aislamiento líder y de más rápido crecimiento; nuestra misión consiste en convertirnos en el líder mundial en sistemas de eficiencia energética para la construcción. Nuestros valores –concentración en el cliente, innovación, apertura y compromiso– marcan la forma en que hacemos negocios. Basándonos en nuestras tres décadas de experiencia en eficiencia energética, ofrecemos una completa gama de soluciones para la construcción residencial y no residencial, así como para el aislamiento en la industria. Estamos decididos a ofrecer materiales de construcción que mejoren la construcción sostenible; con la producción de la Lana Mineral Natural con ECOSE® Technology seguimos siendo fieles a ese compromiso.

