

Edificios

Guía Técnica para la Rehabilitación de la Envoltente Térmica de los Edificios 

Soluciones

de Acristalamiento
y Cerramiento
Acrystalado



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA, TURISMO
Y COMERCIO



Instituto para la
Diversificación y
Ahorro de la Energía



Soluciones

de Acristalamiento y Cerramiento Acrystalado



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA, TURISMO
Y COMERCIO

IDA Instituto para la
Diversificación y
Ahorro de la Energía

TÍTULO DE LA PUBLICACIÓN

Soluciones de Acristalamiento y Cerramiento Acristalado

CONTENIDO

La presente guía ha sido redactada por la Asociación Nacional de Industriales de Materiales Aislantes (ANDIMAT) 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.

Depósito Legal: M-44700-2008

ISBN: 978-84-96680-40-1

.....

IDAE

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

C/ Madera, 8

E-28004-Madrid

comunicacion@idae.es

www.idae.es

Madrid, septiembre de 2008

ÍNDICE

1	Introducción	7
2	Objeto y contenido	9
3	Ámbito de aplicación	11
4	Propiedades de los vidrios y marcos	13
	4.1 Propiedades del marco	13
	4.2 Propiedades del vidrio	14
	4.3 Propiedades del hueco	17
5	Soluciones de rehabilitación	19
	5.1 Carpintería de madera con vidrio monolítico	19
	5.2 Carpintería metálica con vidrio monolítico	21
	5.3 Carpintería metálica con doble acristalamiento	23
	5.3.1 Carpintería metálica con doble acristalamiento banal	23
	5.3.2 Carpintería metálica con doble acristalamiento bajo emisivo	25
	5.4 Carpintería metálica RPT y doble acristalamiento	27
	5.4.1 Carpintería metálica RPT con doble acristalamiento banal	27
	5.4.2 Carpintería metálica RPT con doble acristalamiento bajo emisivo	28
	5.5 Carpintería de madera con doble acristalamiento	29
	5.5.1 Carpintería de madera con doble acristalamiento banal	29
	5.5.2 Carpintería de madera con doble acristalamiento bajo emisivo	31
	5.6 Carpintería de PVC 3 cámaras y doble acristalamiento	32
	5.6.1 Carpintería de PVC 3 cámaras y doble acristalamiento banal	32
	5.6.2 Carpintería de PVC 3 cámaras y doble acristalamiento bajo emisivo	33
6	Ventajas/Recomendaciones	35

7 Ejemplo	37
7.1 Descripción del edificio sin aislamiento térmico.....	37
7.2 Descripción del edificio rehabilitado térmicamente	38
7.3 Resultados	39
8 Glosario	41
9 Documentación de referencia	43

En abril de 2006, la Asociación Nacional de Industriales de Materiales Aislantes (ANDIMAT) 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 ANDIMAT, 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.

1

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.

2

OBJETO Y CONTENIDO

El propósito de esta guía es proporcionar información sobre las oportunidades de ahorrar energía mediante la reposición del vidrio de las ventanas y, en algunos casos, de la reposición de toda la ventana (vidrio+marco).

En la lectura de esta guía se ofrece, en primer lugar, una descripción de las componentes del cerramiento de un hueco: vidrio y marco, detallándose sus características.

A continuación se ofrecen varios ejemplos de soluciones de rehabilitación de los huecos que permiten comparar la eficiencia energética conseguida con cada una de ellas.

3

ÁMBITO DE APLICACIÓN

Todos los edificios existentes que tengan ventanas, siendo la renovación de los vidrios y marcos una de las acciones más eficaces para la mejora de la eficiencia energética del edificio, aumentando además el confort térmico de las viviendas.

La mayoría de los edificios históricos no incorporan un aislamiento térmico adecuado y la actuación más sencilla que se puede realizar en la fachada del edificio es la reposición de las ventanas.

En todas aquellas viviendas que tengan ventanas con una única hoja de vidrio, las prestaciones térmicas son muy limitadas, y la reposición del vidrio por un vidrio aislante (doble acristalamiento) proporciona grandes ahorros de energía en la vivienda, tanto en verano como en invierno.

En definitiva, esta guía está dedicada a ilustrar todas aquellas reformas de huecos en edificios proyectados antes de octubre de 2006, fecha de entrada en vigor del Código Técnico de la Edificación.

4

PROPIEDADES DE LOS VIDRIOS Y MARCOS

4.1 PROPIEDADES DEL MARCO

El marco representa habitualmente entre el 25 y el 35% de la superficie del hueco. Sus principales propiedades, desde el punto de vista del aislamiento térmico, son la transmitancia térmica y su absorptividad. Estas dos propiedades van a participar, en función de la fracción de superficie ocupada por el marco, en la transmitancia total del hueco y el factor solar modificado del mismo.

Los marcos pueden clasificarse siguiendo distintos criterios. Una clasificación puede realizarse en función del material con el que están fabricados y del que dependen algunas de sus prestaciones, entre ellas sus propiedades térmicas. Así encontramos:

Marco Metálico: normalmente son fabricados en aluminio o acero con diferentes acabados, que pueden ser variados: lacados en diferentes colores, anodizados, foliados imitando madera, etc.

Su participación en la superficie del hueco suele ser baja, en torno al 25%, con diferentes sistemas de cierre y apertura. Como valor comúnmente aceptado se considera una transmitancia térmica $U = 5,7 \text{ W/m}^2\text{K}$.

La influencia sobre el factor solar modificado del hueco es muy variable en función de los diferentes colores.

Marco Metálico con RPT: la rotura de puente térmico consiste en la incorporación de uno o varios elementos separadores de baja conductividad térmica que separan los componentes interiores y exteriores de la carpintería logrando reducir

el paso de energía a su través, mejorando el comportamiento térmico de la carpintería. Los valores de transmitancia térmica comúnmente aceptados para este tipo de carpinterías son de $U = 4,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ hasta $U = 3,20 \text{ W/m}^2\text{K}$, en función de la anchura de los elementos separadores que configuran la rotura de puente térmico.

La rotura de puente térmico tiene poca influencia sobre la absorptividad y, por tanto, sobre el factor solar modificado del hueco.

Los valores mencionados anteriormente pueden ser notablemente reducidos en función de las mejoras técnicas que se introduzcan en los perfiles según la norma UNE-EN ISO 10077-1.

Marco de Madera: estos marcos cuentan con perfiles macizos de madera que por su naturaleza alveolar proporcionan unos niveles importantes de aislamiento térmico. Su conductividad es baja, lo que favorece el aislamiento térmico. Sus principales limitaciones se encuentran en las operaciones de mantenimiento necesarias, aunque hoy existen en el mercado productos tratados que minimizan estos condicionantes. Los valores de transmitancia dependen de la densidad de la madera utilizada considerándose un intervalo de $U = 2,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ hasta $U = 2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Su influencia sobre el factor solar modificado es muy baja debido a la poca reemisión de la energía absorbida al interior del habitáculo.

Marco de PVC: las carpinterías están formadas por perfiles normalmente huecos de PVC, ofreciendo un comportamiento térmico de primer

orden. Los valores de transmitancia comúnmente aceptados son de $U = 2,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ hasta $U = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$. Habitualmente son carpinterías cuya participación en el hueco es elevada, lo que unido a sus valores de aislamiento favorece el comportamiento del conjunto.

Los valores anteriores pueden ser notablemente reducidos en función de las mejoras técnicas que se introduzcan en los perfiles según la norma UNE-EN ISO 10077-1.

Otros tipos de Marcos: existen otras tipologías de marcos menos presentes en el mercado cuyas prestaciones térmicas son similares a las anteriores. Entre estas tipologías pueden citarse las ventanas mixtas madera-aluminio, mixtas aluminio-madera, poliuretano con núcleo metálico, metálicas con ruptura de puente térmico rellenas de espuma aislante, etc.

Transmitancia térmica de los perfiles según la norma UNE-EN ISO 10077-1

Material del perfil	Transmitancia térmica U (W/m ² K)
Metálico	5,7
Metálico RPT ($4\text{mm} \leq d < 12 \text{ mm}$)	4
Metálico RPT $d \geq 12 \text{ mm}$	3,2
Madera dura ($\rho = 700 \text{ Kg/m}^3$ y 60 mm de espesor)	2,2
Madera blanda ($\rho = 500 \text{ Kg/m}^3$ y 60 mm de espesor)	2
Perfiles huecos de PVC (2 cámaras)	2,2
Perfiles huecos de PVC (3 cámaras)	1,8

Con independencia de los materiales del marco es muy importante en términos de aislamiento el sistema de apertura y cierre de la ventana. Este puede condicionar su permeabilidad al aire, es decir, el paso de aire cuando la ventana cerrada se somete a una presión diferencial entre ambas caras. La clasificación de las ventanas según su permeabilidad al aire está definida en la norma UNE-EN 12207.

4.2 PROPIEDADES DEL VIDRIO

El vidrio es el elemento fundamental en el cerramiento si atendemos a la superficie ocupada. Su principal propiedad es la transparencia, permitiendo elevados aportes de luz natural que

contribuyen al confort de la vivienda, sin comprometer sus prestaciones de aislamiento térmico. En la actualidad se comercializan como productos habituales vidrios para aislamiento térmico reforzado y protección solar que pueden ser combinados con otras prestaciones como son el aislamiento acústico, la seguridad, el bajo mantenimiento (autolimpiables) o el diseño y la decoración.

Para los objetivos de esta guía se considera únicamente vidrio sodocálcico por ser el producto habitual en la edificación.

Desde la perspectiva del aislamiento térmico las principales características del acristalamiento a tener en cuenta son su coeficiente U o transmitancia térmica (W/m²K) y su factor solar (g).

Estas definiciones están incluidas en el capítulo 8, glosario.

Los vidrios pueden clasificarse en distintos grupos en función de su configuración y de la presencia de capas metálicas que mejoran sus prestaciones de aislamiento térmico y control solar.

Vidrio sencillo (monolítico): bajo esta denominación agrupamos aquellas tipologías formadas por una única hoja de vidrio y aquellas formadas por dos o más hojas unidas entre sí por toda su superficie (vidrios laminares). Dentro del vidrio monolítico podemos encontrar vidrios incoloros, de color, impresos y de seguridad, así como distintos tratamientos que modifican las propiedades mecánicas, térmicas y espectrofotométricas de los mismos. Las prestaciones térmicas de un vidrio monolítico pueden considerarse estables para los vidrios incoloros habituales en tanto que transmitancia térmica y factor solar se ven mínimamente

reducidos al aumentar el espesor. Como valor de referencia podemos tomar un valor de $U = 5,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ y factor solar (g) un valor en torno a 0,83.

Nota: en el caso de vidrios de color y vidrios de capa empleados como vidrios monolíticos el factor solar puede verse fuertemente modificado. Cada producto existente en el mercado aporta sus prestaciones específicas.

Unidad de Vidrio Aislante (UVA): conocido anteriormente como doble acristalamiento o vidrio de cámara hace referencia al conjunto formado por dos o más láminas de vidrios monolíticos separados entre sí por uno o más espaciadores, herméticamente cerrados a lo largo de todo el perímetro. Las unidades de vidrio aislante, o doble acristalamiento, al encerrar entre dos paneles de vidrio una cámara de aire, inmóvil y seco, aprovechando la baja conductividad térmica del aire, limitan el intercambio de calor por convección y conducción. La principal consecuencia es un fuerte aumento de su capacidad aislante reflejado en la drástica reducción de su transmitancia térmica ($U = 3,3 \text{ W/m}^2\text{K}$, para la composición más básica 4-6-4¹). El aumento progresivo del espesor de la cámara proporciona una reducción paulatina de la transmitancia térmica. Esta reducción deja de ser efectiva cuando se producen fenómenos de convección dentro de la misma (en torno a los 17 mm).



se producen fenómenos de convección dentro de la misma (en torno a los 17 mm).

Composición ²	4-6-4	4-8-4	4-10-4	4-12-6
U (W/m ² K)	3,3	3,1	3,0	2,9

La capacidad del aislamiento térmico se ve significativamente mejorada por la incorporación de los vidrios de baja emisividad o aislamiento térmico reforzado permitiendo alcanzar fácilmente los niveles más exigentes contemplados en el Código Técnico de la Edificación (CTE).

Respecto a la prestación de control solar las UVAs presentan menores factores solares por el simple hecho de incorporar dos vidrios, para una UVA de 4-6-4 el valor g está en torno a 0,75. El factor solar (g) puede ser fuertemente modificado por la sustitución del vidrio exterior por un vidrio de control solar. Igualmente los vidrios de baja emisividad aportan un control solar significativo.

Las UVAs, al estar formadas por dos o más vidrios monolíticos, permiten la combinación de diferentes tipologías que aportan prestaciones complementarias.

Es necesario prever la instalación de las UVAs sobre carpinterías dotadas de drenaje, bien selladas y que impidan el almacenamiento de agua y humedad permanente en el galce. La situación contraria puede ocasionar el deterioro de los sellantes y la pérdida de estanqueidad de la UVA.

Vidrio de baja emisividad: se trata de vidrios monolíticos sobre los que se ha depositado una capa de óxidos metálicos extremadamente fina, del orden de nanómetros proporcionando al vidrio una capacidad de aislamiento térmico reforzado. Normalmente estos vidrios deben ir ensamblados en UVA (doble acristalamiento) ofreciendo así sus máximas prestaciones de aislamiento térmico³.

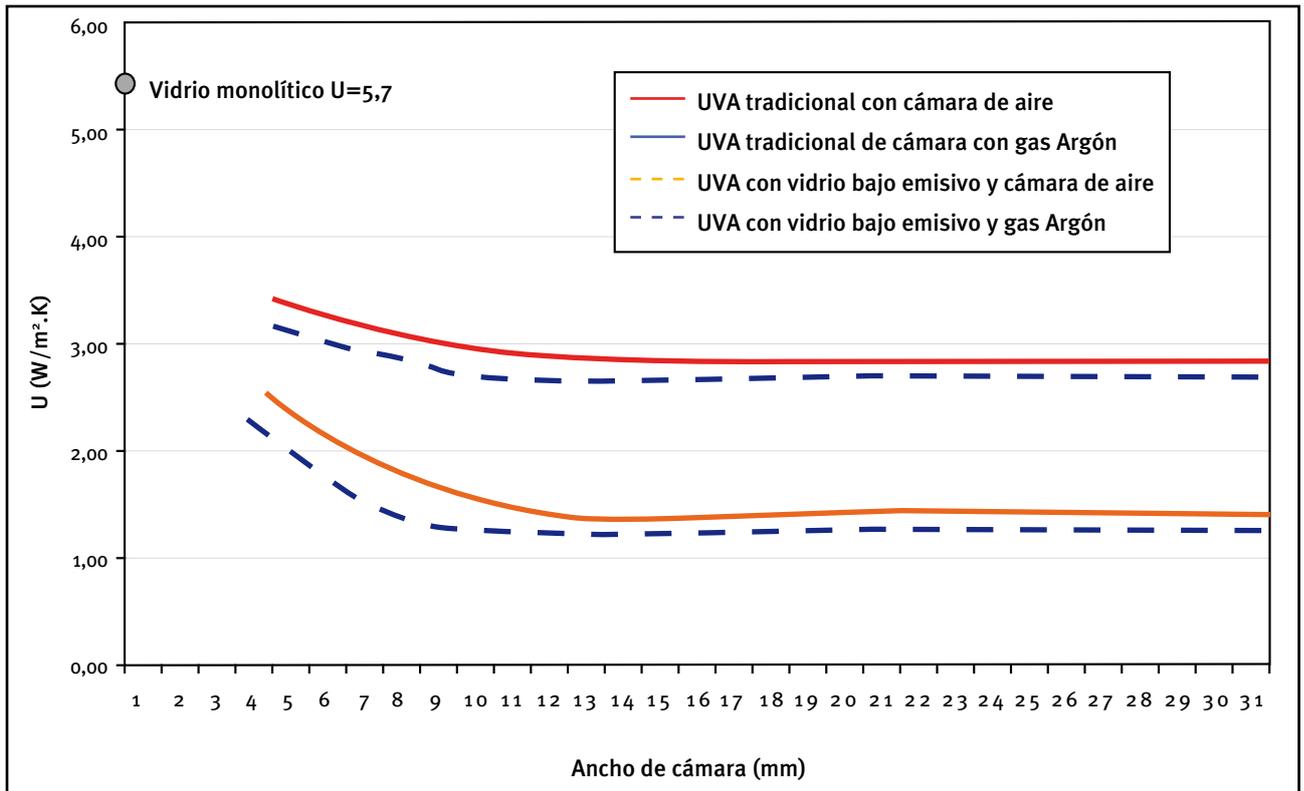
Composición ⁴	4-6-4	4-8-4	4-10-4	4-12-6
con un vidrio normal y un vidrio de baja emisividad ($\epsilon \leq 0,03$)				
U (W/m ² K)	2,5	2,1	1,8	1,7

¹ 4-6-4: Esta nomenclatura indica los espesores vidrio-cámara-vidrio expresados en milímetros, comenzando por el vidrio exterior

² Los espesores del vidrio no afectan al valor de la transmitancia térmica

³ Los vidrios bajo emisivos exigen ir ensamblados en doble acristalamiento

⁴ La posición del vidrio bajo emisivo como vidrio interior o exterior no influye en el valor de U, pudiendo verse afectado el valor de g

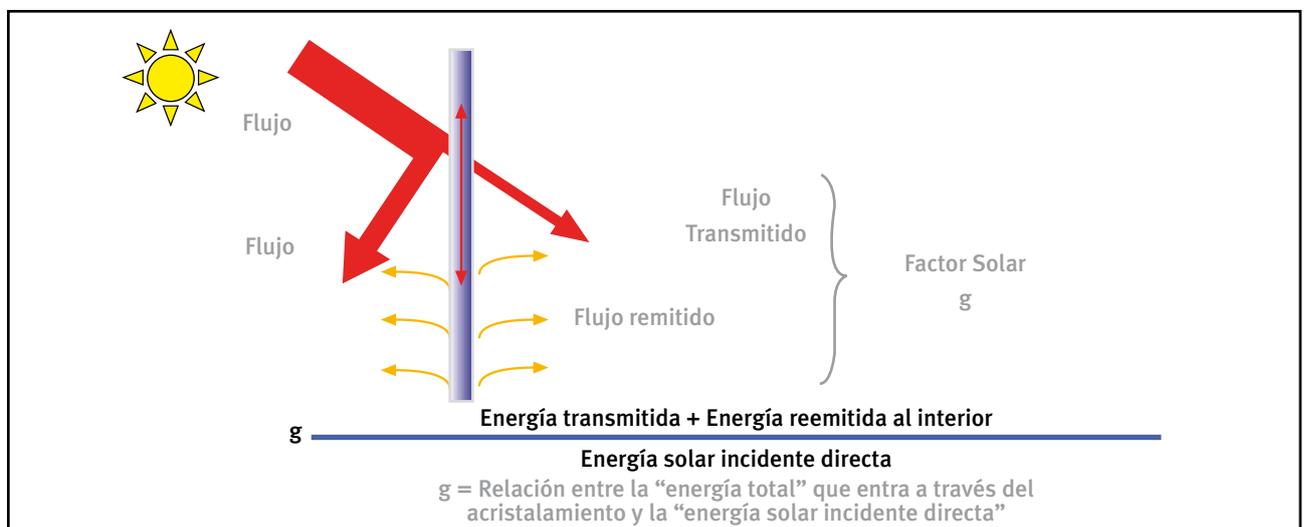


Gráfica 1: Relación entre la transmitancia con el ancho de cámara para distintas UVAs

La incorporación de vidrios de baja emisividad permite desde un primer momento alcanzar niveles de aislamiento imposibles por aumento de cámara.

Vidrio de control solar: pueden agruparse bajo esta denominación vidrios de muy distinta naturaleza: vidrios de color, serigrafiados o de capa. Si bien, es a estos últimos los que normalmente nos referimos como vidrios de control solar.

Las distintas capas y la posibilidad de aplicarse en distintos sustratos vítreos permite una amplia gama de posibilidades con diferentes estéticas y cuyas prestaciones en térmicas de control solar pueden variar desde valores de 0,10 para los más reflectantes hasta valores de 0,60 para los vidrios incoloros de aspecto neutro.



Aunque normalmente los vidrios de control solar se instalan en UVA para obtener una buena transmitancia térmica, en muchos casos pueden ser utilizados como vidrios monolíticos cuando la prioridad es la protección térmica frente a la radiación solar directa.

4.3 PROPIEDADES DEL HUECO

El hueco puede ser considerado como uno de los elementos más débiles desde el punto de vista del aislamiento térmico, permitiendo grandes fugas de calor en régimen de invierno y un exceso de aportes solares en régimen de verano que son necesarios compensar con gastos energéticos en calefacción o refrigeración, a fin de mantener los niveles de confort adecuados.

Las prestaciones térmicas del hueco estarán limitadas tanto por los materiales empleados como por su estado de conservación. El mal estado de los marcos, las sucesivas capas de pintura, descuadres y presencia de ranuras comprometen de tal forma la permeabilidad que las entradas de aire no deseado se traducen en cargas térmicas que es necesario compensar mediante consumos energéticos adicionales para evitar la pérdida de confort. Estos consumos adicionales conllevan

inevitablemente mayores emisiones de CO₂ y aumento de la factura energética.

La transmitancia térmica del hueco es directamente proporcional a las propiedades de los materiales y a la participación de los marcos y vidrios en el conjunto de la superficie del hueco. Así, el CTE propone para su cálculo la siguiente fórmula:

$$U_H = (1-FM) \cdot U_{H,V} + FM \cdot U_{H,m}$$

Siendo:

- $U_{H,v}$ La transmitancia térmica de la parte semi-transparente (W/m²K).
- $U_{H,m}$ La transmitancia térmica del marco de la ventana o lucernario, o puerta (W/m²K).
- FM La fracción del hueco ocupada por el marco.

La mayor participación del acristalamiento en la ventana hace que las ganancias producidas en la U del acristalamiento tengan mayor repercusión que aquellas alcanzadas por la misma ganancia sobre la U del marco. La siguiente tabla presenta los valores de transmitancia térmica global de hueco calculados para un 30% de área ocupada por el marco y 70% de superficie acristalada:

Transmitancia térmica del hueco (W/m²K)

Vidrio (70%)		Marco (30%)			
		Metálico U=5,7	Metálico RPT ⁵ U=4	Madera ⁶ U=2,5	PVC ⁷ U=1,8
Monolítico 4mm	U=5,7	5,7	5,2	4,7	4,5
4-6-4	U=3,3	4	3,5	3,0	2,8
4-12-4	U=2,9	3,7	3,2	2,7	2,5
4-6-4 bajo emisivo ⁸	U=2,5	3,5	3,0	2,5	2,3
4-12-4 bajo emisivo ⁸	U=1,7	2,9	2,4	1,9	1,7

⁵ Rotura de puente térmico entre 4 y 12 mm

⁶ Los marcos de madera se consideran de una densidad de 700 kg/m³

⁷ Los marcos de PVC se consideran de 3 cámaras

⁸ Vidrio de baja emisividad con $\epsilon \leq 0,03$

El factor solar del hueco, prescindiendo de elementos de sombreamiento como puedan ser retranqueos, voladizo, toldos o persianas, depende fundamentalmente del acristalamiento empleado y de la superficie ocupada de éste y en menor medida del material del marco. Su cálculo puede realizarse según la siguiente expresión recogida en el CTE:

$$F = (1-FM) \cdot g_{\perp} + FM \cdot 0,04 \cdot U_m \cdot \alpha$$

Siendo:

FM Fracción de marco sobre el total del hueco

g_{\perp} Factor solar del vidrio

U_m Transmitancia térmica del marco

α Absortividad del marco (función del color)

Si existen elementos de sombreamiento exterior deberá aplicarse un factor corrector, factor de sombra, tal y como recoge en el CTE, ya que los requisitos del CTE hacen referencia al factor solar modificado.

5

SOLUCIONES DE REHABILITACIÓN

Dadas las características constructivas, su fácil intervención y la repercusión que éste tiene sobre el aislamiento térmico de la envolvente del edificio, el cerramiento del hueco se presenta como el primer elemento a valorar técnica y económicamente a la hora de afrontar una rehabilitación térmica del edificio.

La intervención sobre los huecos, incorporando materiales de mejores prestaciones y correctamente instalados, es una de las mejores opciones por su rapidez, menores molestias para el usuario y un coste más eficaz.

A continuación se describen diferentes situaciones en función de los distintos puntos de partida y los beneficios alcanzados según las soluciones de rehabilitación llevadas a cabo, recogiendo estos datos en una tabla resumen:

5.1 CARPINTERÍA DE MADERA CON VIDRIO MONOLÍTICO

Solución constructiva con gran presencia en la arquitectura de los años 50 y anteriores. Normalmente presenta un mal estado de conservación, sobre todo cuanto más antigüedad posean. Estas carpinterías exigen un mantenimiento de pintura así como revisión y renovación de las juntas de estanqueidad (burlletes). Es habitual que debido al paso del tiempo y a operaciones de mantenimiento presenten una permeabilidad al aire excesiva, permitiendo entradas no deseadas. Suele tratarse de ventanas abatibles, aunque existan otros modelos (guillotina). El acristala-



miento habitual es con vidrio monolítico de poco espesor. En las horas más frías es normal que aparezcan condensaciones sobre el vidrio debido a su alta conductividad.

Puede considerarse un elemento muy sensible a la intervención y con grandes posibilidades de mejora, debido fundamentalmente a las entradas de aires y a la escasa contribución de este acristalamiento al conjunto del hueco.

Es necesario mencionar que actualmente existen carpinterías de madera de muy altas prestaciones en cuanto a permeabilidad al aire se refiere y que permiten la instalación de UVAs con vidrios de baja emisividad. En estas carpinterías el



mantenimiento suele verse reducido ya que hoy en día se utilizan maderas laminadas y tratadas que reducen significativamente las exigencias de mantenimiento.

En estas carpinterías es muy importante verificar que cuentan con los correspondientes drenajes de galce y marco, de forma que no se produzcan acumulaciones de agua que puede ser absorbida por la madera, pudiendo ocasionar el deterioro de carpintería y acristalamiento.

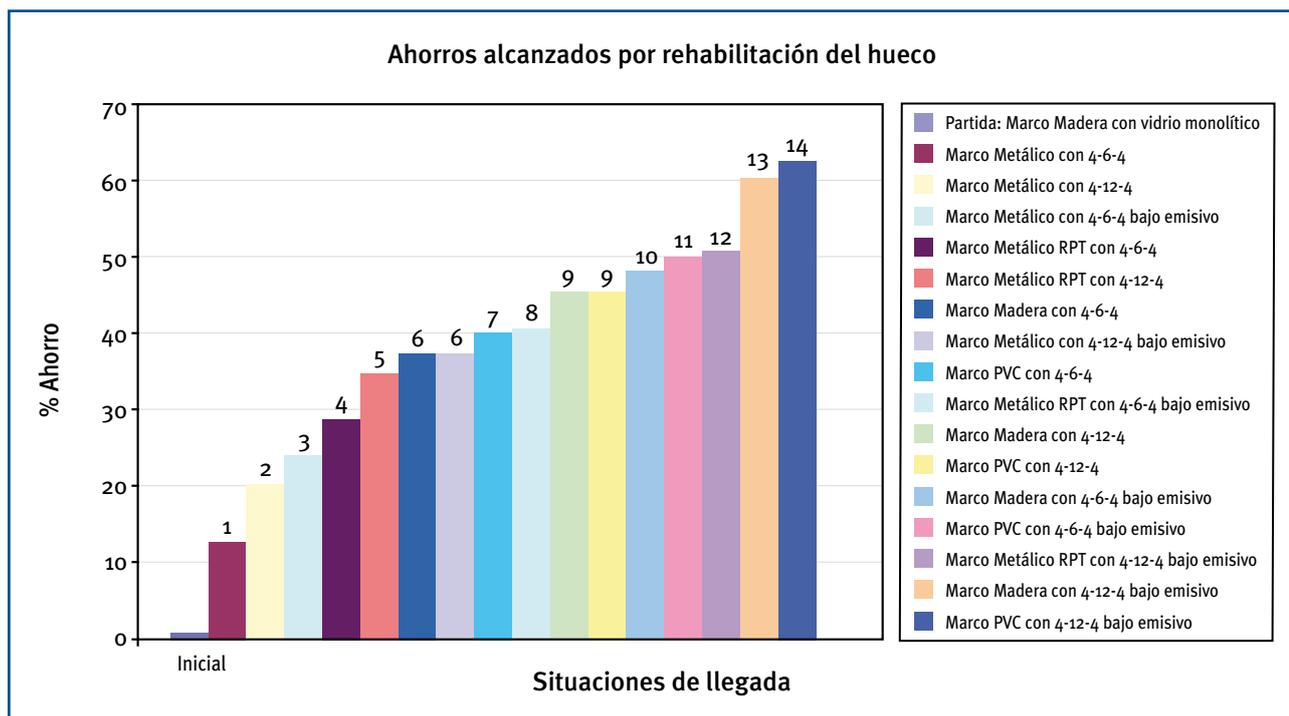
A continuación se muestran algunas de las intervenciones que aportan mejoras en las prestaciones térmicas:

Situación	Acristalamiento	Espesor cámara	Carpintería	Pérdidas (*) (%)	Ahorro (**) (%)
Inicial	Vidrio monolítico	-	Madera	100	0
1	Doble	6	Metálica	85	15
2	Doble	12	Metálica	79	21
3	Doble	6	Metálica RPT	74	26
3	Doble bajo emisivo	6	Metálica	74	26
4	Doble	12	Metálica RPT	68	32
5	Doble bajo emisivo	6	Metálica RPT	64	36
5	Doble	6	Madera	64	36
6	Doble bajo emisivo	12	Metálica	62	38
7	Doble	6	PVC	60	40
8	Doble	12	Madera	57	43
9	Doble	12	PVC	53	47
9	Doble bajo emisivo	6	Madera	53	47
10	Doble bajo emisivo	12	Metálico RPT	51	49
11	Doble bajo emisivo	6	PVC	49	51
12	Doble bajo emisivo	12	Madera	40	60
13	Doble bajo emisivo	12	PVC	36	64

(*) % de pérdidas energéticas a través del cerramiento tomando como referencia (100%) la situación inicial

(**) % de ahorros (reducción de pérdidas energéticas) logrados a través del cerramiento respecto a la situación inicial

Cálculos realizados para participación de 30% marco y 70% acristalamiento



5.2 CARPINTERÍA METÁLICA CON VIDRIO MONOLÍTICO

Esta carpintería ha sido ampliamente utilizada en los años 50 a 80 bajo diversas formas que van desde la carpintería de acero “Mondragón” hasta la ventanas correderas de aluminio en bruto, lacado o anodizado. El acristalamiento instalado sobre este tipo de carpintería continuó siendo el vidrio monolítico por lo que no aportaron mejoras en términos de aislamiento térmico.



Con estas carpinterías el sistema de apertura utilizado se reparte entre abatibles y correderas con una gran presencia de éstas últimas cuando hablamos de aluminio debido a su menor peso. Normalmente cuentan con perfiles estrechos y alta superficie acristalada.

Térmicamente presentan un comportamiento poco aislante debido a la propia conductividad del material metálico y, en el caso de las correderas, a los cierres y mecanismos de deslizamiento que permiten la entrada de aire y las fugas de calor. En la actualidad existen carpinterías correderas de alta gama que minimizan este efecto. Por otra parte, la alta conductividad del marco y vidrio favorece las condensaciones superficiales en la cara interior con las consecuentes patologías ligadas a humedades en metales y enlucidos interiores.

El uso reiterado, así como la facilidad de deformación del aluminio empleado normalmente en los mecanismos de las ventanas correderas, reduce significativamente el aislamiento ofrecido inicialmente. En estas carpinterías es importante vigilar su correcta ejecución tanto en las uniones de los perfiles como en los sistemas de drenaje de las posibles infiltraciones de agua.



Considerando la situación de las carpinterías descritas típicas de los años 50 a 80 encontramos el caso en el que mayores ventajas pueden

obtenerse mediante la sustitución de la ventana en su conjunto por otra cuyo marco presente menor U y dotándola de UVAs con vidrio de baja emisividad. La situación de partida es la más desfavorable térmicamente y por tanto cualquier intervención supone mejora. Algunas carpinterías metálicas, cuya permeabilidad al aire es buena, permiten la sustitución de vidrios monolíticos por UVAs con vidrio de baja emisividad. El impacto económico de esta intervención es muy reducido y permite alcanzar mejoras considerables en algunos casos.

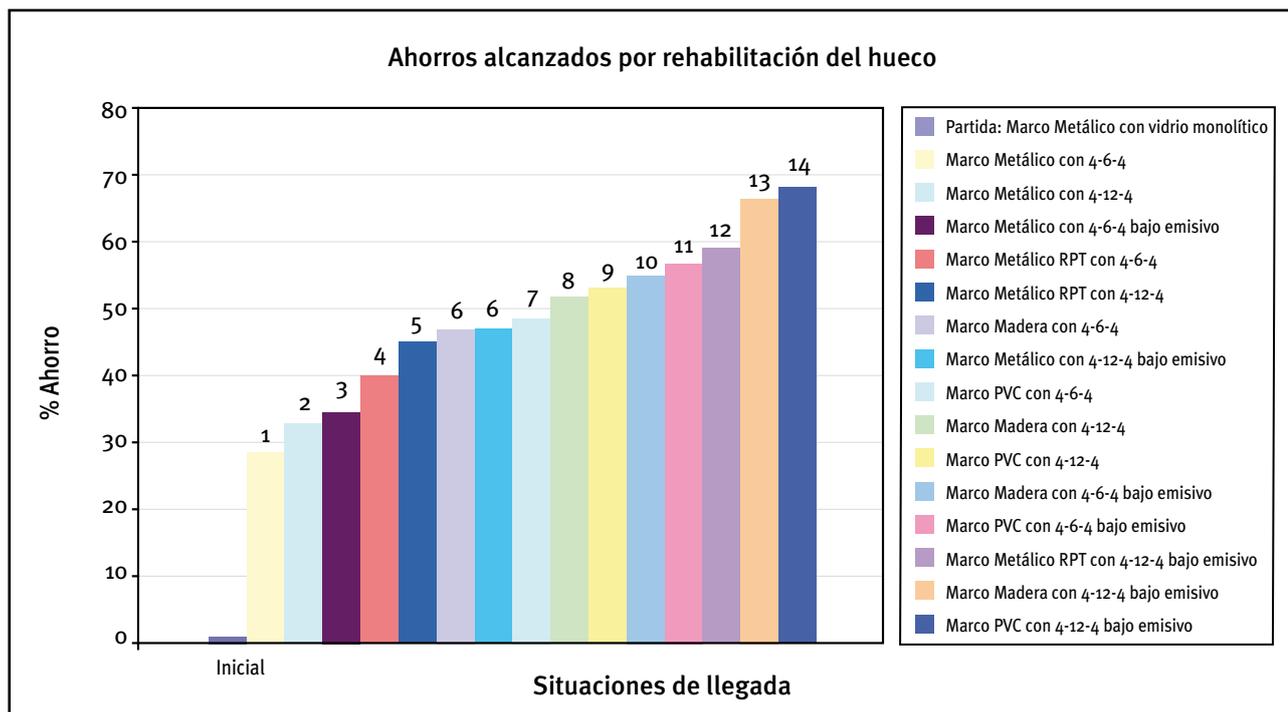
A continuación se muestran algunas de las intervenciones que aportan mejoras en las prestaciones térmicas:

Situación	Acristalamiento	Espesor cámara	Carpintería	Pérdidas (*) (%)	Ahorro (**) (%)
Inicial	Vidrio monolítico	-	Metálica	100	0
1	Doble	6	Metálica	70	30
2	Doble	12	Metálica	65	35
3	Doble	6	Metálica RPT	61	39
3	Doble bajo emisivo	6	Metálica	61	39
4	Doble	12	Metálica RPT	56	44
5	Doble bajo emisivo	6	Metálica RPT	53	47
5	Doble	6	Madera	53	47
6	Doble bajo emisivo	12	Metálica	51	49
7	Doble	6	PVC	49	51
8	Doble	12	Madera	47	53
9	Doble	12	PVC	44	56
9	Doble bajo emisivo	6	Madera	44	56
10	Doble bajo emisivo	12	Metálico RPT	42	58
11	Doble bajo emisivo	6	PVC	40	60
12	Doble bajo emisivo	12	Madera	33	67
13	Doble bajo emisivo	12	PVC	30	70

(*) % de pérdidas energéticas a través del cerramiento tomando como referencia (100%) la situación inicial

(**) % de ahorros (reducción de pérdidas energéticas) logrados a través del cerramiento respecto a la situación inicial

Cálculos realizados para participación de 30% marco y 70% acristalamiento



5.3 CARPINTERÍA METÁLICA CON DOBLE ACRISTALAMIENTO

Este tipo de cerramiento aparece como una variante del anterior y según su época puede corresponder con distintos niveles de prestaciones. En este grupo no se consideran aquellas carpinterías, que pueden considerarse de gama más alta, que están dotadas de Rotura de Puente Térmico (RPT). Al igual que en el caso anterior, los sistemas de apertura (abatibles, correderas,...) pueden condicionar fuertemente las prestaciones térmicas.

Tenemos que considerar dos situaciones de partida en función del acristalamiento instalado:

5.3.1 Carpintería metálica con doble acristalamiento banal

El acristalamiento considerado es el doble acristalamiento más banal, formado por vidrios incoloros clásicos separados por una cámara de aire. Su capacidad de aislamiento varía entre 3,3 y 2,9 W/m²K para cámaras de 6 y 12 mm, respectivamente. Valores menores de transmitancia térmica pueden alcanzarse con este tipo de UVA hasta alcanzar valores de



2,7 W/m²K ampliando la cámara hasta los 16 mm aproximadamente. El inconveniente que pueden presentar las UVAs con cámaras muy amplias es la doble reflexión de las imágenes, con lo que puede producirse un efecto de doble visión. Por

encima de valores de 16-17 mm de la cámara nos encontramos con ligeras pérdidas de aislamiento térmico por efecto de convección entre los dos vidrios.

Las UVAs compuestas por vidrios incoloros no aportan ninguna prestación significativa en términos de control solar, siendo su factor solar de $g = 0,75-0,70$ para espesores habituales de vidrio.

La primera y más fácil mejora que puede introducirse sobre este tipo de cerramientos es la sustitución de los acristalamientos por otros de igual espesor total y de mayores prestaciones térmicas. Es decir, sustituir un doble acristalamiento tradicional por otro de igual composición de espesores pero dotado de vidrio neutro de baja emisividad. La reducción en la transmitancia del vidrio oscilará entre 25% para una cámara de 6 mm y 40% para la de 12 mm. El límite se

alcanzará para cámaras rellenas de aire en torno a los 16 mm con una $U = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$, teniendo en cuenta el efecto óptico mencionado. La mejora alcanzada en el cerramiento será proporcional a la superficie acristalada (ver punto 4.3 - Cálculo de UH) y función del marco existente.

La incorporación del vidrio bajo emisivo aporta complementariamente una reducción del factor solar del acristalamiento que puede variar sensiblemente y alcanzar valores próximos al 0,4, con los consiguientes ahorros en régimen de verano.

Esta es la medida más lógica y de menor coste, tanto económico como en facilidad y rapidez de ejecución.

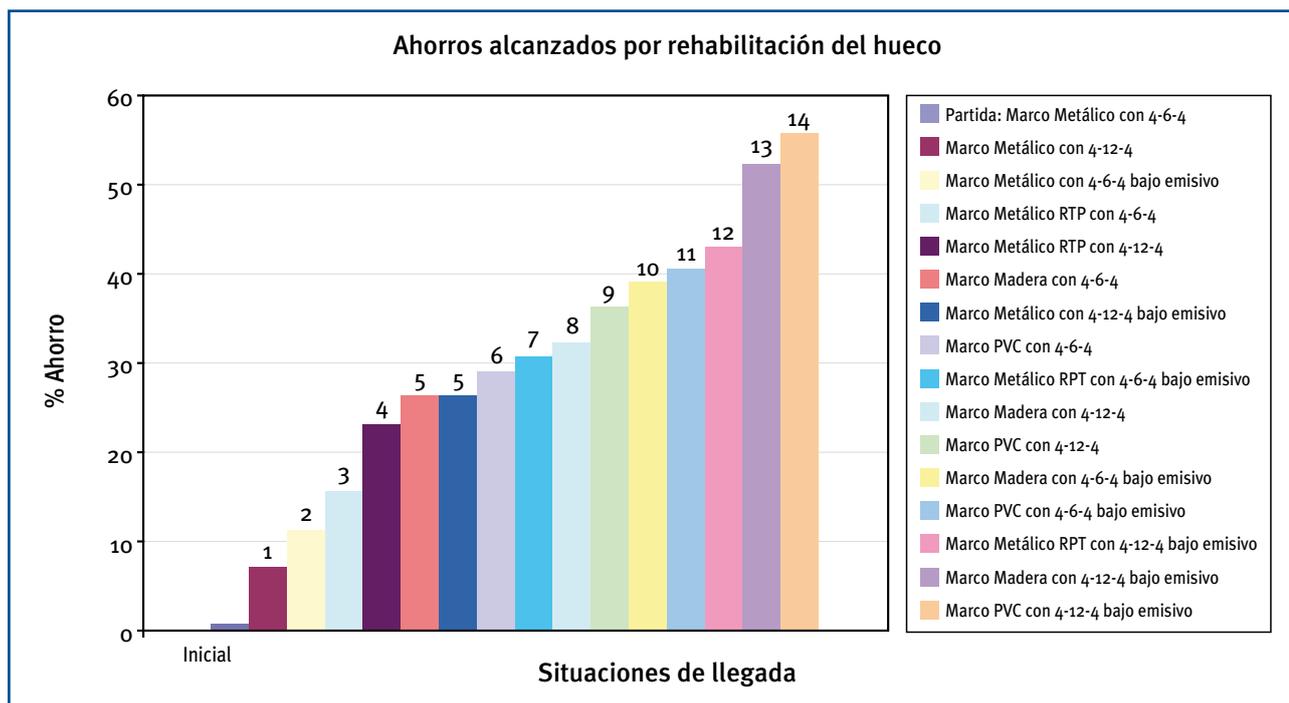
A continuación se muestran algunas de las intervenciones que aportan mejoras en las prestaciones térmicas:

Situación	Acristalamiento	Espesor cámara	Carpintería	Pérdidas (*) (%)	Ahorro (**) (%)
Inicial	Doble	6	Metálica	100	0
1	Doble	12	Metálica	93	8
2	Doble	6	Metálica RPT	88	13
2	Doble bajo emisivo	6	Metálica	88	13
3	Doble	12	Metálica RPT	80	20
4	Doble bajo emisivo	6	Metálica RPT	75	25
4	Doble	6	Madera	75	25
5	Doble bajo emisivo	12	Metálica	73	28
6	Doble	6	PVC	70	30
7	Doble	12	Madera	68	33
8	Doble	12	PVC	63	38
8	Doble bajo emisivo	6	Madera	63	38
9	Doble bajo emisivo	12	Metálico RPT	60	40
10	Doble bajo emisivo	6	PVC	58	43
11	Doble bajo emisivo	12	Madera	48	53
12	Doble bajo emisivo	12	PVC	43	58

(*) % de pérdidas energéticas a través del cerramiento tomando como referencia (100%) la situación inicial

(**) % de ahorros (reducción de pérdidas energéticas) logrados a través del cerramiento respecto a la situación inicial

Cálculos realizados para participación de 30% marco y 70% acristalamiento



5.3.2 Carpintería metálica con doble acristalamiento bajo emisivo

Cuando el acristalamiento instalado ya es un vidrio de baja emisividad, si el objetivo es alcanzar mayores reducciones, será necesario intervenir sobre el marco.

Llegados a este punto es necesario analizar si el marco permite la instalación de acristalamientos con mayor cámara y si fuese así, proceder al cambio del doble acristalamiento de baja emisividad por otro de mayor espesor en la cámara y manteniendo la incorporación al mismo de un vidrio de baja emisividad.

Valoración del valor de U respecto al espesor de cámara

Composición	U (W/m ² K)
4-6-4	2,5
4-8-4	2,1
4-10-4	1,8
4-12-4	1,7
4-16-4	1,4

Nota: el cálculo de los valores de U está hecho para vidrio bajo emisivo con una emisividad de $\epsilon \leq 0,03$

Las mejoras alcanzables en la U del acristalamiento quedan reflejadas en la tabla anterior.

Estas mejoras tienen que integrarse en el cálculo total del U del hueco, que será función del porcentaje de participación de vidrio y marco. Esta actuación es prácticamente igual de sencilla que la del punto anterior.

Si la intervención sobre el marco para lograr la sustitución del acristalamiento con vidrio bajo emisivo por otro de similar producto y mayor cámara no fuese posible, la rehabilitación deberá contemplar el cambio del conjunto del cerramiento sustituyendo el marco por otro de mejores prestaciones. Normalmente el acristalamiento no será reutilizable y será precisa su sustitución. En este caso debe valorarse la instalación de un marco de mejores prestaciones que el existente (metálico con RPT, madera, PVC,...) teniendo en cuenta su sistema de apertura y su estanqueidad, así como prever un acristalamiento con vidrio bajo emisivo y cámara generosa.

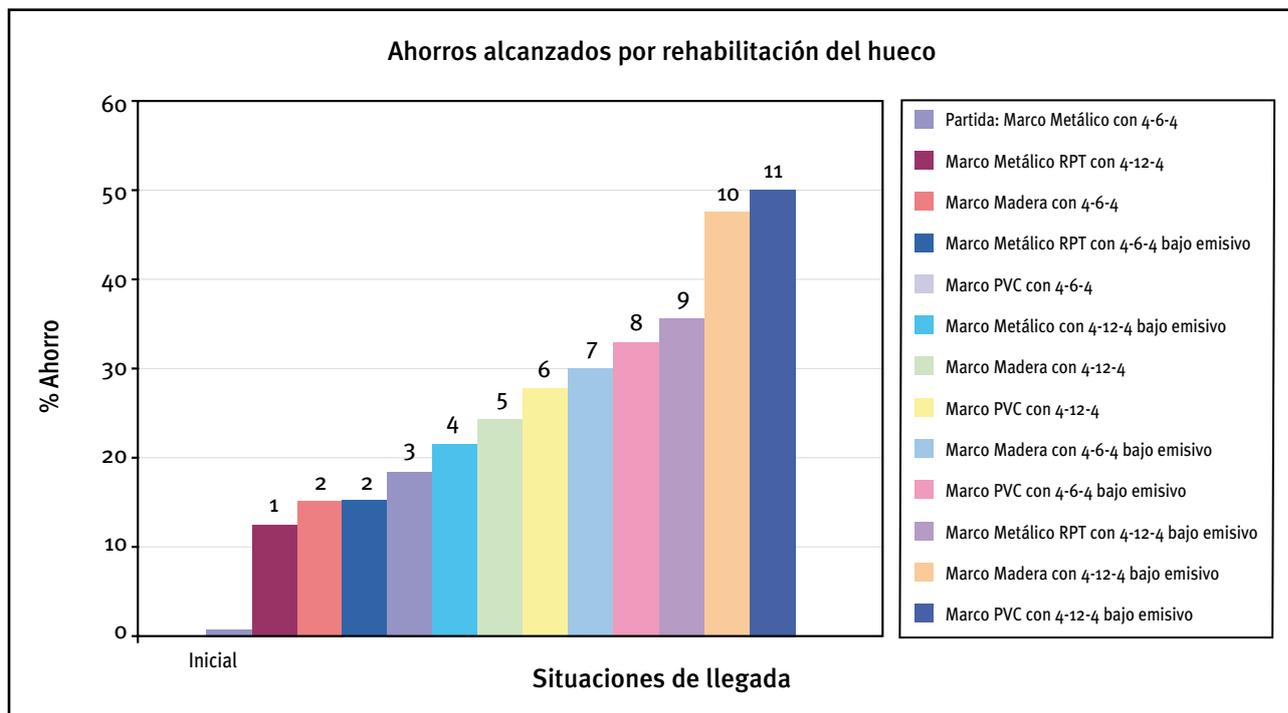
A continuación se muestran algunas de las intervenciones que aportan mejoras en las prestaciones térmicas:

Situación	Acristalamiento	Espesor cámara	Carpintería	Pérdidas (*) (%)	Ahorro (**) (%)
Inicial	Doble bajo emisivo	6	Metálica	100	0
1	Doble	12	Metálica RPT	91	9
2	Doble bajo emisivo	6	Metálica RPT	86	14
2	Doble	6	Madera	86	14
3	Doble bajo emisivo	12	Metálica	83	17
4	Doble	6	PVC	80	20
4	Doble	12	Madera	77	23
5	Doble	12	PVC	71	29
6	Doble bajo emisivo	6	Madera	71	29
7	Doble bajo emisivo	12	Metálico RPT	69	31
8	Doble bajo emisivo	6	PVC	66	34
8	Doble bajo emisivo	12	Madera	54	46
9	Doble bajo emisivo	12	PVC	49	51

(*) % de pérdidas energéticas a través del cerramiento tomando como referencia (100%) la situación inicial

(**) % de ahorros (reducción de pérdidas energéticas) logrados a través del cerramiento respecto a la situación inicial

Cálculos realizados para participación de 30% marco y 70% acristalamiento



5.4 CARPINTERÍA METÁLICA RPT Y DOBLE ACRISTALAMIENTO



Esta tipología de cerramiento aparece en la edificación hacia los años 1990 como mejora en el comportamiento térmico de las carpinterías metálicas. Suelen ser carpinterías de mayor espesor y dotadas de buenos sistemas de apertura y cierre, no siendo habitual el sistema de corredera. Su

comportamiento frente a la permeabilidad puede considerarse como de elevadas prestaciones.

Normalmente están acristaladas con UVAs, en su mayor parte formadas por vidrio banal, aunque es cierto que, dado que habitualmente se trata de carpinterías de un cierto nivel prestacional, existe un importante porcentaje dotado de vidrio bajo emisivo.

La posible intervención estará condicionada por la posibilidad de modificar el espesor de la cámara del vidrio o su sustitución.

5.4.1 Carpintería metálica RPT con doble acristalamiento banal

En este caso la actuación de rehabilitación térmica en aquellas ubicaciones que lo aconsejen supone exclusivamente, como en el apartado 5.3.1, reemplazar el doble acristalamiento existente por uno de igual cámara dotado de vidrio de baja emisividad. Las ganancias pueden ser significativas dado el alto porcentaje de participación del acristalamiento en el hueco.

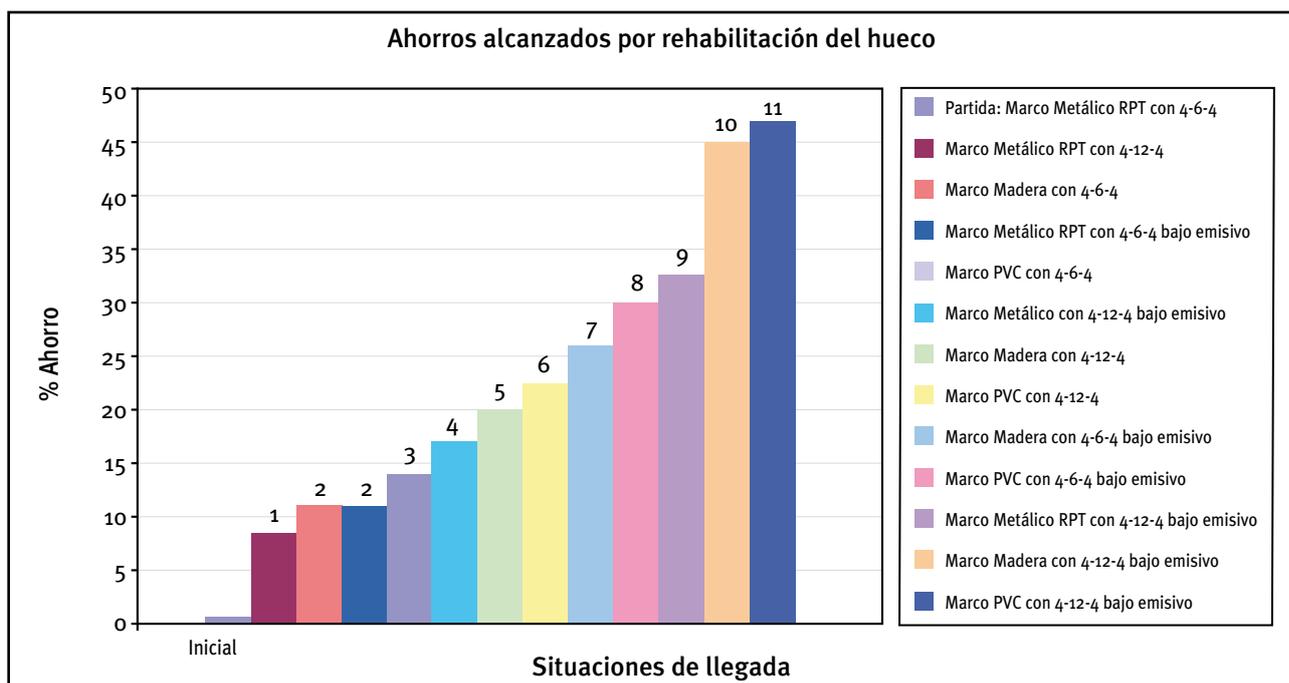
A continuación se muestran algunas de las intervenciones que aportan mejoras en las prestaciones térmicas:

Situación	Acristalamiento	Espesor cámara	Carpintería	Pérdidas (*) (%)	Ahorro (**) (%)
Inicial	Doble	6	Metálica RPT	100	0
1	Doble	12	Metálica RPT	91	9
2	Doble bajo emisivo	6	Metálica RPT	86	14
2	Doble	6	Madera	86	14
3	Doble bajo emisivo	12	Metálica	83	17
4	Doble	6	PVC	80	20
5	Doble	12	Madera	77	23
6	Doble	12	PVC	71	29
6	Doble bajo emisivo	6	Madera	71	29
7	Doble bajo emisivo	12	Metálico RPT	69	31
8	Doble bajo emisivo	6	PVC	66	34
9	Doble bajo emisivo	12	Madera	54	46
10	Doble bajo emisivo	12	PVC	49	51

(*) % de pérdidas energéticas a través del cerramiento tomando como referencia (100%) la situación inicial

(**) % de ahorros (reducción de pérdidas energéticas) logrados a través del cerramiento respecto a la situación inicial

Cálculos realizados para participación de 30% marco y 70% acristalamiento



5.4.2 Carpintería metálica RPT con doble acristalamiento bajo emisivo

Las carpinterías metálicas de RPT dotadas con doble acristalamiento bajo emisivo corresponden a una tipología de alta gama, normalmente presentes en edificaciones modernas, de menos de 10 años, y en las que ya se ha considerado la incorporación de elementos térmicamente adecuados. Su acristalamiento, además de incorporar vidrios de baja emisividad, lo hacen con espesores de cámara medios y altos.

Dado que se parte de cámaras amplias y que no suele ser posible la modificación de la anchura del galce las mejoras posibles que en ellas pueden realizarse son limitadas y suelen conllevar un coste que es necesario analizar para cada situación. Su mejora solo estará justificada en aquellas regiones donde la climatología en régimen de invierno así lo aconseje.

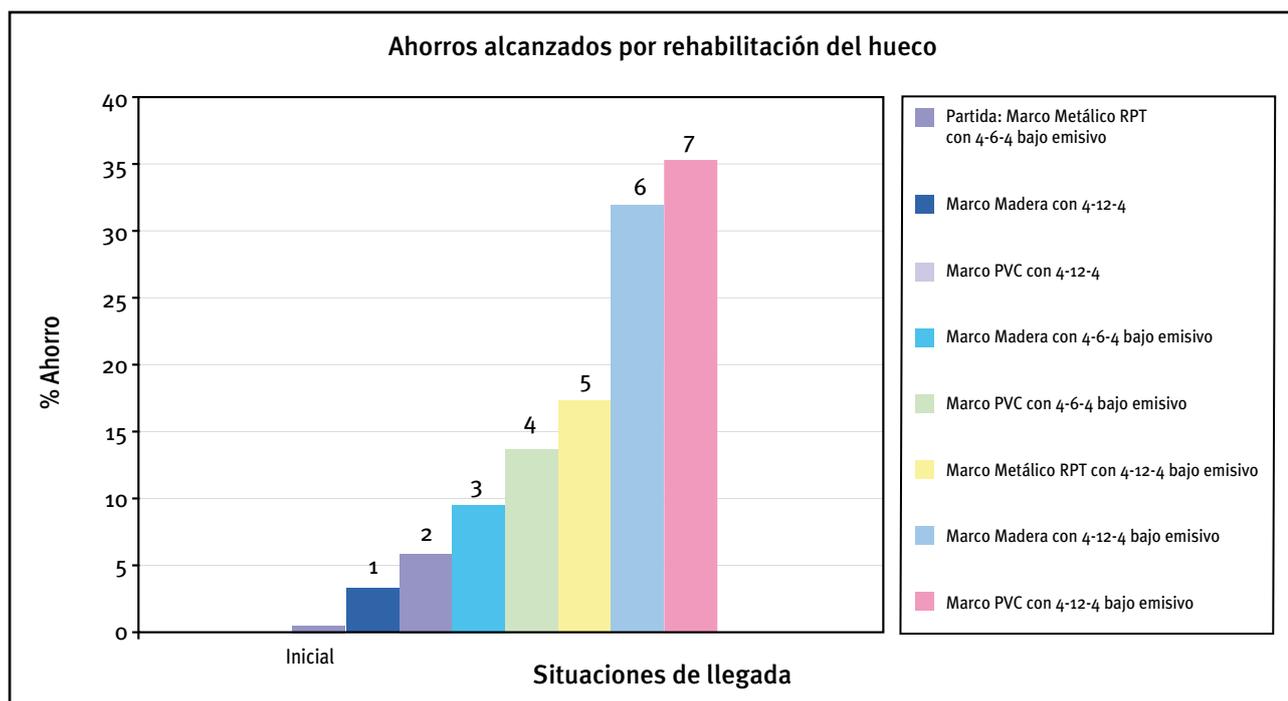
A continuación se muestran algunas de las intervenciones que aportan mejoras en las prestaciones térmicas:

Situación	Acristalamiento	Espesor cámara	Carpintería	Pérdidas (*) (%)	Ahorro (**) (%)
Inicial	Doble bajo emisivo	6	Metálica RPT	100	0
1	Doble bajo emisivo	12	Metálica	97	3
2	Doble	6	PVC	93	7
3	Doble	12	Madera	90	10
4	Doble	12	PVC	83	17
4	Doble bajo emisivo	6	Madera	83	17
5	Doble bajo emisivo	12	Metálico RPT	80	20
6	Doble bajo emisivo	6	PVC	77	23
7	Doble bajo emisivo	12	Madera	63	37
8	Doble bajo emisivo	12	PVC	57	43

(*) % de pérdidas energéticas a través del cerramiento tomando como referencia (100%) la situación inicial

(**) % de ahorros (reducción de pérdidas energéticas) logrados a través del cerramiento respecto a la situación inicial

Cálculos realizados para participación de 30% marco y 70% acristalamiento



5.5 CARPINTERÍA DE MADERA CON DOBLE ACRISTALAMIENTO

La carpintería de madera dotada de doble acristalamiento existente hoy en día en el parque edificatorio suele corresponder con marcos de media y alta calidad, salvo intervenciones realizadas sobre marcos antiguos que corresponderían con la situación presentada en el apartado 5.1.

Normalmente corresponden con sistemas de apertura abatibles y/o oscilobatiente, dotadas de buenos sistemas de cierre que permiten altas prestaciones en términos de permeabilidad.

La situación más corriente que podemos encontrar es la de marcos de madera dotados de doble acristalamiento banal, si bien, como en el caso anterior, cada vez la presencia de estos marcos conjuntamente con acristalamientos bajo emisivos es mayor.

5.5.1 Carpintería de madera con doble acristalamiento banal

Como en el caso 5.3.1, la intervención más sencilla, fácil, rápida y económica es la renovación de los acristalamientos, procediendo a su cambio por otros dotados de vidrio bajo emisivo. Esta operación puede aprovecharse para instalar,



dentro de los límites mencionados, el acristalamiento con UVAs de la mayor cámara que permita el alojamiento en el marco.

Las ganancias aportadas por el cambio de acristalamiento son las mismas que están recogidas en la tabla del apartado 5.3.1, si bien su influencia sobre el conjunto del aislamiento del hueco es función del % de marco y de la U del material del mismo.

Es importante señalar que la mejora obtenida por la incorporación de vidrio de baja emisividad es notablemente superior a la alcanzada por aumento de la cámara (ver gráfica 1 de apartado 4.2 propiedades del vidrio).

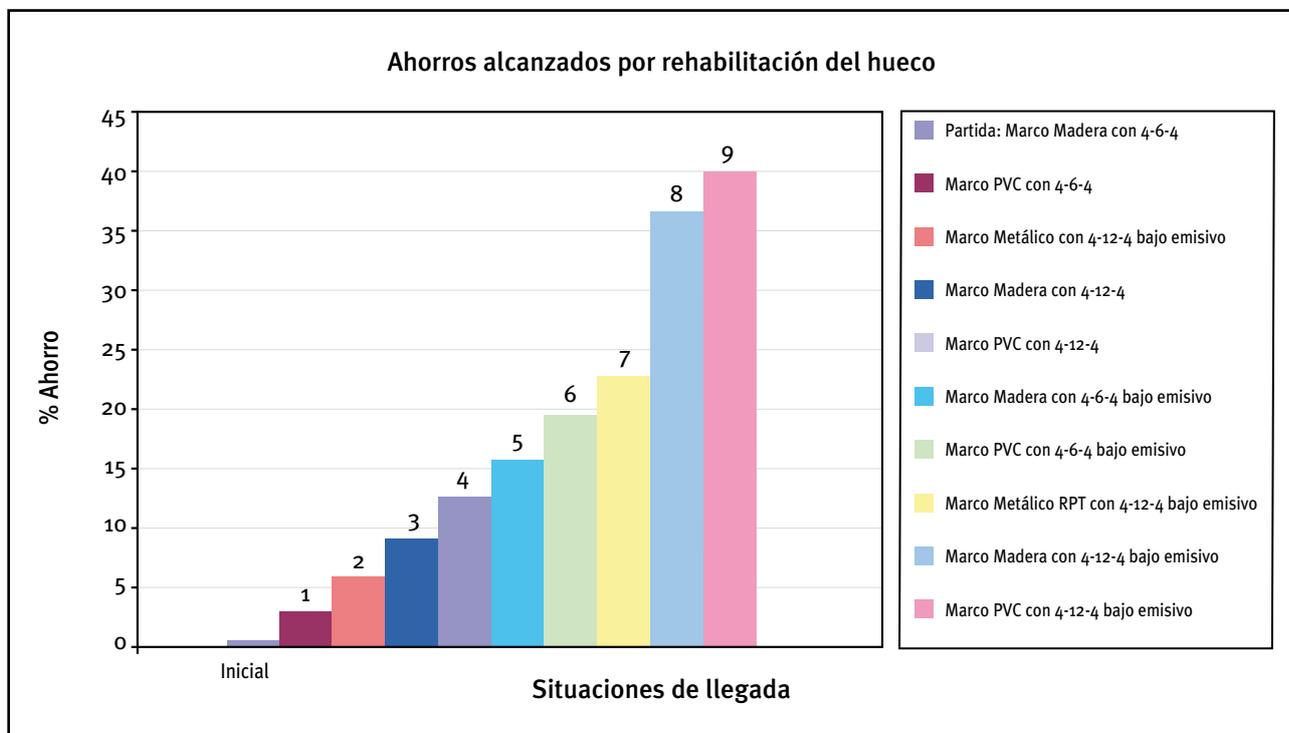
A continuación se muestran algunas de las intervenciones que aportan mejoras en las prestaciones térmicas:

Situación	Acristalamiento	Espesor cámara	Carpintería	Pérdidas (*) (%)	Ahorro (**) (%)
Inicial	Doble	6	Madera	100	0
1	Doble bajo emisivo	12	Metálica	97	3
2	Doble	6	PVC	93	7
3	Doble	12	Madera	90	10
3	Doble	12	PVC	83	17
4	Doble bajo emisivo	6	Madera	83	17
5	Doble bajo emisivo	12	Metálico RPT	80	20
6	Doble bajo emisivo	6	PVC	77	23
7	Doble bajo emisivo	12	Madera	63	37
8	Doble bajo emisivo	12	PVC	57	43

(*) % de pérdidas energéticas a través del cerramiento tomando como referencia (100%) la situación inicial

(**) % de ahorros (reducción de pérdidas energéticas) logrados a través del cerramiento respecto a la situación inicial

Cálculos realizados para participación de 30% marco y 70% acristalamiento



5.5.2 Carpintería de madera con doble acristalamiento bajo emisivo



La situación presentada en este apartado es paralela a la del apartado 5.3.2, si bien es cierto que normalmente los marcos de madera ofrecen mayores posibilidades a la hora de aumentar la capacidad del galce. Si esto es posible la intervención es limpia y rápida. Dadas las prestaciones de este tipo de carpintería será necesario valorar muy finamente los beneficios logrados.

Puede decirse que para un estado normal de conservación de los marcos la situación térmica es buena. Su mejora estará justificada en aquellas regiones donde la climatología en régimen de invierno así lo aconseje.

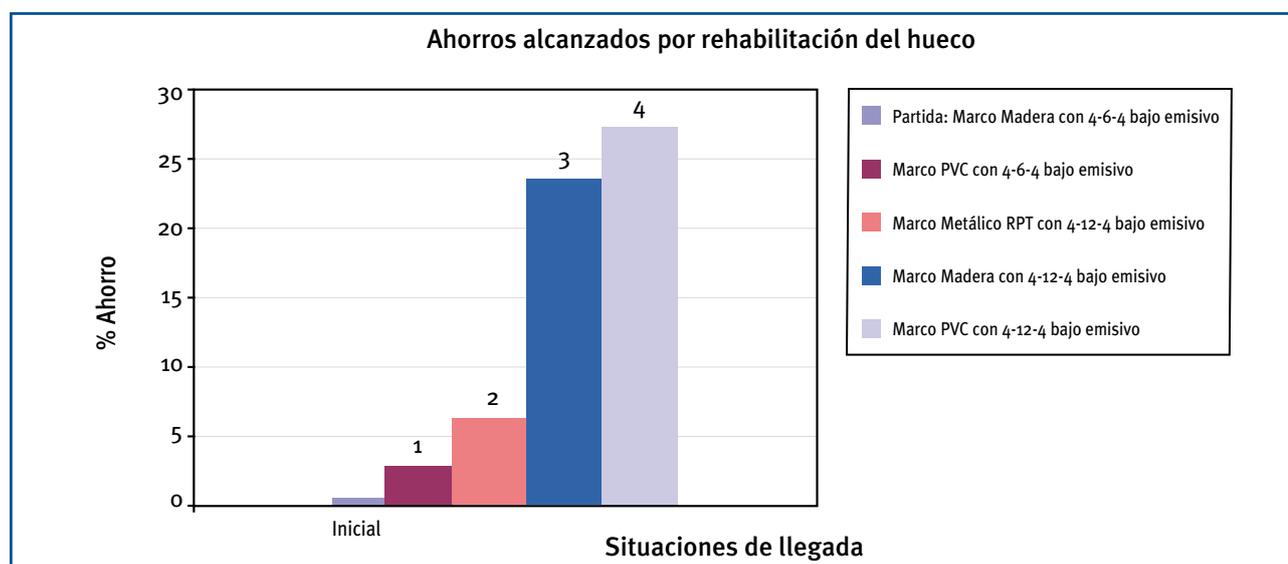
A continuación se muestran algunas de las intervenciones que aportan mejoras en las prestaciones térmicas:

Situación	Acristalamiento	Espesor cámara	Carpintería	Pérdidas (*) (%)	Ahorro (**) (%)
Inicial	Doble bajo emisivo	6	Madera	100	0
1	Doble bajo emisivo	12	Metálico RPT	96	4
2	Doble bajo emisivo	6	PVC	92	8
3	Doble bajo emisivo	12	Madera	76	24
4	Doble bajo emisivo	12	PVC	68	32

(*) % de pérdidas energéticas a través del cerramiento tomando como referencia (100%) la situación inicial

(**) % de ahorros (reducción de pérdidas energéticas) logrados a través del cerramiento respecto a la situación inicial

Cálculos realizados para participación de 30% marco y 70% acristalamiento

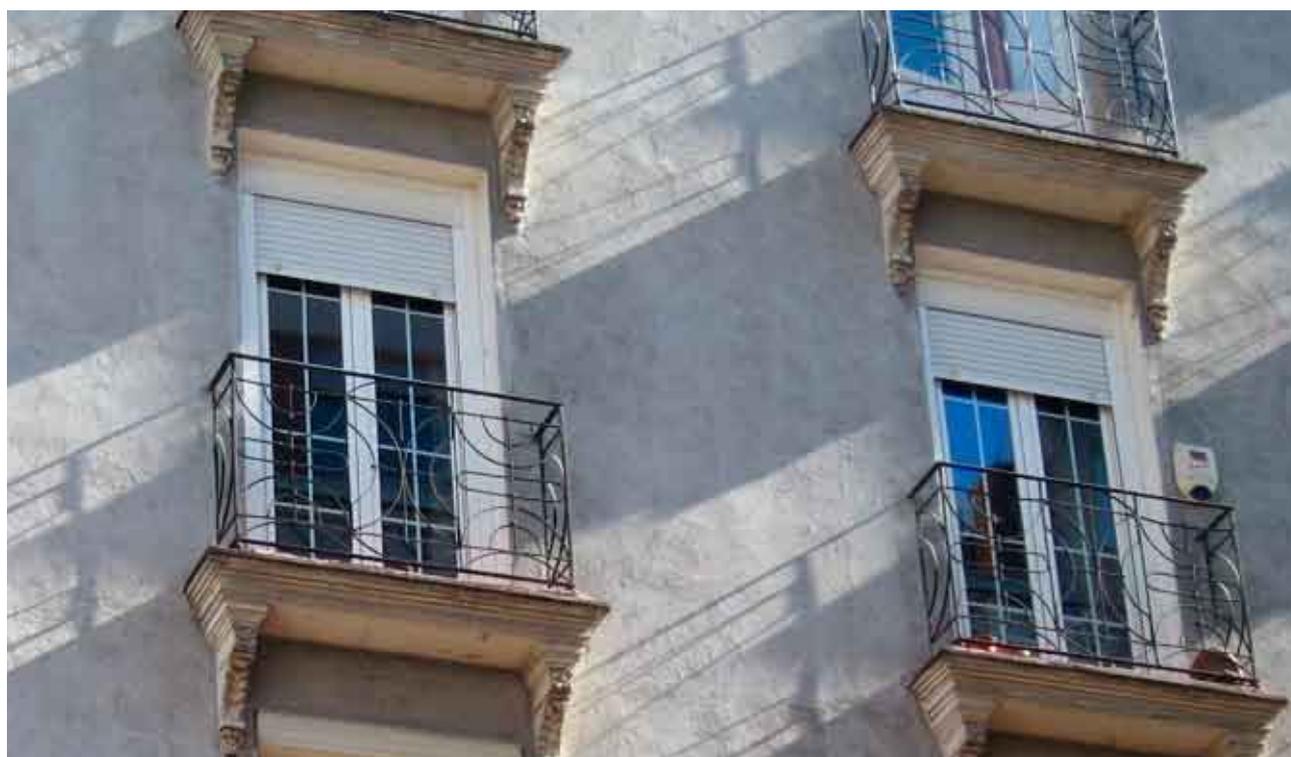


5.6 CARPINTERÍA DE PVC 3 CÁMARAS Y DOBLE ACRISTALAMIENTO

Las carpinterías de PVC, aunque están presentes en el mercado desde hace muchos años, han evolucionado significativamente y hoy en día nos ofrecen prestaciones y calidades muy superiores a las de sus inicios. En el mercado coexisten diferentes sistemas entre los que diferenciamos

los de 2 y 3 cámaras. Como solución de rehabilitación térmica consideramos únicamente las últimas, ya que presentan un mejor comportamiento térmico.

Independientemente de las variantes estéticas suelen corresponder, como en el caso de las metálicas con RPT, a cerramientos dotados de UVAs banales o dotados de vidrios de baja emisividad.



5.6.1 Carpintería de PVC 3 cámaras y doble acristalamiento banal

La única posibilidad de mejora real en este tipo de cerramiento pasa por la sustitución de la UVA banal por otra que incorpore el vidrio de baja emisividad. Vuelve a presentarse en este caso una solución económica, rápida y eficiente.

Las mejoras aportadas serán función del acristalamiento de partida y de la situación final, pudiendo tomarse los valores de referencia in-

dicados en el apartado 5.3.1 y posteriormente aplicarlos al marco en estudio.

El aumento de la cámara no suele ser fácil pero tampoco imposible, ya que determinados sistemas permiten la modificación de la anchura del galce mediante cambio de los junquillos, en estas situaciones y con las limitaciones mencionadas en los apartados anteriores.

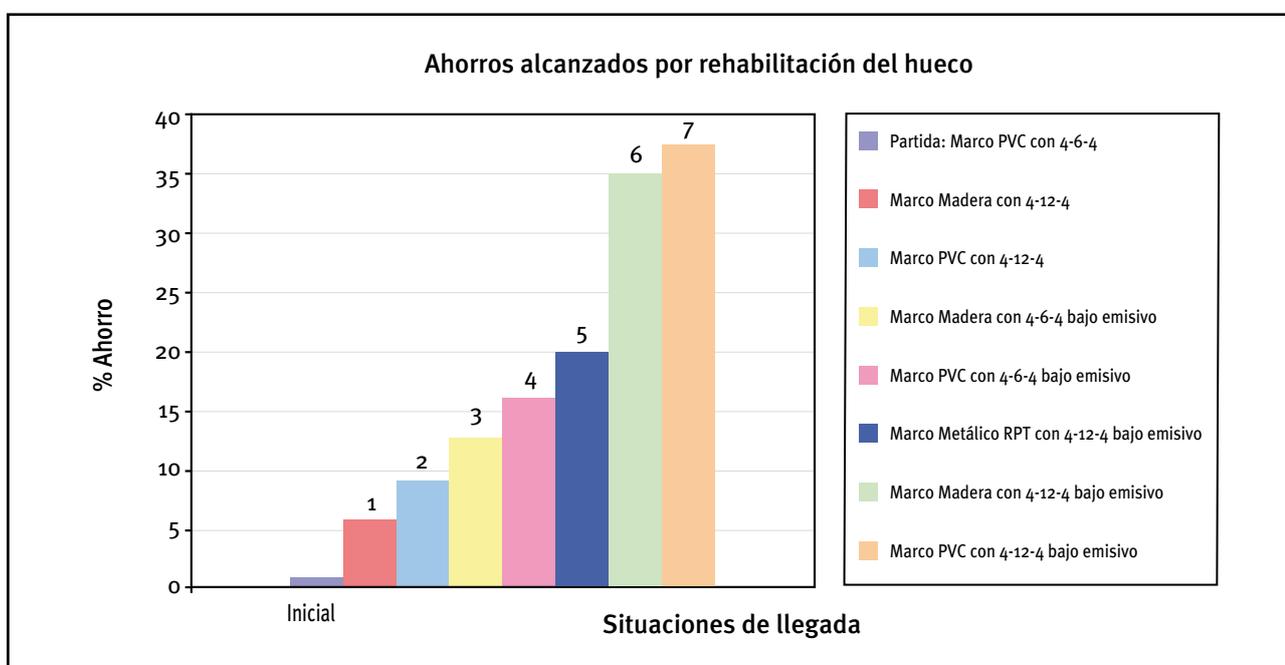
A continuación se muestran algunas de las intervenciones que aportan mejoras en las prestaciones térmicas:

Situación	Acristalamiento	Espesor cámara	Carpintería	Pérdidas (*) (%)	Ahorro (**) (%)
Inicial	Doble	6	PVC	100	0
1	Doble	12	PVC	89	11
2	Doble bajo emisivo	6	Madera	89	11
2	Doble bajo emisivo	12	Metálico RPT	86	14
3	Doble bajo emisivo	6	PVC	82	18
4	Doble bajo emisivo	12	Madera	68	32
5	Doble bajo emisivo	12	PVC	61	39

(*) % de pérdidas energéticas a través del cerramiento tomando como referencia (100%) la situación inicial

(**) % de ahorros (reducción de pérdidas energéticas) logrados a través del cerramiento respecto a la situación inicial

Cálculos realizados para participación de 30% marco y 70% acristalamiento



5.6.2 Carpintería de PVC 3 cámaras y doble acristalamiento bajo emisivo

Hoy por hoy, y dados los valores de transmitancia térmica de los marcos y su capacidad para alojar espesores elevados de cámara, las carpinterías de PVC de tres cámaras dotadas de UVAs que incluyan vidrios de baja emisivi-

dad constituyen los cerramientos con mejor comportamiento térmico, sin descartar series de perfiles de otros materiales que presenten igual U.

Por tanto no son objeto de esta guía en términos de punto de partida de la rehabilitación sino como una de las posibles situaciones finales.

6

VENTAJAS / RECOMENDACIONES

Cualquier ocasión puede aprovecharse para mejorar el aislamiento térmico de los huecos, siendo una de las soluciones más eficaces tanto por los beneficios alcanzados como por la facilidad y rapidez de la actuación.

El coste de la operación de rehabilitación es muy variable en función de los elementos que se vean afectados. Aquellos casos en los que únicamente se procede a la sustitución de un acristalamiento por otro de mayores prestaciones son soluciones muy económicas y de aplicación muy sencilla. Tanto como lo es reponer un acristalamiento roto.

Las principales ventajas de mejora de la eficiencia energética de la envolvente a través de la rehabilitación de huecos mediante las soluciones aportadas pueden ser entre otras:

- Reducción de la factura energética de cada usuario y consecuentemente del conjunto; lo que conlleva a la amortización de la intervención en los años posteriores a la misma.
- Mejora del confort térmico, a igualdad de consumo.
- Ayuda a la reducción de emisiones de CO₂ contribuyendo a la reducción de efecto invernadero y a la conservación del medio ambiente.
- Reducción de las entradas no deseadas de aire a través del cerramiento.
- A nivel de vivienda unifamiliar puede aplicarse a huecos y orientaciones más desfavorables (orientación norte).

- Reducción de las condensaciones superficiales, interiores a la vivienda, y de aquellas patologías ligadas a las mismas.
- Pueden alcanzarse mejoras en el comportamiento acústico cuando se eliminan marcos en mal estado.
- La actuación sobre el hueco puede realizarse gradualmente con intervención sucesiva sobre los distintos huecos de un edificio, por lo que el coste puede ser fraccionado.
- Esta intervención puede ser limpia y rápida en función de los elementos afectados.
- Esta rehabilitación de un edificio en bloque puede asumirse en términos individuales por el propietario de cada vivienda.
- Esta rehabilitación no supone una pérdida de la superficie útil de la vivienda.
- Puede ser aprovechada para recuperar la uniformidad de estética de las fachadas de un edificio.

Cuando proyecte una rehabilitación térmica de los huecos de una edificación le recomendamos:

- Informarse en cada CCAA sobre las ayudas y subvenciones que la administración pone a disposición de los usuarios para la rehabilitación...(IDAE).
- Instalar vidrios bajo emisivos antes que aumentar el espesor de la cámara, ya que la reducción de U es mucho mayor y se evitan dobles imágenes por reflexión. Los vidrios de baja emisividad son siempre favorables en términos de reducción de transmitancia térmica ofreciendo mayor

aislamiento frente a diferencia de temperaturas. La orientación Norte es siempre favorable a este tipo de acristalamiento, ya que no recibe radiación solar directa.

- En la instalación de la doble ventana es importante prever el mantenimiento de la misma y en consecuencia las dimensiones y sistemas instalados (CTE DB-SU: Documento Básico de Seguridad de Uso).
- Aproveche la ocasión para valorar otras prestaciones de los cerramientos, como son: acústica, control solar, seguridad, mantenimiento, etc.
- La instalación de una doble ventana puede ser una solución tan válida como la equivalente de las mencionadas en esta guía, permitiendo acometer la mejora sin necesidad de modificar los paramentos. En este caso deben valorarse las necesidades de acristalamientos específicos en función de la orientación de los mismos y la presencia de persianas entre las dos ventanas.
- Cuando tenga previsto realizar mejoras de mantenimiento en la vivienda tales como renovación de alicatados, enlucidos o pinturas, valore la oportunidad de proceder al cambio de los cerramientos de los huecos con ocasión de los trabajos previstos.
- Cualquier actuación de rehabilitación térmica sobre la parte ciega de la envolvente del edificio (muros de fachada) debe considerar la actuación simultánea sobre los huecos.
- Si se considera la actuación de incorporar terrazas a la vivienda es una ocasión inmejorable para dotarlas del aislamiento térmico oportuno, tanto en los marcos y los paneles opacos como en los acristalamientos. El sobrecoste será únicamente el debido a la mejora de materiales, mientras que posteriores actuaciones de mejora conllevarán costes de derribo y nueva instalación adicionales a los ya realizados.
- Asesórese con profesionales especializados, compare distintas soluciones de marco y acristalamiento y solicite la documentación y certificados de producto oportunos.
- Las soluciones contenidas en esta guía (vidrios bajo emisivos, carpinterías de RPT, diferentes sistemas apertura,...) son soluciones habituales en el mercado y disponibles en los plazos normales de suministro. Solicite información a diferentes proveedores. En caso de dudas contacte con los fabricantes.
- Siempre es aconsejable optar por productos de marcas de calidad voluntarias que avalan la calidad del producto por terceras partes, así como ensayos sobre el producto y procedimientos de fabricación conforme con la normativa vigente.

7

EJEMPLO

En este apartado se analizan los diferentes comportamientos energéticos de un mismo edificio en situación sin aislamiento térmico y con rehabilitación térmica de la envolvente.

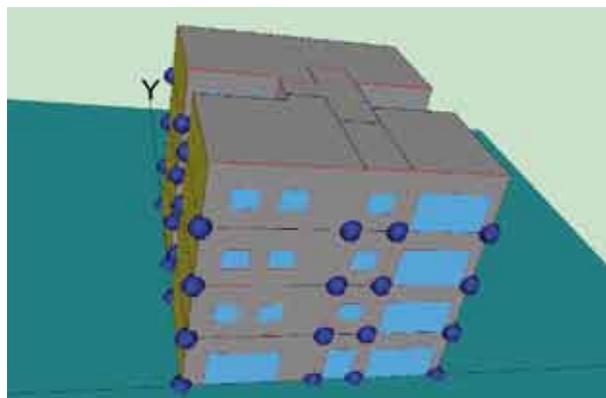
Para establecer una comparación equitativa se ha utilizado el programa oficial de calificación energética CALENER-VYP que facilita el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio para la certificación energética de los edificios de viviendas. El procedimiento ha consistido en introducir en el programa, en primer lugar, los datos que describen al edificio **sin aislamiento en la situación de partida** y después, los datos de este mismo edificio **con rehabilitación térmica**, incluyendo diferentes alternativas que se detallarán en cada caso. Además estos dos casos se han ubicado en cinco zonas climáticas diferentes para que el ejemplo resulte más ilustrativo, ya que los resultados no son iguales.

7.1 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO SIN AISLAMIENTO TÉRMICO

Se trata de un bloque de viviendas construido después del año 1979, situado entre medianeras y compuesto de planta baja destinada a locales comerciales y tres plantas de viviendas. Del estudio se ha excluido la planta baja con el fin de obtener los resultados propios de una vivienda.

Las características principales del edificio son:

- Superficie total del edificio: 800 m².
- Superficie por planta 200 m².
- Altura libre de las viviendas: 2,5 m.
- Distribución por planta: dos viviendas más escalera.
- Superficies:
 - Superficie por vivienda: 92 m².
 - Superficie escalera: 16 m².
 - Superficie acristalada de las fachadas principal y posterior: 18,8 m² por planta.
 - Superficie acristalada de los patios interiores: 3,2 m² por planta.
 - Superficie de huecos de la planta baja = 16 m² en fachada principal.
 - Porcentaje de huecos de la envolvente = 7%.



Elemento constructivo	Material	Transmitancia térmica (W/m ² .K)
Fachadas	1/2 Pie de ladrillo perforado	1,83
	Mortero de cemento	
	Cámara de aire	
	Tabique ladrillo sencillo	
Divisorios interiores	Enlucido interior	3,39
	Ladrillo hueco (fábrica)	
	Enlucido interior	
Pared medianera	Enlucido	2,30
	Ladrillo perforado (fábrica)	
	Enlucido interior	
Forjado entre plantas	Pavimento gres	3,25
	Mortero	
	Forjado cerámico	
	Enlucido interior	
Cubierta	Pavimento baldosa cerámica	1,47
	Tela asfáltica	
	Hormigón de pendientes	
	Aislamiento	
	Forjado cerámico	
	Enlucido interior	
Huecos de fachada	Aluminio (marco de perfil hueco)	5,7
	Vidrio sencillo	

El consumo de energía en este edificio está originado principalmente por el uso de la calefacción en la temporada de invierno. Cada vivienda dispone de una caldera individual a gas natural cuyas características no se detallan en este estudio pues no afectan a las conclusiones, ya que se mantienen sin cambios en ambas situaciones.

7.2 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO REHABILITADO TÉRMICAMENTE

La rehabilitación térmica consiste en la sustitución de todos los huecos de fachada. Se sustituye el vidrio sencillo por un doble acristalamiento bajo emisivo de cámara de 12 mm y el marco por otro de altas prestaciones térmicas. En la siguiente tabla se recogen los valores de transmitancia térmica de los huecos en ambas situaciones:

Valores de transmitancia térmica (U)	Situación inicial (valor de U en W//m ² .K)	Situación final (valor de U en W//m ² .K)
Vidrio (70%)	5,7	1,8
Marco (30%)	5,7	1,7

7.3 RESULTADOS

En la siguiente tabla se expresan los valores de ahorro conseguidos al realizar la rehabilitación térmica del edificio únicamente sustituyendo el 7% de la fachada o, lo que es lo mismo, sustituyendo los huecos para todas las diferentes zonas climáticas. Las unidades de consumo de energía primaria vienen expresadas en kWh/m² y año.

Consumos o emisiones/ Zona Climática	Edificio de referencia/Edificio rehabilitado Ahorro (%)				
	A3 (Cádiz-Málaga)	B3 (Valencia)	C2 (Barcelona)	D3 (Madrid)	E1 (Burgos)
Consumo energía primaria (kWh/ m ²)	128,9/122 5,4	144,7/133,4 7,81	161,4/150,4 6,82	207,8/191,5 7,84	270,2/250,4 7,33
Demanda calefacción (kWh/ m ²)	45,7/43,5 4,81	69,7/65,2 6,46	96,7/90,2 6,72	132,2/127,7 7,9	213,7/195,0 8,75
Emisiones de CO ₂ (kgCO ₂ /m ²)	27,7/26,1 5,78	30,5/28,0 8,20	33,4/31,1 6,89	43,5/39,9 8,3	55,4/51,3 7,40

Las conclusiones del estudio comparativo muestran que los valores para el ahorro energético conseguido oscilan entre un 5,4 y un 8% del consumo total de energía del edificio, lo que depende de la zona climática donde se ubique dicho edificio.

Es importante señalar que a pesar del relativamente bajo porcentaje de huecos en fachada de este edificio, se consigue un ahorro de energía muy considerable. En situaciones donde exista mayor participación de huecos los ahorros alcanzados serán superiores. En esta simulación energética se ha rehabilitado exclusivamente el hueco sin modificar el resto de la envolvente, lo que supone menos del 10% de la “piel” del edificio. Si simultáneamente se rehabilitara térmicamente la cubierta y la parte opaca de la fachada en dicho edificio, los ahorros de energía alcanzados podrían superar más de 40% para todas las zonas climáticas.

Se incluye más información sobre dichos resultados en la Guía Práctica de la Energía para la Rehabilitación de Edificios (IDAE).

8

GLOSARIO

Calzos: elementos de apoyo y sujeción que garantizan y mantienen el correcto posicionamiento del panel en el marco o bastidor.

Coefficiente U o Transmitancia térmica: expresa la transferencia térmica a través de una pared por conducción, convección y radiación. Este coeficiente representa el flujo de calor que atraviesa 1 m² de pared para una diferencia de temperatura de 1°C entre la cara interior y exterior. Cuanto más bajo sea el coeficiente U más difícil será transmitir el flujo de calor entre el interior y exterior, por tanto más capacidad aislante tendrá.

Emisividad: es una característica de la superficie de los cuerpos, cuanto más baja es la emisividad, menor es la transferencia de calor por radiación. La emisividad normal del vidrio es de 0,89 y en algunos vidrios que están recubiertos de una capa bajo emisiva el valor puede ser inferior a 0,10.

Factor Solar g: se define como la relación entre la energía total que entra en el local a través de dicho acristalamiento y la energía solar incidente. Esta energía total es la suma de la energía solar

que entra por transmisión directa y la energía cedida por el acristalamiento al espacio interior, tras su calentamiento por absorción energética.

Galce: espacio de los perfiles destinado al alojamiento de los paneles, ciegos o acristalados. Sus dimensiones deben permitir el correcto sellado del acristalamiento con la carpintería por ambas caras del mismo y la correcta instalación de calzos.

RPT: rotura de puente térmico.

Sellado. Pueden considerarse dos tipos de sellado: el sellado perimetral de las UVAS y el sellado de marco-acristalamiento. El sellado perimetral de las UVAs hace referencia a la barrera de estanqueidad de la cámara de aire y puede estar ejecutado con diferentes materiales. El sellado de marco-acristalamiento debe realizarse tanto por el interior como por el exterior del cerramiento y es fundamental para una buena durabilidad de las UVAs.

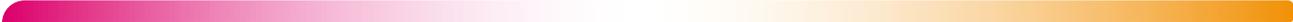
UVA/UVAs: unidad/es de vidrio aislante.

9

DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA

- Manual de producto Ventanas ASEFAVE (Ediciones AENOR). Año 2005.
- Manual del Vidrio-Saint-Gobain Glass. Edición 2001.
- Manual de producto Fachadas Ligeras ASEFAVE (Ediciones AENOR).
- Código Técnico de la Edificación, Documento Básico HE (Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo).

Títulos publicados de la serie
“Guías Técnicas para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios”



Guía nº 1

Soluciones de Aislamiento con
Poliestireno Expandido (EPS)

Guía nº 2

Soluciones de Aislamiento con
Poliestireno Extruido (XPS)

Guía nº 3

Soluciones de Aislamiento
con Lana Mineral

Guía nº 4

Soluciones de Aislamiento
con Poliuretano

Guía nº 5

Soluciones de Acristalamiento
y Cerramiento Acristalado

IDA Instituto para la
Diversificación y
Ahorro de la Energía

c/ Madera, 8 - 28004 Madrid
Tel.: 91 456 49 00. Fax: 91 523 04 14
comunicacion@ida.e.es
www.ida.e.es



P.V.P.: 20 € (IVA incluido)