

**Guía Técnica
para la Rehabilitación
de la Envolvente
Térmica de los
Edificios**

**Soluciones con
Aislamiento de Lana
Mineral**



Título de la publicación:

"Soluciones con Aislamiento de Lana Mineral "

Contenido:

Esta publicación forma parte de la colección de guías técnicas para la rehabilitación de la envolvente térmica de los edificios. Ha sido redactada por la Asociación Nacional de Industriales de Materiales Aislantes (ANDIMA) para el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), con el objetivo de promocionar la eficiencia en el uso final de la energía en los edificios

.....
Esta publicación está incluida en el fondo editorial del IDAE, en la serie "Guías técnicas para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios".

Está permitida la reproducción, parcial o total, de la presente publicación, siempre que esté destinada al ejercicio profesional por los técnicos del sector. Por el contrario, debe contar con la aprobación por escrito del IDAE, cuando esté destinado a fines editoriales en cualquier soporte impreso o electrónico.

.....
IDAE
Instituto para la Diversificación y
Ahorro de la Energía
C/ Madera, 8
E - 28004 - MADRID -

comunicacion@idae.es
www.idae.es

Madrid, junio de 2007

ÍNDICE

- 0. Introducción
 - 1. Objetivo
 - 2. Propiedades LANA MINERAL.
 - 2.1. Propiedades físicas
 - 2.2. Propiedades químicas
 - 3. Aplicaciones de LANA MINERAL en edificación
 - 4. Tipos de fachadas y cubiertas
 - 5. Soluciones constructivas y zonas climáticas.
 - 6. Criterios de calidad y diseño
 - 7. Descripción de las soluciones constructivas
 - 8. Recomendaciones para el Proyecto y la Ejecución.
 - 9. Casos prácticos.
 - 10. Normativas y recomendaciones.
 - 11. Bibliografía.

Anexo 1.- Cuadro de características técnicas de los productos aislantes de LANA MINERAL

Anexo 2.- Glosario de términos relacionados con LANA MINERAL

En abril de 2006, la Asociación Nacional de Industriales de Materiales Aislantes (ANDIMA) y el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) firmaron un convenio de colaboración con el objetivo de promover actuaciones encaminadas a mejorar la eficiencia energética de la envolvente térmica de los edificios de nueva construcción y de los existentes, así como del aislamiento de los equipos y redes de tuberías de las instalaciones de calefacción, climatización y producción de agua caliente sanitaria.

Estas actuaciones se enmarcan en un doble contexto. Por una parte, la aprobación de un nuevo marco normativo para la energética edificatoria, más exigente en materia de aislamiento y desarrollado a través del Documento Básico de ahorro de energía del Código Técnico de la Edificación, el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción y el nuevo Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios.

Por otra, la realización de Planes de Acción para la Eficiencia Energética, a los que obliga la Directiva 2006/32/CE, sobre la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos. Una de las medidas contenida en estos planes es una línea de apoyo económico para la rehabilitación de la envolvente térmica de los edificios existentes, con el fin de reducir su demanda energética en calefacción y refrigeración.

Para que la aplicación de la normativa sea adecuada y que las medidas de rehabilitación de los edificios existentes se ejecuten adecuadamente, se requiere un esfuerzo adicional de información, formación y concienciación dirigido a los profesionales que intervienen en el sector de la edificación para que apliquen correctamente las técnicas y a los ciudadanos para que demanden estas medidas. Aquí, se hace imprescindible la participación de las familias de materiales aislantes agrupadas en ANDIMA, que deben aportar soluciones técnicas concretas y cuantificar sus ventajas energéticas, económicas y medioambientales.

Para cumplir con este objetivo se ha elaborado una colección de guías divulgativas y técnicas. Las guías divulgativas están dirigidas a propietarios y titulares de edificios y recogen aspectos prácticos y orientaciones sobre las posibles intervenciones de mejora del aislamiento térmico en cubiertas, fachadas, suelos y medianeras, exponiéndolas en un lenguaje no técnico. Las guías técnicas son complementarias a las anteriores y están dirigidas a los profesionales del sector de la edificación, con información más detallada en el plano técnico.

La puesta en práctica de las medidas propuestas por estas guías, dirigidas a la mejora del aislamiento térmico de los edificios, puede suponer ahorros energéticos, económicos y de emisiones de dióxido de carbono del 30%, por un menor consumo de energía en las instalaciones térmicas de los edificios.

0. INTRODUCCIÓN

El sector de la edificación, desde un punto de vista energético, comprende los servicios que tienen un mayor peso sobre el consumo energético de los edificios, representando el 17% del consumo de energía final nacional, del que corresponde un 10% al sector doméstico y un 7% al sector terciario. De éstos, el consumo energético de la calefacción y el aire acondicionado supone aproximadamente la mitad del consumo total de energía del edificio.

La mejora del aislamiento térmico de un edificio puede suponer ahorros energéticos, económicos y de emisiones de CO₂ del 30% en el consumo de calefacción y aire acondicionado, por disminución de las pérdidas.

Las reformas importantes de los edificios existentes son una buena oportunidad para tomar medidas eficaces con el fin de aumentar su rendimiento energético, tal como propone la Directiva 2002/91/CE de eficiencia energética de los edificios. Para cumplir esta directiva, en España se han generado tres documentos legales nuevos: el Código Técnico de la Edificación, el nuevo RITE (revisado del de 1998) y la Certificación Energética de Edificios.

Como consecuencia de esta nueva legislación se puso en marcha el **Plan de Acción de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética 2005-2012**, por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. En la primera edición de este Plan -trienio 2005-2007- se establecen diferentes medidas para todos los sectores de la actividad económica nacional: edificios, industria, transporte, servicios públicos, equipamiento residencial, agricultura, pesca y transformación de la energía.

El cumplimiento de sus objetivos puede significar el ahorro de 12 millones de toneladas equivalentes de petróleo, la reducción de un 20% de las importaciones de petróleo y una reducción de emisiones de CO₂ de 32,5 millones de toneladas.

Destaca en el Plan de Acción 2005-2007 (PAE4) la medida de *“rehabilitación de la envolvente térmica de los edificios existentes”*, cuyo objetivo es reducir la demanda energética en calefacción y refrigeración en el sector de edificios existentes, mediante la aplicación de criterios de eficiencia energética en la rehabilitación de su envolvente térmica.

En la segunda edición de este Plan de Acción 2008-2012 (PAE4+) se incluyen 3 medidas estratégicas para el sector edificación dirigidas al parque de edificios existentes, dos de ellas afectan al aislamiento y la tercera a mejora en instalaciones energéticas.

Así pues, como primera medida está prevista la rehabilitación de la envolvente térmica en los edificios existentes, cuyo objetivo es reducir su demanda energética en calefacción y refrigeración, mediante la aplicación de criterios de eficiencia energética en la rehabilitación de su envolvente térmica. Se destinan a ello 175 millones de Euros como apoyo público, y se espera obtener un ahorro

asociado de 2,17 millones de toneladas equivalentes de petróleo en energía primaria y de 5,23 millones de toneladas de CO₂ en reducción de emisiones.

La segunda medida consiste en promover edificios *con alta calificación energética* (Clase A o B), bien procedentes de nueva construcción o de la rehabilitación de edificios existentes. Para ello se habilita una línea de ayudas de 209 millones de Euros, previéndose conseguir el ahorro asociado en energía primaria de 2 millones de toneladas equivalentes de petróleo y la reducción de emisiones de 5,32 millones de toneladas de CO₂.

Para la comprensión general de esta guía, se entenderá como envolvente térmica del edificio, tanto los cerramientos del edificio que separan los recintos habitables del ambiente exterior (cubiertas y fachadas) como las particiones interiores que separan los recintos habitables de los no habitables, que a su vez estén en contacto con el ambiente exterior.

Este documento recoge la información técnica para la rehabilitación de edificios mediante el aislamiento térmico con productos de lana mineral (lana de vidrio o lana de roca), que puede llevarse a cabo de tres formas:

- Rehabilitación de **fachadas** con aislamiento **por el interior** mediante trasdosados autoportantes de placas de yeso laminado sobre perfiles metálicos y aislamiento de lana mineral.
- Rehabilitación de **fachadas** mediante la aplicación de un sistema de fachada **ventilada** con lana mineral.
- Rehabilitación de **cubiertas** con aislamiento **por el interior** mediante revestimientos autoportantes de placas de yeso laminado y aislamiento de lana mineral.

Las LanasyMinerales son productos aislantes constituidos por un entrelazado de filamentos de materiales pétreos que forman un fieltro que mantiene entre ellos aire en estado inmóvil. Esta estructura permite obtener productos muy ligeros que por su peculiar configuración, ofrecen elevados niveles de protección frente al calor, el ruido y el fuego. Están reconocidas internacionalmente como aislantes acústicos -por su estructura flexible- y térmicos -por el entrelazado que mantiene el aire inmóvil-, siendo, además, incombustibles, dado su origen inorgánico. Son productos naturales (arena silíceapara la lana de vidrio, roca basáltica para la lana de roca) transformados mediante el proceso de producción.

El sector de las LanasyMinerales en la UE ha realizado, de acuerdo con los criterios y los procedimientos prescritos en las normas, los oportunos estudios para comprobar la influencia en el medio ambiente de sus industrias y productos.

A título de ejemplo, se muestran a continuación los resúmenes de resultados de los indicadores de impacto ambiental (no se ha incluido el listado total de los flujos elementales por problemas de extensión) referidos a una Unidad Funcional (UF) específica de Lana de Vidrio, definida como "el producto necesario para proporcionar un aislamiento de resistencia térmica $5 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$ a 1 m^2 de cerramiento durante el ciclo de vida del edificio de 50 años, en una zona climática media de la UE". La utilización de un periodo de 50 años es la vida media que se asigna en la UE a todos los aislantes térmicos en la edificación.

Cuadro de resultados para la UF "Producto de Lana de Vidrio, para proporcionar un aislamiento de $R = 5 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$, a 1 m^2 de muro durante 50 años, en una zona climática media de la UE				
N° Ind.	Indicador	Valores para una anualidad		Unidad
		(Excluida fase uso = ahorro energía)	(Incluida fase uso = ahorro energía)	
1	Consumo recursos energéticos			
	Energía primaria total	1,5	- 223	MJ/UF
	- Energía renovable	0,13	-9,2	MJ/UF
	- Energía no renovable	1,4	- 214	MJ/UF
2	Indicador de agotamiento de recursos naturales (ADP)			
	- Renovables	0,00048	-0,032	kg eq/UF
	- No Renovables	0,00013	-0,0016	kg eq. Antimonio*/UF
3	Consumo de agua	0,35	- 32	l/UF
4	Residuos Sólidos	Valorizados	0,032	0,024 kg/UF
		Eliminados	--	--
		Clasificados	0,00060	-0,022 kg/UF
		No clasificados	0,052	-0,054 kg/UF
		Inertes	0,73	-2,1 kg/UF
		Radioactivos	0,00023	-0,0020 kg/UF
5	Cambio Climático	0,083	-5,0	kg eq. CO_2^* /UF
6	Acidificación del aire	0,00064	-0,011	kg eq. SO_2^* /UF
7	Polución del aire	13	- 137	m^3 /UF
8	Polución del agua	8,3	- 92	m^3 /UF
9	Destrucción ozono estratosférico	0	0	kg CFC eq. R11*/UF
10	Formación ozono fotoquímico	0,038	-1,3	kg eq. Etileno*/UF

* Nota: La norma utiliza estos elementos (Antimonio, CO_2 , SO_2 , CFC ó HCFC, Etileno,...) como productos de referencia para el cálculo de los indicadores, aunque el mencionado elemento puede perfectamente no formar parte del proceso específico.

En el caso concreto de las Lan as Minerales, se pone en evidencia que una vez considerados los impactos debidos a su uso como aislante, el impacto resultante en todos y cada uno de los indicadores es beneficioso para el medio ambiente, es decir, es un impacto negativo según el Índice del Ciclo de Vida

DOCUMENTO DE TRABAJO

1. REHABILITACIÓN DE FACHADAS CON AISLAMIENTO POR EL INTERIOR: TRASDOSADOS AUTOPORTANTES DE PLACAS DE YESO LAMINADO SOBRE PERFILES METÁLICOS Y AISLAMIENTO DE LANA MINERAL (Lana de vidrio / Lana de roca)

1.1- DESCRIPCIÓN

Sistema de aislamiento por el interior utilizado muy frecuentemente como sistema de mejora del aislamiento térmico y acústico de cerramientos verticales.

Está formado por placas de yeso laminado fijadas sobre perfiles metálicos independientes del muro portante con relleno del espacio intermedio con Lana Mineral (Lana de Vidrio o Lana de Roca).

1.2.- TIPOS DE SOPORTE

El sistema de trasdosados puede aplicarse a cualquier tipo de soporte sin requerimientos especiales, ya que el trasdosado es autoportante y no utiliza el muro como soporte.

1.3.- VENTAJAS

- Permite sanear los muros de fábrica cuando éstos presentan defectos.
- Permite corregir los defectos de planimetría, desplome, etc., del muro soporte.
- Se incrementa el aislamiento térmico del muro soporte.
- Se consigue un incremento del aislamiento acústico 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.
- No es imprescindible desalojar el edificio.
- Pueden efectuarse intervenciones "parciales" a nivel de una vivienda o sólo algunos locales.
- No es imprescindible el consentimiento de toda la comunidad.
- 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 históricas).
- Permite alojar fácilmente instalaciones entre la placa y el propio aislante.
- Resuelve los puentes térmicos integrados en la fachada (Pilares, Contornos de huecos, etc.).

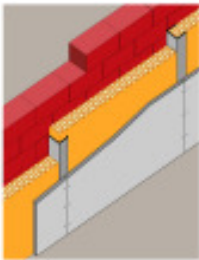
1.4.- LIMITACIONES

- Disminuye el espacio interior (unos 6 cm).

1.5.- PRODUCTOS RECOMENDADOS

Se recomienda para esta aplicación los Paneles Semirrígidos de Lana de Vidrio o Lana de Roca, ya sean suministrados en forma de panel o de panel enrollado.

1.6.- PROCESO DE INSTALACIÓN

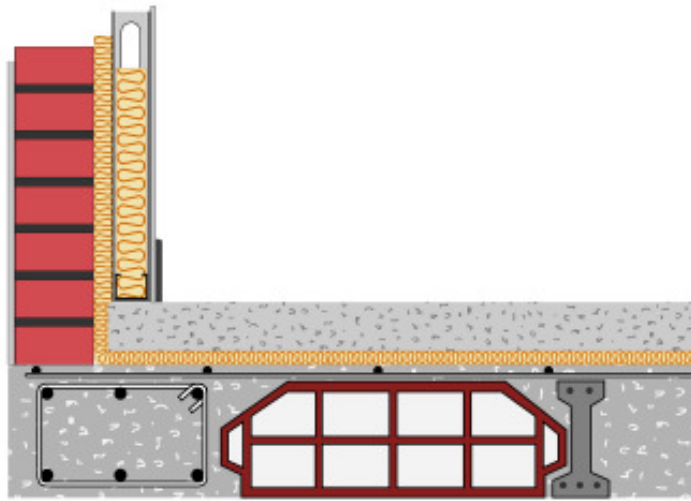
	<p>El muro soporte debe repararse si presenta defectos importantes de estanqueidad, grietas, desconchones, mohos, etc.</p>
	<p>Se colocan las canales metálicas en las partes baja y alta del trasdosado cuidando de la correcta alineación y aplomo. Es recomendable intercalar una junta estanca entre las canales y el suelo o el techo.</p>
	<p>Los montantes cortados a la altura requerida se alojan dentro de las canales por simple presión cada 60 cm ó cada 40 cm, sin atornillado o remachado. Es conveniente que no exista contacto entre los perfiles metálicos y el muro soporte. Si el espesor de aislamiento lo aconseja, pueden situarse las canales y montantes de forma que pueda colocarse una capa de aislante entre ellos y el muro soporte.</p>
	<p>Se coloca el aislante entre los montantes simplemente retenido por las alas de los montantes. Es fundamental que el aislante rellene totalmente la cavidad, una ligera compresión de la Lana de Vidrio o Lana de Roca (del orden de 1 cm) puede ser aconsejable.</p>
	<p>Se realizan los pasos de instalaciones que sean necesarias. La elasticidad de las Lanas Minerales (de vidrio o roca) permite su paso sin necesidad de efectuar rozas y debilitar el aislamiento.</p>
	<p>Se procede a colocar las placas de yeso mediante atornillado de las mismas a los montantes. Para finalizar el trabajo se efectúa el tratamiento de juntas de las placas de yeso.</p>

TRATAMIENTO PUENTES TÉRMICOS

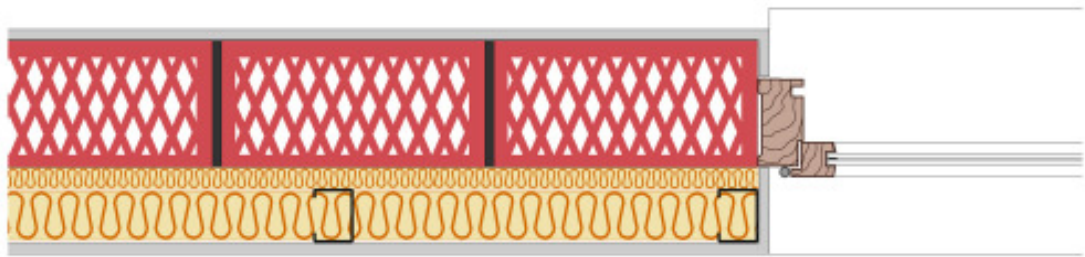
El sistema de aislamiento por el interior mediante trasdosados sobre entramado metálico y relleno de lana mineral aislante (de vidrio o roca) permite la práctica eliminación de los puentes térmicos superficiales integrados en la fachada; por el contrario no resuelve los puentes térmicos lineales “de contorno” (frentes de forjado, intersección de muros de fabrica,...). (Véanse los detalles constructivos).

1.7.- DETALLES

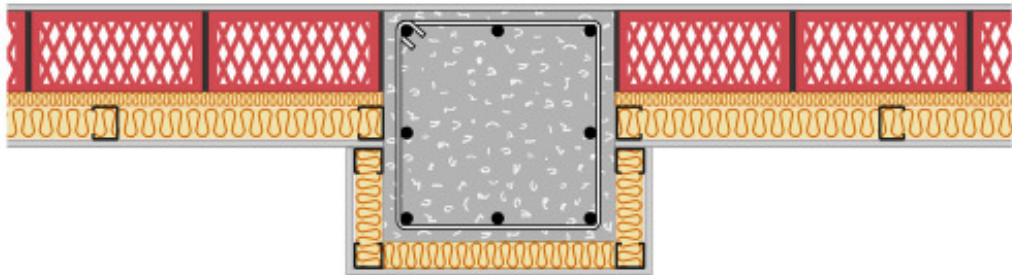
Tramo Central



Contornos de ventana



Intersección de pilares en Fachada

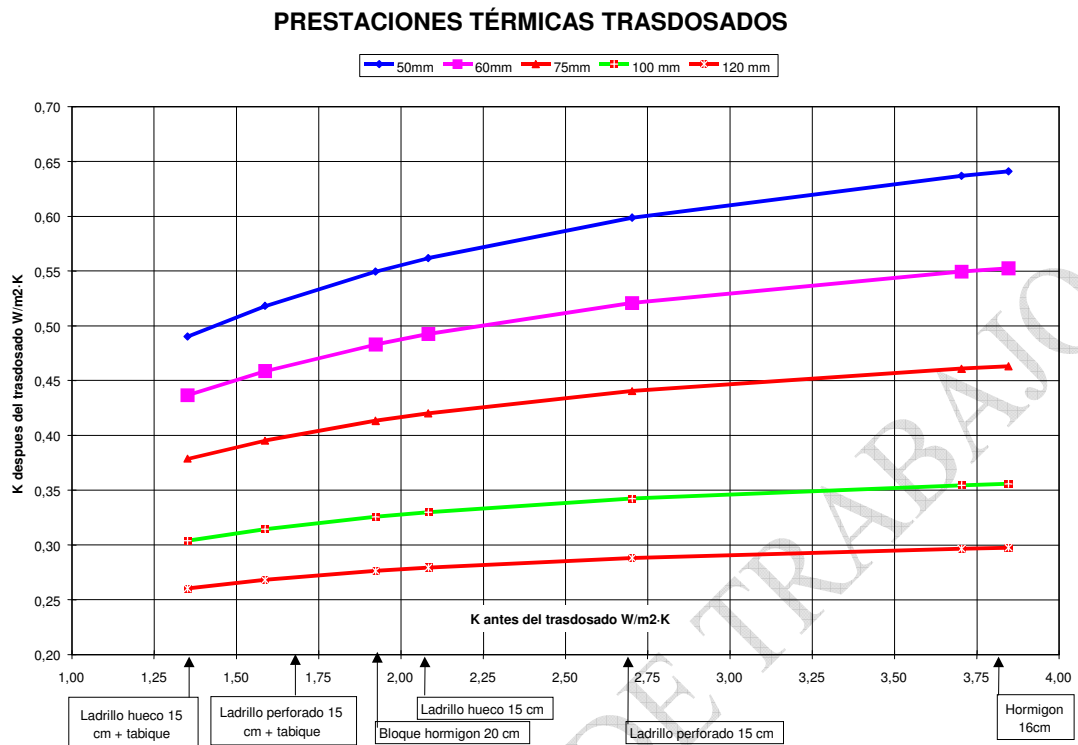


1.8.- PRESTACIONES

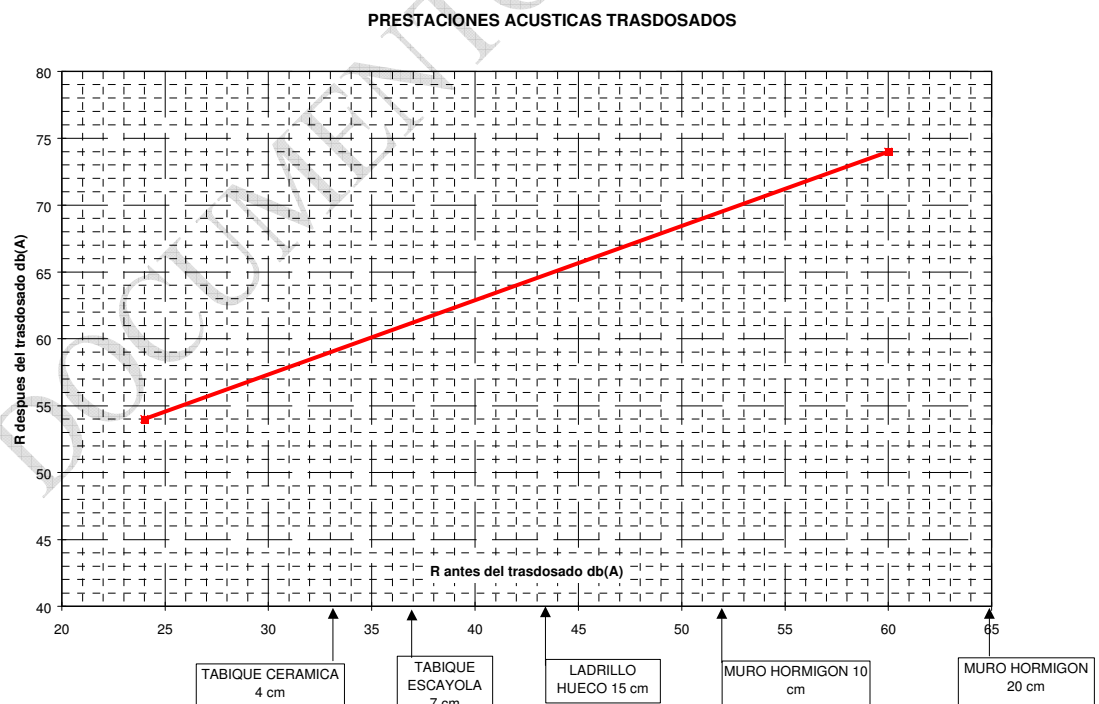
Las prestaciones conseguidas mediante este sistema dependen de la eficacia del muro soporte antes de efectuar el trasdosado; la eliminación de los puentes térmicos integrados en la fachada permite obtener un aislamiento uniforme (lo que evita tener que considerar estos puentes térmicos en la evaluación térmica de la parte opaca de la fachada).

Los gráficos siguientes permiten una evaluación de las prestaciones térmicas y o acústicas:

Prestaciones Térmicas



Prestaciones Acústicas



1.9.- LISTADO DE MATERIALES Y COSTES

En la tabla siguiente se resume el listado de materiales componentes y de mano de obra necesaria para realizar un metro cuadrado de superficie de trasdosado:

Trasdosado semidirecto de placas de yeso laminado - 15 normal; aislamiento acústico mediante panel de lana mineral (de vidrio o roca), de 45/50 mm de espesor instalado sobre entramado metálico de montantes verticales y canales superior e inferior

Código	U.A.	Definición	Precio	Cantidad	€
E7C4H501	m2	Aislamiento con lana mineral (de vidrio o roca) según UNE-EN 13162, de 45/50 mm de espesor, de conductividad térmica $\leq 0,036$ W/m·K, con Resistencia térmica $\geq 1,25$ m ² ·K/W, reacción al fuego clase A1* según UNE-EN 13501-1, y resistividad al flujo del aire > 5 kPa·s/m ² , colocada sin adherir	5,38842	1,0000	5,38842
E83F3003	m2	Aplacado vertical con placas de yeso laminado de 15 mm colocadas sobre entramado de perfiles metálicos	12,55750	1,0000	12,55750
E83Z1741	m2	Entramado de perfiles de acero galvanizado de 46/50 mm de espesor colocados cada 400 mm	9,53500	1,0000	9,53500
	m2	TOTAL			27,48

* En situaciones en que se requiera barrera de vapor, se podrán obtener otras clasificaciones de reacción al fuego.

Aislamiento:

Código	U.A.	Definición	Precio	Cantidad	€
A0122000	h	Oficial 1a albañil	19,83	0,0600	1,18980
A0140000	h	Peón	16,61	0,0300	0,49830
B7C4H500	m2	Lana mineral (de vidrio o roca) semirígida acorde a la norma UNE-EN 13162, de 45/50 mm de espesor, con una conductividad térmica $\leq 0,036$ W/m·K y una resistencia térmica $\geq 1,25$ m ² ·K/W, reacción al fuego A1 según UNE-EN 13501-1, y resistividad al flujo del aire > 5 kPa·s/m ²	3,50	1,0500	3,67500
A%AUX001	%	Gastos auxiliares sobre mano de obra	1,68810	0,0150	0,02532

Aplacado:

Código	U.A.	Definición	Precio	Cantidad	€
A0127000	h	Oficial 1ª instalador	19,83	0,1900	3,76770
A0137000	h	Ayudante instalador	17,61	0,0600	1,05660
B0527030	kg	Yeso aditivado para placas	0,51	0,5250	0,26775
B0A44000	cu	Tornillos para placas de yeso laminado	7,75	0,2500	1,93750
B0CC3000	m2	Placa de yeso laminado de 15 mm de espesor	4,66	1,0500	4,89300
B7J500ZZ	kg	Masilla para juntas	1,06	0,3990	0,42294
B7JZ00E1	m	Cinta para juntas	0,07	1,9950	0,13965
A%AUX001	%	Gastos auxiliares sobre mano de obra	4,82430	0,0150	0,07236

Entramado metálico:

Código	U.A.	Definición	Precio	Cantidad	€
A0127000	h	Oficial 1a instalador	19,83	0,1000	1,98300
A0137000	h	Ayudante instalador	17,61	0,0500	0,88050
B0527030	kg	Yeso aditivado	0,51	5,2500	2,67750
B83ZA700	m	Perfiles de acero galvanizado de 46 a 50 mm de espesor	1,13	3,4965	3,95105
A%AUX001	%	Gastos auxiliares sobre mano de obra	2,86350	0,0150	0,04295

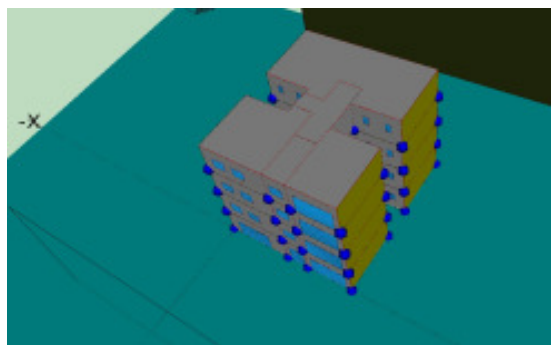
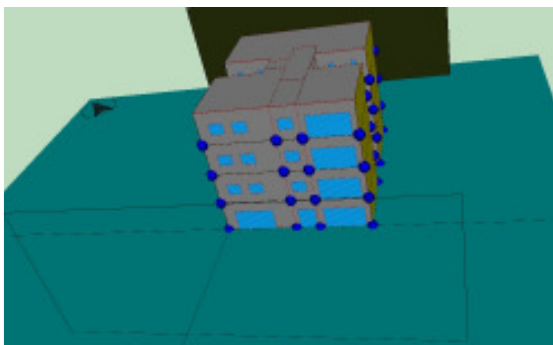
(*) Fuente: Base de Datos ITEC

1.10.- APLICACIÓN A UN EDIFICIO TIPO

A título de ejemplo se adjunta la eficacia energética que se obtiene con esta técnica aplicada a un edificio tipo:

Descripción del edificio y descripción constructiva inicial (rehabilitada)

Caracterización de las viviendas tipo 9 de 11. Tipología 9M: Edificio entre medianeras posterior a 1979.



Características edificatorias:

- Edificio entre medianeras
- Anchura de la calle: 12 m.
- Altura del edificio: 3 plantas + planta baja con local comercial
- Distribución por planta: 2 viviendas por planta + escalera
- Cubierta: plana
- Superficies:
 - Superficie total del edificio: 800 m²
 - Superficie por planta: 184 + 16 = 200 m² (13 x 15,4 m)
 - Altura libre de las plantas = 2,5 m (3,2 m PB local)
 - Superficie por vivienda: 92 m²
 - Superficie de escalera = 16 m²
 - Superficie de los patios interiores = 27 m² (2 patios de 4,5 x 3 m²)
 - Superficie acristalada de las fachadas principal y posterior = 18,8 m² por planta (2 ventanas de 1,2 x 1 m² y una ventana de terraza de 2 x 3,5 m² en cada fachada, principal y posterior). Terraza de 6 m de largo con voladizo de 1 m.
 - Superficie acristalada de los patios interiores: 3,2 m² por planta (4 ventanas de 0,8 x 0,5 m en cada patio interior)
 - Superficie de huecos PB = 16 m² en fachada principal (puerta de 2 m² de acceso a la vivienda + puerta de 2 m² y 2 x 3,5 m² de superficie acristalada del local comercial) y 4,8 m² en fachada posterior (4 ventanas de 1 x 1,2 m²).

ELEMENTO CONSTRUCTIVO	MATERIAL	ESPESOR (cm)
FACHADAS	Revocado exterior	2
	Ladrillo perforado o hueco	14
	Cámara de aire	6
	Aislamiento	2,5
	Tabique ladrillo 1/4 hueco	4
	Enlucido interior	1
DIVISORIOS INTERIORES	Enlucido interior	1
	Ladrillo hueco (fábrica)	14
	Enlucido interior	1
PARED MEDIANERA	Ladrillo perforado (fábrica)	14
	Enlucido interior	1
FORJADO ENTRE PLANTAS	Pavimento gres	1
	Mortero	1
	Forjado cerámico	22
	Enlucido interior	1
CUBIERTA	Pavimento baldosa cerámica	4
	Tela asfáltica	0,5
	Hormigón de pendientes	10
	Aislamiento	2,5
	Forjado cerámico	22
	Enlucido interior	1
HUECOS DE FACHADA	Aluminio (marco de perfil hueco)	6
	Vidrio sencillo	0,4

Demanda energética media del edificio kWh·año/m²

	Situación inicial	Incorporación Trasdosado (45 mm / 0,036 W/m·K)	Incorporación trasdosado y mejora de las ventanas (vidrio doble)	Incorporación trasdosado; mejora de las ventanas y aislamiento cubierta
	Total	Total	Total	Total
ZONA A (Huelva)	147,39	84,43	63,53	60,32
ZONA B (Sevilla)	180,97	102,79	77,16	72,96
ZONA C (Barcelona)	199,11	104,83	71,86	66,35
ZONA D (Madrid)	264,44	151,25	107,61	99,33
ZONA E (Burgos)	332,67	271,99	208,87	179,97

2. REHABILITACIÓN DE FACHADAS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE UN SISTEMA DE FACHADA VENTILADA CON LANA MINERAL (Lana de vidrio / Lana de roca)

2.1.- DESCRIPCIÓN

Aplicación de aislamiento mediante lana mineral (Lana de vidrio / Lana de roca) por la parte externa del muro y de una protección formada normalmente por una lámina ligera externa separando ambos materiales por una cámara de aire.

El sistema de aislamiento por el exterior es un medio novedoso y que se incorpora cada vez con mayor frecuencia como consecuencia de sus excelentes prestaciones de ahorro energético en los periodos cálidos del año.


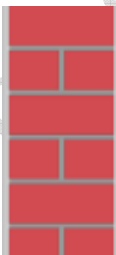
Está formado por un aislamiento generalmente rígido o semirrígido de lana mineral (lana de roca o lana de vidrio) fijado al muro soporte (fachada existente), y de una hoja de protección (formada por planchas, bandejas, "cassetes", etc) separada del aislamiento, formando una cámara donde circula el aire por simple convección.

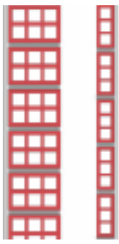
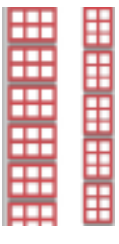
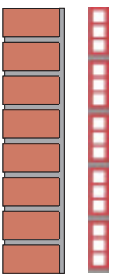
La hoja de protección se fija al muro soporte mediante sub-estructuras diseñadas al efecto.

2.2.- TIPOS DE SOPORTE

En principio, cualquier muro de fachada puede ser utilizado como soporte de una fachada ventilada. Para el presente estudio se han seleccionado cinco muros de fachada característicos de los sistemas constructivos empleados en los últimos 70 años y por lo tanto susceptibles de ser rehabilitados con un sistema de fachada ventilada.

Son los siguientes:

	croquis	materiales	Espesor en cm
1		Revoco de cal Piedra calcárea Enlucido de yeso	3.00 50.00 1.50
2		Revoco de cal Ladrillo macizo Enlucido de yeso	2.00 30.00 1.00

3		Revoco exterior de cemento Ladrillo perforado Cámara de aire Tabique ladrillo hueco Enlucido de yeso	2.00 14.00 8.00 4.00 1.50
4		Revoco exterior de cemento Ladrillo perforado Cámara de aire Ladrillo hueco Enlucido de yeso	2.00 14.00 10.00 7.00 1.00
5		Ladrillo visto Cámara de aire Ladrillo perforado Enlucido de yeso	14.00 10.00 7.00 1.00

2.3.- VENTAJAS

- La aplicación por el exterior del aislamiento elimina los puentes térmicos (frentes de forjado, pilares,...).
- Posibilita la realización del trabajo de rehabilitación con usuarios en los edificios.
- Se incrementa el aislamiento térmico del muro soporte.
- Reduce el consumo energético del edificio en verano al reducir el factor solar del cerramiento.
- Se mejora el aislamiento acústico del sistema de cerramiento.
- Es un sistema de construcción "seco". El proceso de instalación es rápido y sin tiempos de espera para secado de morteros o yesos.
- Posibilita el cambio de aspecto de la fachada del edificio "rejuveneciendo" su aspecto y contribuyendo a la mejora del entorno.
- La solución es "desmontable" y por lo tanto susceptible de rehabilitarse en diversas ocasiones.
- Los materiales empleados son desmontables y reciclables / reutilizables.
- Es aplicable a cualquier tipo de fachada.
- No precisa de preparaciones previas de la superficie externa del muro (decapados, saneados,...).
- Es compatible incluso con muros de mala planimetría.
- Permite alojar opcionalmente instalaciones entre la cámara y el aislante.
- La cámara de aire ventilada exterior protege al aislante y muro soporte de las inclemencias exteriores (agua, sol, viento,...).

Existe una multitud de sistemas para constituir fachadas ventiladas; éstas pueden ser parcialmente ventiladas, pueden estar constituidas por una sola lámina de aire (con aberturas en la parte inferior y superior) o pueden disponer de aberturas en su superficie (sistemas con junta abierta).

Los soportes varían en forma y disposición según sistema y fabricante, perfiles de aluminio o de acero, en forma de "U", o en forma de "H" o perfiles tubulares.

Los elementos de cierre pueden ser desde elementos prefabricados cerámicos, vidrio, metálicos, o composites, en variedad de acabados, texturas y colores.

2.4.- LIMITACIONES

- La fachada incrementa su espesor hacia el exterior entre 10 y 20 cm para los acabados ligeros normalmente utilizados, pudiendo llegar a los 30 cm en el caso de revestimientos pétreos naturales.

2.5.- PRODUCTOS RECOMENDADOS

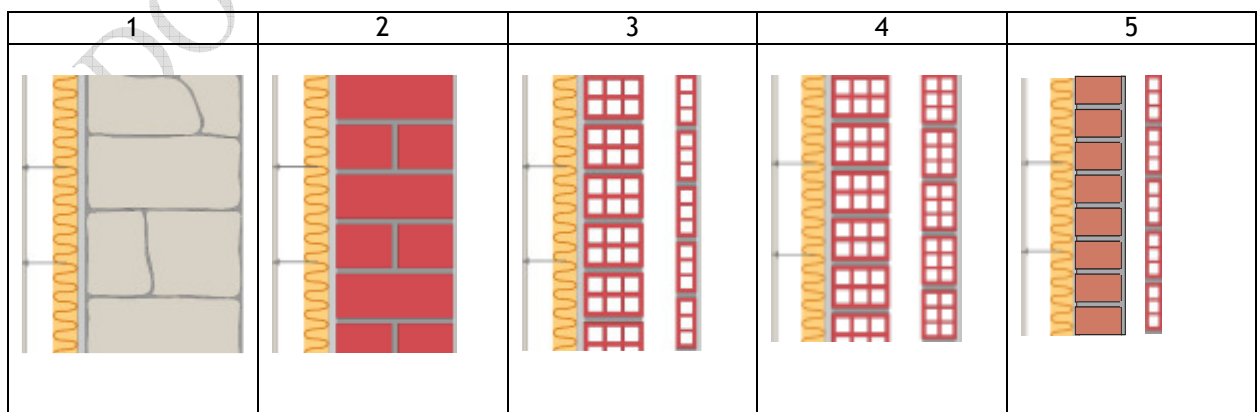
Se recomienda para esta aplicación productos semirrígidos de Lana de Vidrio o Lana de Roca suministrados en forma de panel o rollo.

Si la hoja externa es de vidrio u otro material transparente es conveniente que la lana mineral esté revestida de un velo mineral negro.

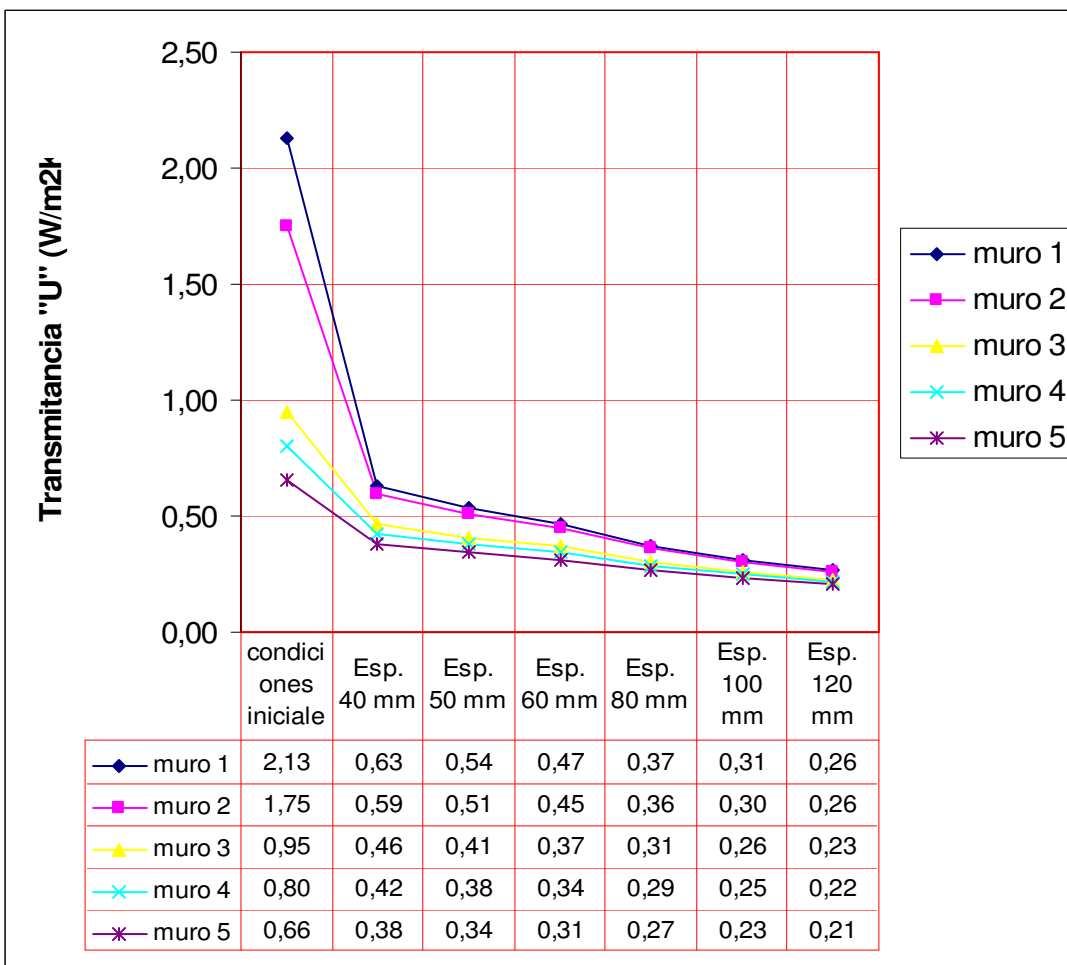
2.6.- PROCESO DE INSTALACIÓN

- Sobre el muro soporte se instalarán los elementos de sujeción de la subestructura de la hoja exterior.
- Se procede a la instalación de los paneles de lana mineral (lana de roca o lana de vidrio). en el espesor adecuado según las necesidades de aislamiento, fijándolos al muro soporte mediante tacos autoexpandibles tipo “sombriilla” de material plástico.
- El número de fijaciones variará según el formato de los paneles, pero en ningún caso se aplicarán menos de 4 fijaciones por m².
- Se instala la subestructura fijada a los elementos de fijación.
- Se instala la hoja exterior.

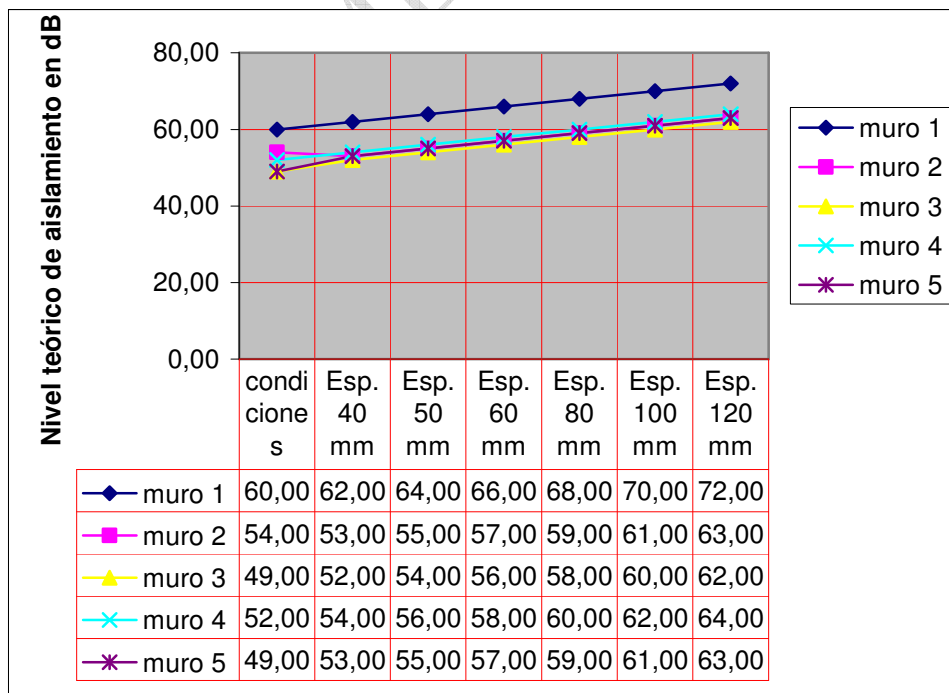
2.7.- DETALLES CONSTRUCTIVOS



2.8.- PRESTACIONES TÉRMICAS DE LOS SISTEMAS



2.9.- PRESTACIONES ACÚSTICAS DE LOS MUROS CON Y SIN FACHADA VENTILADA



Los niveles de aislamiento acústico a ruido aéreo se dan a título indicativo. Los niveles de aislamiento obtenidos en el interior del edificio van a variar mucho en función de la presencia y calidad de las aberturas en la fachada del nivel de ventilación de la cámara, de la constitución (masa superficial de la hoja exterior) y de la ubicación del punto de medición respecto a las entradas de aire.

	Espesor cm	Masa superficial kg/m ²	Aislamiento dB
Muro 1	54,5	600	60
Muro 2	33,0	340	54
Muro 3	30,0	293	49
Muro 4	34,0	361	52
Muro 5	31,0	309	49

2.10.- LISTADO DE MATERIALES Y COSTES DEL SISTEMA DE REHABILITACIÓN

Costo por m² de la instalación de un revestimiento aislante termo-acústico de lana mineral (lana de roca - lana de vidrio) fijado al trasdós del muro fachada, hipótesis utilizando un producto según UNE-EN 13162 en 50 mm de espesor ($\lambda_d \leq 0,036 \text{ W/mK}$) la fijación se realiza mediante tacos de plástico tipo sombrilla como mínimo 4 fijaciones por m².

No se contempla el precio de la instalación de los andamios necesarios para el montaje del revestimiento, dada la variedad de precios según la duración de la obra, su superficie y el tipo de andamio.

No se contempla el coste de la colocación de la hoja externa dada la variedad de productos de soporte y de cierre.

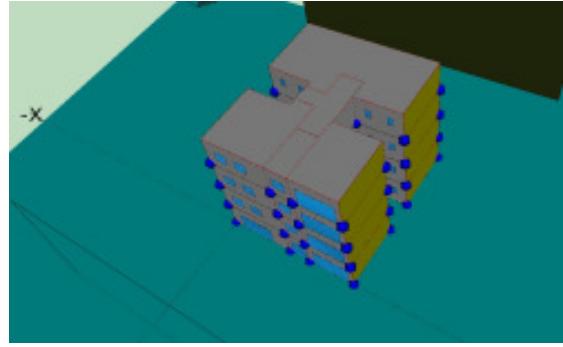
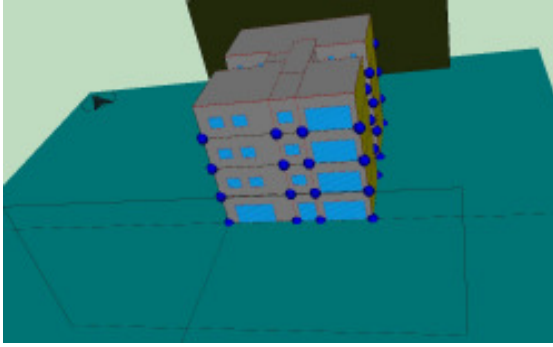
Código	Cantidad	Ud	Descripción	Precio €/u	Subtotal €	Total €
O010A030	0,20 (12m/m ²)	h	Oficial primera	15,90	3,18	
O010A050	0,20 (12m/m ²)	h	Ayudante	14,44	2,89	
P07LM400	1,00	m ²	Panel lana mineral 50 mm $R \geq 1,25 \text{ m}^2 \text{ K/W}$	4,67	4,67	
P04TW320	4,00	Ud	Fijación plástico "sombrilla"	0,11	0,44	
						8,00

2.11.- APLICACIÓN PRÁCTICA

A título de ejemplo se adjunta la eficacia energética que se obtiene con esta técnica aplicada a un edificio tipo:

Descripción del edificio y Descripción constructiva Inicial (rehabilitada)

Caracterización de las viviendas tipo 9 de 11. Tipología 9M: Edificio entre medianeras posterior a 1979.



Características edificatorias:

- Edificio entre medianeras
- Anchura de la calle: 12 m.
- Altura del edificio: 3 plantas + planta baja con local comercial
- Distribución por planta: 2 viviendas por planta + escalera
- Cubierta: plana
- Superficies:
 - Superficie total del edificio: 800 m^2
 - Superficie por planta: $184 + 16 = 200 \text{ m}^2$ ($13 \times 15,4 \text{ m}$)
 - Altura libre de las plantas = $2,5 \text{ m}$ ($3,2 \text{ m}$ PB local)
 - Superficie por vivienda: 92 m^2
 - Superficie de escalera = 16 m^2
 - Superficie de los patios interiores = 27 m^2 (2 patios de $4,5 \times 3 \text{ m}^2$)
 - Superficie acristalada de las fachadas principal y posterior = $18,8 \text{ m}^2$ por planta (2 ventanas de $1,2 \times 1 \text{ m}^2$ y una ventana de terraza de $2 \times 3,5 \text{ m}^2$ en cada fachada, principal y posterior). Terraza de 6 m de largo con voladizo de 1 m.
 - Superficie acristalada de los patios interiores: $3,2 \text{ m}^2$ por planta (4 ventanas de $0,8 \times 0,5 \text{ m}$ en cada patio interior).
 - Superficie de huecos PB = 16 m^2 en fachada principal (puerta de 2 m^2 de acceso a la vivienda + puerta de 2 m^2 y $2 \times 3,5 \text{ m}^2$ de superficie acristalada del local comercial) y $4,8 \text{ m}^2$ en fachada posterior (4 ventanas de $1 \times 1,2 \text{ m}^2$).

ELEMENTO CONSTRUCTIVO	MATERIAL	ESPESOR (cm)
FACHADAS	Revocado exterior	2
	Ladrillo perforado o hueco	14
	Cámara de aire	6
	Aislamiento	2,5
	Tabique ladrillo 1/4 hueco	4
	Enlucido interior	1
DIVISORIOS INTERIORES	Enlucido interior	1
	Ladrillo hueco (fábrica)	14
	Enlucido interior	1
PARED MEDIANERA	Ladrillo perforado (fábrica)	14
	Enlucido interior	1
FORJADO ENTRE PLANTAS	Pavimento gres	1
	Mortero	1
	Forjado cerámico	22
	Enlucido interior	1
CUBIERTA	Pavimento baldosa cerámica	4
	Tela asfáltica	0,5
	Hormigón de pendientes	10
	Aislamiento	2,5
	Forjado cerámico	22
	Enlucido interior	1
HUECOS DE FACHADA	Aluminio (marco de perfil hueco)	6
	Vidrio sencillo	0,4

Demanda energética kWh por año y m²

	Inicial	Inicial + Aislamiento exterior
ZONA A (Málaga)	40,885	27,872
ZONA B (Sevilla)	58,762	43,018
ZONA C (Barcelona)	62,165	41,563
ZONA D (Madrid)	99,878	65,388
ZONA E (Burgos)	141,234	102,36

3. REHABILITACIÓN DE CUBIERTAS CON AISLAMIENTO POR EL INTERIOR: REVESTIMIENTOS AUTOPORTANTES DE PLACAS DE YESO LAMINADO Y AISLAMIENTO DE LANA MINERAL (Lana de vidrio / Lana de roca)

3.1.- DESCRIPCIÓN

Sistema de aislamiento por el interior, mediante un revestimiento autoportante de placas de yeso laminado, para la mejora del aislamiento térmico y acústico de la cubierta.

Está constituido por placas de yeso laminado fijadas sobre maestras metálicas y éstas suspendidas de la cubierta (forjado), situándose en la cavidad o cámara intermedia Lana Mineral (Lana de Vidrio o Lana de Roca).

3.2.- TIPOS DE SOPORTE

El soporte está constituido generalmente por un forjado inclinado u horizontal dependiendo de las características o tipología de la cubierta en cuestión.

Relación de cubiertas consideradas de acuerdo con la tipología más común:

- 1) Cubierta de teja sobre forjado inclinado.
- 2) Cubierta de teja sobre faldón apoyado sobre tabiquillos (espacio no habitable) y forjado horizontal.
- 3) Cubierta plana (azotea) transitable, pavimento sobre tablero cerámico apoyado sobre tabiquillos (cámara de aire).
- 4) Cubierta plana (azotea) transitable, pavimento sobre formación de pendientes (espesor medio hormigón aligerado 15 cm.).

Tipologías de los forjados:

- aligerados, constituidos por viguetas y bovedillas cerámicas o de hormigón.
- cantos de forjado de 25/30 cm.

3.3.- VENTAJAS

- Al aplicarse 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), la instalación de nuevos sistemas de iluminación y o climatización (en función de las disponibilidades de altura).
- Montaje rápido y por vía seca, permitiendo la habitabilidad durante la ejecución de los trabajos.
- Aporta una mejora del aislamiento acústico a ruido aéreo del cerramiento y una reducción del ruido de impactos, dato a considerar en el caso de las cubiertas planas transitables.
- Especialmente adecuado cuando no es necesario efectuar trabajos de impermeabilización o modificación de la cubierta externa del edificio.

¡¡ IMPORTANTE !!

De acuerdo con las características o tipología de las cubiertas, en regímenes higrótérmicos severos debe considerarse la necesidad de una barrera de vapor, que debe incorporar el material aislante (papel kraft, aluminio-kraft, etc.) o bien el soporte (placas de yeso laminado).

3.4.- LIMITACIONES

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

3.5.- PRODUCTOS RECOMENDADOS

Se recomienda la aplicación de las lanas minerales en forma de paneles semirrígidos o rígidos cuando se fijan directamente sobre el forjado o bien en forma de paneles semirrígidos o de mantas cuando se aplican apoyados sobre el soporte autoportante o techo falso.

3.6.- PROCESO DE INSTALACIÓN

El aislamiento térmico consiste en la aplicación de paneles semirrígidos o rígidos de lana mineral (de vidrio o de roca) sobre el forjado o faldón, utilizando fijaciones mecánicas de material plástico tipo “sombrialla”.

Otra opción es la aplicación de paneles semirrígidos o mantas (preferiblemente en dos capas a cubrejuntas), apoyados directamente sobre el soporte o techo falso, “cubriendo” las maestras.

Las placas de yeso laminado se fijan a maestras distanciadas entre ejes a 600 mm.

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 del material aislante de lana mineral (de vidrio o roca) y espesor de acuerdo con los requerimientos térmicos y acústicos, el revestimiento o techo de placas de yeso laminado, la armadura 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.

3.7.- DETALLES CONSTRUCTIVOS

1) Cubierta de teja sobre forjado inclinado

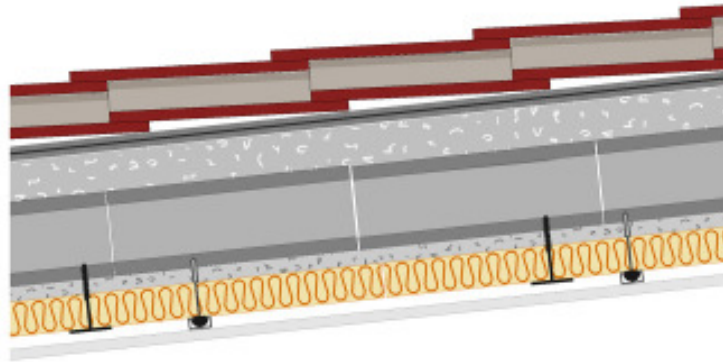


Fig. 1

2) Cubierta de teja sobre faldón apoyado sobre tabiquillos (espacio no habitable) y forjado horizontal.

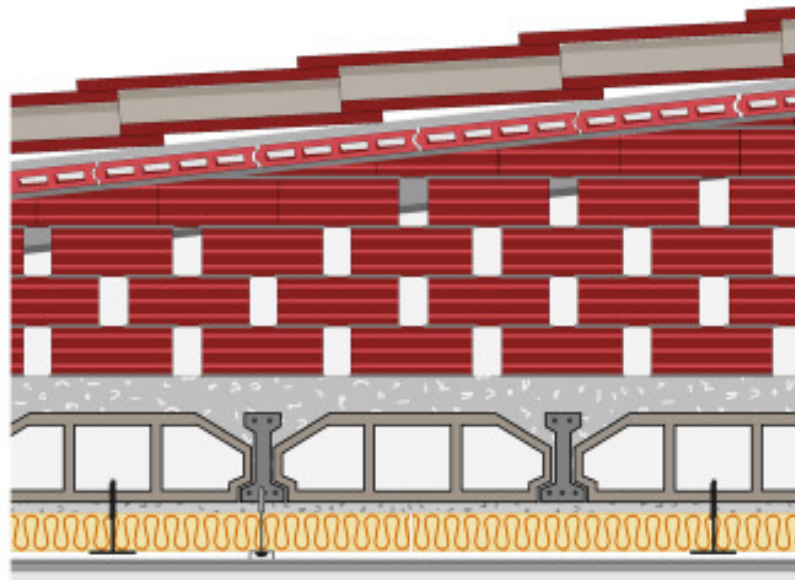


Fig.2

3) Cubierta plana (azotea) transitable, pavimento sobre tablero cerámico apoyado sobre tabiquillos (cámara de aire)

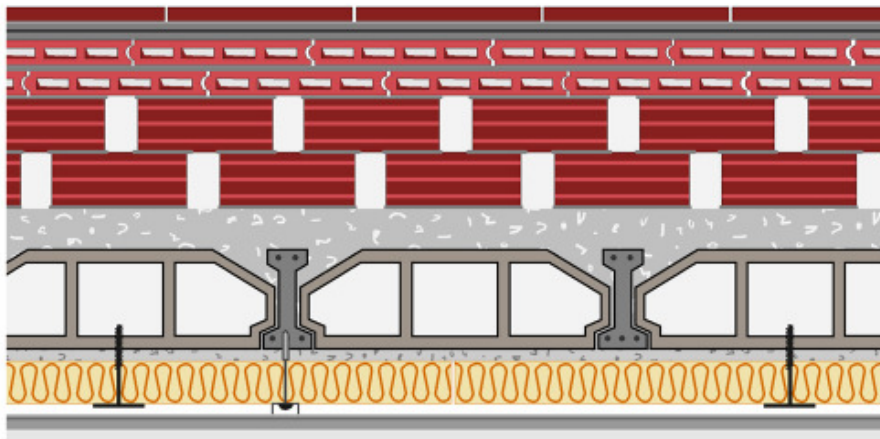


Fig.3

4) Cubierta plana (azotea) transitable, pavimento sobre formación de pendientes.

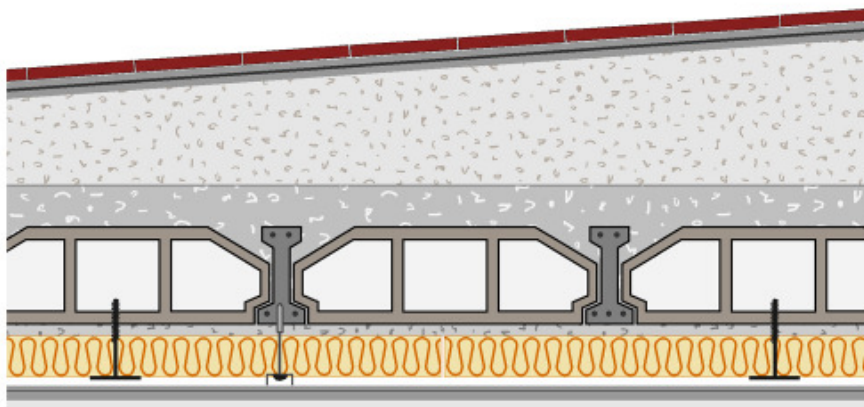
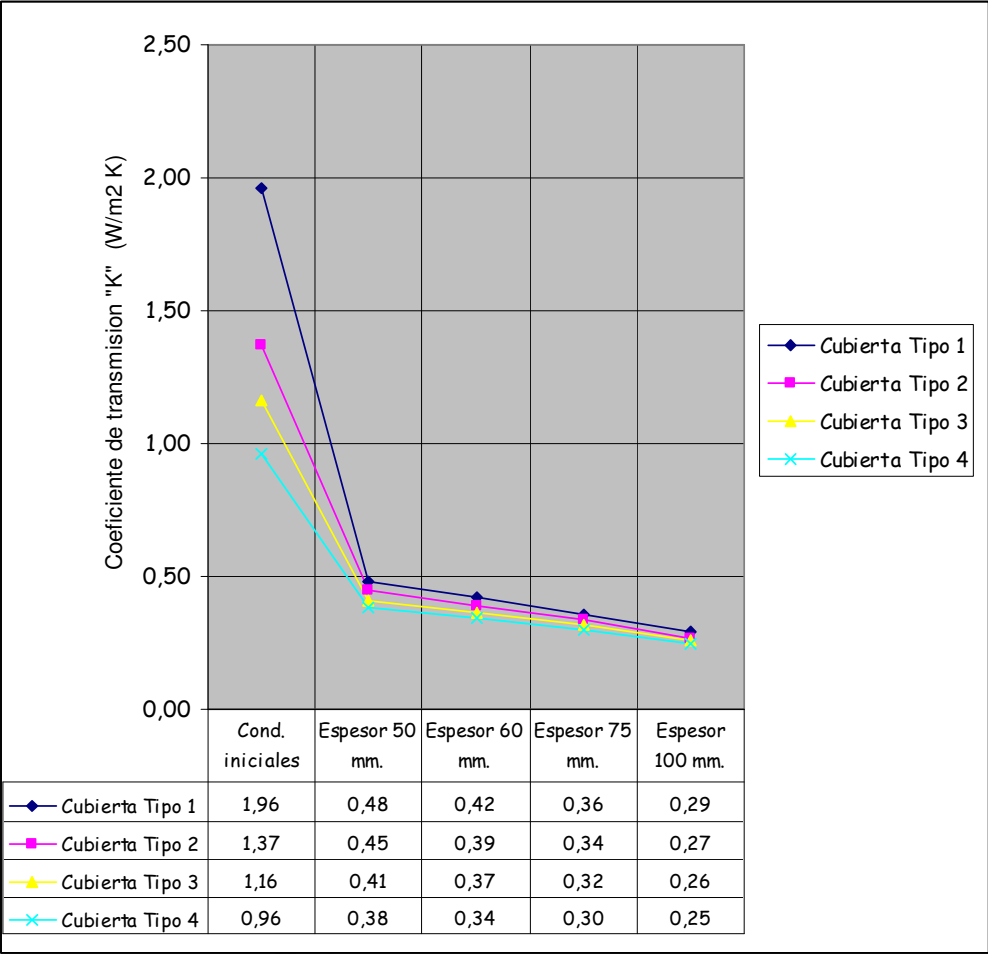
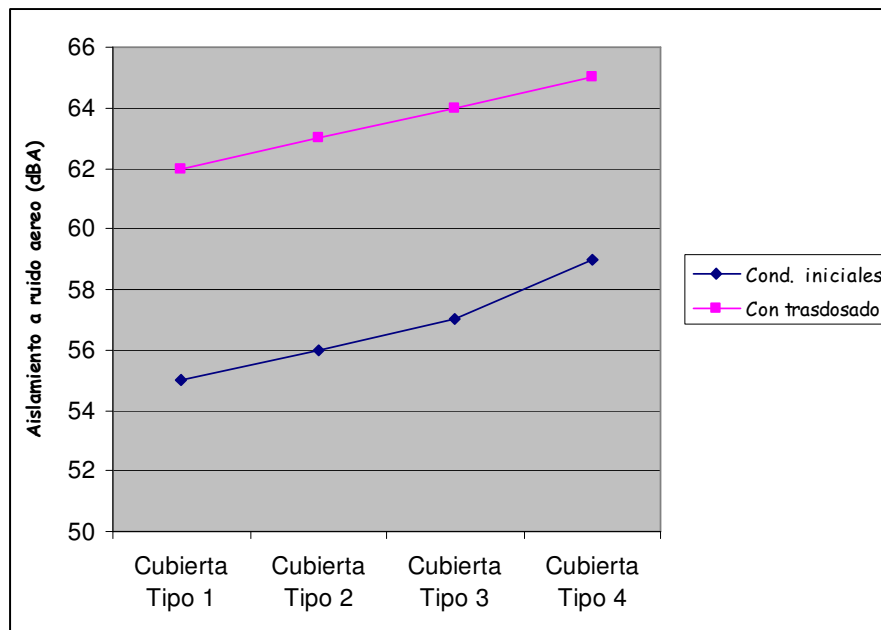


Fig.4

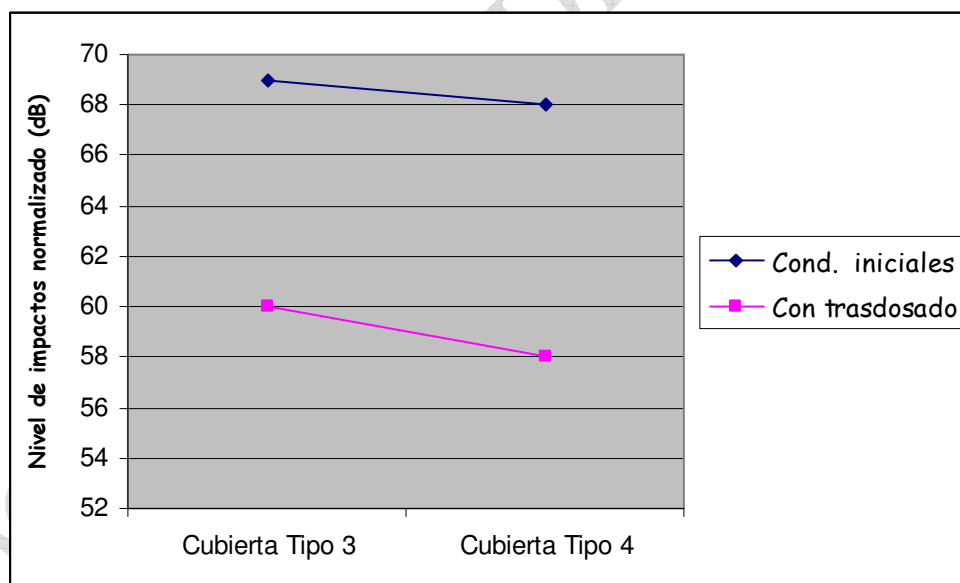
3.8.- PRESTACIONES



ISLAMIENTO A RUIDO AÉREO



NIVEL DE LA PRESIÓN ACÚSTICA PONDERADO DE IMPACTOS NORMALIZADO GLOBAL EN LAS CUBIERTAS TRANSITABLES



3.9.- LISTADO DE MATERIALES Y COSTES

Costo m² de los materiales y mano de obra para la colocación de paneles semirrígidos de lana mineral de espesor 50 mm. ($\lambda_d \leq 0,036$ W/m K) por la cara interior de la cubierta, fijaciones tipo sombrilla de plástico a razón de 4 unidades por panel y del revestimiento de placas de yeso laminado de espesor 13 mm. con su sistema de fijación (tacos metálicos de rosca interior, varillas roscadas, piezas de cuelgue "horquillas", maestras de 47 mm., distanciadas entre ejes a 600 mm. y perfil perimetral en U). Tornillería para la fijación de las placas de yeso laminado, masilla y cinta cubrejuntas.

Código	Cantidad	Ud.	Descripción	Precio/u €	Subtotal €	Total €
O01OA030	0,55	h	Oficial primera	15,90	8,745	35,63
O01OA050	0,55	h	Ayudante	14,44	7,942	
P07LM400	1,05	m ²	Panel semirrígido de lana mineral (UNE 13162) de espesor 50 mm. Resistencia térmica $\geq 1,25$ m ² K/W	4,90	5,145	
P04TW320	5,20	ud.	Fijación plástico	0,110	0,572	
P04TW301	2,19	ud.	Taco metálico rosca interior	0,090	0,197	
P04TW150	0,58	m	Varilla roscada	0,570	0,331	
P04TW090	2,19	ud.	Horquilla T-47	0,520	1,139	
P04TW070	1,75	m	Maestra T/C-47	1,270	2,222	
P04TW080	0,29	ud.	Pieza empalme T-47	0,350	0,102	
P04PW150	1,40	m	Perfil U 30x30 mm.	1,620	2,268	
P04PY030	1,05	m ²	Placa yeso laminado de 13 mm.	5,300	5,565	
P04PW070	8,00	ud.	Tornillos PM-25 mm.	0,063	0,504	
P04PW040	0,47	kg	Pasta para juntas	1,120	0,526	
P04PW010	1,89	m	Cinta cubrejuntas	0,090	0,170	
	3,00	%	Costes indirectos mano de obra	6,950	0,204	

3.10.- APLICACIÓN PRÁCTICA

Cubierta Tipo 4 (Características similares a la cubierta del edificio referencia en los apartados 1.10 y 2.11)

	Inicial	Inicial + Falso techo cubierta
ZONA A (Málaga)	40,885	38,374
ZONA B (Sevilla)	58,762	55,523
ZONA C (Barcelona)	62,165	57,389
ZONA D (Madrid)	99,878	86,918
ZONA E (Burgos)	141,234	132,555

DOCUMENTO DE TRABAJO

RESUMEN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA MEDIA DEL EDIFICIO EN kWh·año/m²

La tabla siguiente indica el resumen de la demanda energética del edificio con la utilización de las distintas guías técnicas anteriormente expuestas para la rehabilitación de edificios con aislamiento térmico de lana mineral.

Demanda energética kWh por año y m²

		(1)			(2)				
		Inicial	Inicial + Trasdosado	Inicial + Trasdosado + Doble Acristalamiento (1)	Inicial + Falso techo cubierta	Inicial + Aislamiento exterior	Inicial + Aislamiento exterior + Doble acristalamiento (2)	(1)+ Falso techo cubierta	(2)+ Falso techo cubierta
ZONA A	(Málaga)	40,885	28,751	24,57	38,374	27,872	24,616	22,042	22,001
ZONA B	(Sevilla)	58,762	42,481	37,151	55,523	43,018	37,494	34,163	34,401
ZONA C	(Barcelona)	62,165	40,511	33,016	57,389	41,563	33,489	28,765	28,997
ZONA D	(Madrid)	99,878	63,822	52,761	86,918	65,388	54,502	46,739	46,297
ZONA E	(Burgos)	141,234	99,397	81,091	132,555	102,36	88,039	72,143	75,143

Trasdosado $R_{TA} = 1,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Falso Techo $R_{TA} = 1,28 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Aislamiento Exterior $R_{TA} = 1,11 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Reducción demanda energética

		Inicial	Inicial + Trasdosado	Inicial + Trasdosado+ Doble Acristalamiento (1)	Inicial + Falso techo cubierta	Inicial + Aislamiento exterior	Inicial + Aislamiento exterior + Doble acristalamiento (2)	(1)+ Falso techo cubierta	(2)+ Falso techo cubierta
ZONA A	(Málaga)	0,00%	29,68%	39,90%	6,14%	31,83%	39,79%	46,09%	46,19%
ZONA B	(Sevilla)	0,00%	27,71%	36,78%	5,51%	26,79%	36,19%	41,86%	41,46%
ZONA C	(Barcelona)	0,00%	34,83%	46,89%	7,68%	33,14%	46,13%	53,73%	53,35%
ZONA D	(Madrid)	0,00%	36,10%	47,17%	12,98%	34,53%	45,43%	53,20%	53,65%
ZONA E	(Burgos)	0,00%	29,62%	42,58%	6,15%	27,52%	37,66%	48,92%	46,80%

Trasdosado $R_{TA} = 1,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Falso Techo $R_{TA} = 1,28 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Aislamiento Exterior $R_{TA} = 1,11 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$